



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

WALESKA NAYANE COSTA SOARES

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS DEJETOS DE SUÍNOS BRUTOS E
TRATADOS EM FUNÇÃO DA CATEGORIA ANIMAL: UM ESTUDO DE REVISÃO
SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

MOSSORÓ

2022

WALESKA NAYANE COSTA SOARES

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS DEJETOS DE SUÍNOS BRUTOS E
TRATADOS EM FUNÇÃO DA CATEGORIA ANIMAL: UM ESTUDO DE REVISÃO
SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Rennan Herculano
Rufino Moreira

MOSSORÓ

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S676c Soares, Waleska Nayane Costa.
Características físico-químicas dos dejetos de suínos brutos e tratados em função da categoria animal: Um estudo de revisão sistemática com meta-análise / Waleska Nayane Costa Soares. - 2022.
42 f. : il.

Orientador: Rennan Herculano Rufino Moreira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Zootecnia, 2022.

1. Dejetos de suínos. 2. Manejo ambiental. 3. Suinocultura. 4. Adubo orgânico. 5. Biogás. I. Moreira, Rennan Herculano Rufino, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

WALESKA NAYANE COSTA SOARES

**INFLUÊNCIA DA CATEGORIA ANIMAL NAS CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-QUÍMICAS DE DEJETOS BRUTO E TRATADO DE SUÍNOS: UM ESTUDO
DE REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Zootecnia.

Defendida em: 06 /10 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Rennan Herculano Rufino Moreira, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Marcelle Santana de Araújo, Prof^ª. Dr^a (UFERSA)
Membro Examinador

Camilla Mendonça Silva, Prof^ª. Dr^a (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico à minha mãe, Assunção de Maria Costa Soares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar forças e determinação para terminar mais essa etapa da minha vida.

Agradeço ao meu orientador Rennan Herculano por não desistir de mim, e aos membros da banca examinadora por permitirem a conclusão dessa etapa.

Agradeço em especial as professoras Juliana Vaez e Liz Carolina, são meus exemplos, também agradeço em especial a minha preceptora do PET Jesane Alves, não posso descrever em palavras o quanto a admiro.

Agradeço em especial a todos que fazem o LAMIV, vocês participaram da minha jornada, em especial, prof. Marlon Feijó, prof. Nilza Dutra, prof. Gardênia Silvana, o técnico Caio Sérgio e os vários estagiários com quem convivi, em especial a Yara e Leon.

Agradeço a todas as amigas e amigos com quem convivi seja jogando bola, seja saindo para se divertir. Foram tantas amizades construídas nesses anos que só posso agradecer por ter sido tão afortunada.

Agradeço a minha mãe Assunção de Maria por ser um dos pilares da minha vida, e meus amigos Luan e Emerson Medeiros por me acompanharem durante toda essa trajetória, perto de vocês tive os melhores e piores momentos, são minha segunda família.

Agradeço às minhas amigas Rayra, Clara e Graziella por dividirem um pouco do seu tempo todo dia comigo, amigas que começaram com um objetivo em comum, mas que torcem acima de tudo pelo sucesso da outra.

Agradeço a UFERSA por ter sido minha casa durante esses anos todos, também agradeço aos órgãos governamentais (CAPES e Cnpq) que geram bolsas para vários alunos que buscam uma melhoria de vida através do estudo.

O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano.

Isaac Newton

RESUMO

A disposição inadequada de resíduos orgânicos produzidos por atividades agrícolas impacta negativamente no meio ambiente. Desse modo, a suinocultura tornou-se, com o tempo, um dos grandes responsáveis por essa produção de dejetos, uma vez que a atividade representa valor econômico para o Brasil e o mundo. Essa produção é oriunda de modelos de criação com base nas fases de desenvolvimento, onde granjas podem ter o ciclo completo da criação, ou apenas parte do processo. Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência da categoria animal de suínos nas características físico-químicas dos dejetos brutos e tratados por meio de revisão sistemática com meta-análise. Para isso, foi realizada uma meta-análise nos bancos de dados SciELO Br e PubMed dos últimos dez anos (2012-2022) usando os descritores “Swine manure”, “Organic waste”, “Swine” e “Manure”. Dos 500 artigos pesquisados, apenas 49 passaram pelas etapas de pré-seleção, seleção primária e secundária. Os dados coletados foram DBO, SV, ST, pH, Cu e Zn dos dejetos bruto e tratado. E ainda, para os dejetos brutos os N, P, K, Ca, Mg e Fe. Os dados encontrados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a nível de 5% de probabilidade para normalização dos dados. Os dados normalizados foram comparados pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, e os dados não paramétricos pelo Shapiro-Wilk ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que para dejetos brutos, as categorias animais podem influenciar parâmetros como N, P, Mg, Cu e pH. Para N, crescimento/terminação teve média menor que as demais categorias. Para P, Mg e Cu a creche apresentou média maior que as demais categorias, com exceção de lactação no parâmetro Mg que não obteve observações suficientes. Para pH, tanto o bruto como o tratado, a gestação apresentou média menor que creche e crescimento/terminação. Já Cu e Zn nos tratados apresentaram média maior da lactação em relação a creche e crescimento/terminação. Para DQO, foram avaliados apenas crescimento/terminação e creche que apresentou menor potencial poluidor. As possíveis explicações das diferenças estatísticas encontradas envolvem o desequilíbrio nutricional dos animais, os desperdícios de rações e o conteúdo de água envolvido no processo, além da presença de agentes biológicos nos DS. Dessa forma, é possível alegar que N está presente menor quantidade nos DS da fase crescimento/terminação. Para a creche, P, Mg e Cu estão presentes em maior quantidade devido um possível desperdício da ração. A fase da gestação mostrou influir na acidez tanto do dejetos bruto como tratado e pode ser associado aos microrganismos presentes, além de inviabilizar o processo de tratamento compostagem. Para Cu e Zn nos dejetos tratados a lactação mostrou-se como uma categoria animal crítica. No tocante a DQO, crescimento/terminação mostrou potencial poluidor superior a creche. Por fim, os processos de biodigestão, compostagem, poço profundo e lagoas mostraram-se eficazes no tratamento de dejetos suínos independente da categoria animal.

Palavras-chave: dejetos de suínos; manejo ambiental; suinocultura; adubo orgânico; biogás.

ABSTRACT

The inadequate disposal of organic waste produced by agricultural activities has a negative impact on the environment. In this way, swine farming became, over time, one of the main responsible for this production of manure, since the activity represents economic value for Brazil and the world. This production comes from breeding models based on development phases, where farms can have the complete breeding cycle, or just part of the process. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of the animal category of swine on the physicochemical characteristics of raw and treated manure through a systematic review with meta-analysis. For this, a meta-analysis was performed on the SciELO Br and PubMed databases of the last ten years (2012-2022) using the descriptors “Swine manure”, “Organic waste”, “Swine” and “Manure”. Of the 500 articles surveyed, only 49 went through the pre-selection, primary and secondary selection stages. The data collected were BOD, SV, ST, pH, Cu and Zn of the raw and treated manure. And yet, for the raw manure the N, P, K, Ca, Mg and Fe. The data found were submitted to the Shapiro-Wilk test at a 5% probability level for data normalization. The normalized data were compared by the Tukey Test at the 5% probability level, and the non-parametric data by the Shapiro-Wilk test at the 5% probability level. The results showed that for raw manure, animal categories can influence parameters such as N, P, Mg, Cu and pH. For N, growth/finish had a lower average than the other categories. For P, Mg and Cu, the day care center presented a higher average than the other categories, with the exception of lactation in the Mg parameter, which did not obtain sufficient observations. For pH, both the raw and the treated, the pregnancy showed a lower average than day care and growth/finishing. On the other hand, Cu and Zn in the treated showed a higher average of lactation in relation to day care and growth/finishing. For COD, only growth/finishing and day care that had the lowest polluting potential were evaluated. Possible explanations for the statistical differences found involve the nutritional imbalance of the animals, the waste of rations and the water content involved in the process, in addition to the presence of biological agents in the SD. Thus, it is possible to claim that N is present in a smaller amount in the DS of the growth/finishing phase. For the nursery, P, Mg and Cu are present in greater amounts due to a possible waste of the ration. The gestation phase has shown to influence the acidity of both raw and treated manure and can be associated with the microorganisms present, in addition to making the composting treatment process unfeasible. For Cu and Zn in the treated manure, lactation proved to be a critical animal category. Regarding COD, growth/finishing showed a higher polluting potential than day care. Finally, the processes of biodigestion, composting, deep wells and ponds proved to be effective in the treatment of swine manure regardless of animal category.

Keywords: swine manure; environmental management; swine farming; organic fertilizer; biogas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Esquema representativo da pesquisa de artigos para compor o banco de dados	
			24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Principais formas de tratamento e utilização de dejetos suínos	20
Tabela 2	– Pontuações dos artigos de acordo com os critérios pré-estabelecidos para a qualidade	27
Tabela 3	– Efeito da categoria animal nos parâmetros físico-químicos dos dejetos brutos	28
Tabela 4	– Efeito da categoria animal nos parâmetros físico-químicos dos dejetos tratados	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC	Ciclo completo
CT	Crescimento e terminação
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DS	Dejeto de suínos
GEE	Gases de Efeito Estufa
PB	Proteína bruta
PubMed	National Library of Medicine
SciELO	SciELO - Scientific Electronic Library Online
ST	Sólidos Totais
SV	Sólidos voláteis
UPL	Unidade Produtora de Leitões
XVIII	Século dezoito

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Ca	Cálcio
CH ₄	Metano
CO ₂	Gás carbônico
Fe	Ferro
K	Potássio
Kg	Quilograma
m ³	metro cúbico
Mg	Magnésio
mg . L ⁻¹	miligrama por litro
N	Nitrogênio
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Produção suinícola no Brasil e no mundo	16
2.2	Produção intensiva de suínos	17
2.3	Produção de dejetos	17
2.4	Formas de tratamento e utilização de DS	18
3	OBJETIVOS	22
3.1	Objetivo geral	22
3.2	Objetivos específicos	22
4	METODOLOGIA	23
4.1	Pesquisa de artigos	23
4.2	Pré-seleção de artigos	23
4.3	Seleção primária de artigos	23
4.4	Seleção secundária de artigos	24
4.5	Análise estatística	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Revisão sistemática	26
5.2	Características dos dejetos brutos	28
5.3	Características dos dejetos tratados	30
6	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A primeira revolução industrial, no século XVIII, não só trouxe melhorias no modo de produzir como também o uso em demasia dos recursos naturais ao passo que promoveu o descarte irresponsável e irrefreável de resíduos na natureza, limitando o ciclo natural do meio ambiente (LIMA; LEITÃO; DA SILVA, 2021). Nesse sentido, os problemas ambientais gerados pela produção agrícola por muito tempo foram negligenciados no Brasil e no mundo, pois não representavam um problema, nem uma preocupação a ser pensada e discutida enquanto estavam em abundância (CARDOSO; OYAMADA; DA SILVA, 2015).

Dois séculos depois da primeira revolução industrial, essa preocupação veio à tona por vários movimentos ambientalistas em diversos países do mundo, nesse momento, a mudança climática e o efeito estufa, sofrem influências desse modo nocivo de produção propagado por décadas (LIMA; LEITÃO; DA SILVA, 2021). Para refrear esses acontecimentos climáticos, surgiu o conceito de sustentabilidade, objetivando a garantia que as futuras gerações tenham de atender suas necessidades. Para tanto, o cuidado ambiental mostra-se como uma ação de preservação dos recursos finitos (CARDOSO; OYAMADA; DA SILVA, 2015).

A disposição inadequada de resíduos orgânicos produzidos por atividades agrícolas possui impacto negativo direto no meio ambiente (FINATTO et al., 2013). Desse modo, a suinocultura tornou-se com o tempo uma atividade agrícola responsável por problemas ambientais decorrentes da produção excessiva de dejetos, uma vez que sua produção intensiva é um reflexo da produção em grande escala desse tipo de proteína animal (LEITE; VICH; CALLADO, 2021). Fato que representa um problema do ponto de vista ambiental, uma vez que essa exploração por confinar os animais produz grandes volumes de dejetos animais com elevada carga poluidora (SILVA et al., 2015).

Esses dejetos provenientes dos sistemas de criação intensivos são reconhecidos por elevada concentração de matéria orgânica, além de nutrientes como nitrogênio (N) e fósforo (P), químicos contidos na dieta dos animais e agentes biológicos (coliformes totais e termotolerantes, parasitas e ovos de parasitas) (LEITE; VICH; CALLADO, 2021). O direcionamento das pesquisas foi em busca de tecnologias desenvolvidas com o intuito de diminuir seu impacto e descarte sobre o ambiente. Por esse caminho, as principais formas de tratamento são a utilização como adubo orgânico em diversas culturas agrícolas ou produção de biogás (TRAIN et al., 2013; SILVA et al., 2015).

Nesse contexto, os principais tratamentos encontrados são: decantação, peneiramento, centrifugação, desidratação, adição de sulfato de alumínio, sais de ferro, hidróxido de cálcio,

óxido de cálcio, sendo os mais utilizados as lagoas de estabilização, esterqueiras, bioesterqueiras, biodigestores, cama sobreposta e a compostagem (FERREIRA, 2012).

Em qualquer dessas situações, é necessário levar em consideração que as instalações, alimentação, sistemas de manejo e limpeza influenciam diretamente na quantidade de dejetos produzidos. Sendo que esses diversos fatores são estabelecidos de acordo com a categoria animal a ser trabalhada. Mesmo no manejo convencional há separação dos animais por categorias (macho e fêmea) em pequenas propriedades. Em grandes rebanhos comerciais, essa separação é ainda mais distinta, abrindo espaços para a separação conforme a fase de desenvolvimento. Nas Unidade Produtoras de Leitões (UPL) estão as matrizes e a creche, enquanto que granjas de engorda (CT) os animais nas fases de crescimento e terminação (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998; TRAIN et al., 2013).

Sabendo dessas informações, é significativo entender até que ponto ocorre influência da categoria animal nos padrões físico-químicos de dejetos produzidos e tratados, e por meio desse traçar estratégias e metodologias para o seu tratamento. Com isso, devido a poucas informações, trabalhos de pesquisas de revisão e meta-análise podem ser o ponto inicial para a busca das respostas a esses questionamentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção suinícola no Brasil e no mundo

O Brasil é o quarto maior produtor de suínos atualmente com mais de 4 mil toneladas, muito abaixo ainda dos Estados Unidos (mais de 12 mil toneladas), da União Europeia (mais de 23 mil toneladas) e da China, maior produtor com mais de 48 mil toneladas (BRASIL, 2022). Países desenvolvidos que se justificam pelo investimento em tecnologias e melhoramento animal.

Segundo os dados divulgados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Aves e Suínos essa produção cresceu 5,97% em 2021 comparado com 2020, apesar de todos os problemas ocasionados pela Pandemia mundial do Covid-19. É importante salientar que apesar de ser o quarto maior produtor, o Brasil é autossuficiente em atender a demanda interna do país. Do total produzido, 76% fica dentro do país e apenas 24% é exportado.

Com relação a distribuição interna, os principais estados produtores se encontram na região centro-oeste e sul do país, locais esses que possuem maiores condições edafoclimáticas de produção, além disso, a produção suinícola nesses locais representa valor social e cultural (CARVALHO JUNIOR; BIROLO, 2022).

A despeito dos benefícios sociais e econômicos, toda essa atividade gera grande impacto ambiental com perda de biodiversidade, degradação do solo e serviços ecossistêmicos. Constantemente, a atividade suinícola desenvolvida recorre a insumos não renováveis, o que resulta em menor sustentabilidade dos sistemas produtivos (CARVALHO JUNIOR; BIROLO, 2022).

Entre os principais problemas apresentados da cadeia estão a sanidade animal, os custos de produção e o cumprimento da legislação ambiental, possibilitando a descontinuidade da atividade, com ênfase no destino viável para os dejetos que cresce continuamente devido a constante intensificação da produção (EVANGELISTA; PEREIRA, 2020).

Essa pressão sobre o meio ambiente está relacionada ao elevado consumo de água e de outros insumos na suinocultura como a produção de grãos, em consonância com a produção de grandes volumes de dejetos gerados em todas as fases fisiológicas da cadeia de produção de suínos, com especial destaque para a fase de crescimento/terminação (TAVARES, 2012).

2.2 Produção intensiva de suínos

Para o Brasil, a produção de suínos mudou a partir da década de 70, com sua modernização e produção em escala (LIMA et al., 2021). Uma produção intensiva de suínos requer investimentos em várias áreas, desde capital humano até infraestrutura da granja. Logo, os tipos de produção dependem de aspectos como tipo e tamanho da propriedade, localização, disponibilidade e necessidade de mão de obra, capacidade para produção de insumos/alimentos para suínos (FERREIRA, 2012).

Comumente, os tipos de produção são definidos pelos produtos a serem comercializados ou pelas fases de criação existentes na propriedade. Sendo assim, a produção pode ser classificada como ciclo completo (CC) com todas as fases de produção (gestação, maternidade, creche, crescimento e terminação/pós-terminação), produção de leitões conhecidas como UPLs que envolvem as fases de reprodução e produção de leitões com média de 20-25 kg (FERREIRA, 2012; TAVARES, 2012).

Existe ainda, granjas de leitões terminados que são destinadas a terminação de suínos e granjas conhecidas como núcleos ou multiplicadoras que são criações especializadas na produção de futuros reprodutores e matrizes. Cada tipo de granja possui atividades especializadas e em comuns, com toda estrutura desenvolvida com base nas categorias trabalhadas (FERREIRA, 2012; DO AMARAL et al., 2016).

Essas categorias animais direcionam desde o manejo alimentar e sanitário até o manejo dos dejetos. As características individuais e coletivas dos dejetos podem estar associadas diretamente com a categoria animal com quem se está lidando.

2.3 Produção de dejetos

Segundo as estimativas de Dartora; Perdomo; Tumelero (1998), em uma UPL, uma única matriz produz diariamente 45 litros de dejetos (DS). Uma pequena propriedade com 50 matrizes num único mês teria uma produção de aproximadamente 67,5 m³, esse volume a ser destinado como fertilizante necessitaria de uma área de aproximadamente 13,5 hectares. E ainda, sem tratamento dos DS uma granja CC com 300 matrizes, polui o equivalente a uma cidade de 75 mil habitantes (DE LIMA et al., 2017).

Esses dejetos são a combinação de urina, fezes, restos de ração, pelos, entre outras substâncias presentes na produção (BERTONCINI, 2008; FERREIRA, 2012; DE LIMA et al., 2017). Silva et al. (2015) alegam que os DS possuem um poder poluente muito superior a

outros rejeitos orgânicos como o esgoto doméstico que tem uma Demanda Química de Oxigênio (DBO) de 200 mg L⁻¹ (FERREIRA, 2012), enquanto que com suínos esses valores podem chegar a 52.000 mg L⁻¹. A DBO em valores elevados expressa grandes quantidades de matéria orgânica que representam um risco de poluição ambiental.

Não obstante, ainda se tem a poluição do ar com aumento de Gases de Efeito Estufa (GEE), numa relação direta de formação de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) entre outros gases nocivos. Esses gases na atmosfera aumentam a temperatura e as variações de precipitações, prejudicando a agropecuária. Só o uso de tecnologias de tratamento, nesse caso, podem reduzir em até 30% essas emissões (LIMA et al., 2021).

Deste ponto, surge uma justificativa para se ter um tratamento e destino adequado dos DS produzidos (LOPES; GUILHERME, 2007). Portanto, identificar as perspectivas de tratamento e a melhor forma de utilização de dejetos suínos contribui para torná-la uma atividade com impacto ambiental negativo reduzido.

2.4 Formas de tratamento e utilização de DS

Para cada atividade agrícola desenvolvida, existe uma capacidade de suporte do ambiente. Isso envolve a capacidade do ecossistema, mais a capacidade sócio-cultural da região. Nesse caso, para não ultrapassar esse limite ambiental, o produtor tem duas alternativas, pode limitar a produção a capacidade de suporte da região ou associar a atividade a outros sistemas que promovam aumento de capacidade de suporte do meio (GADOTTI et al., 2018). Por conseguinte, um exemplo desse aumento da capacidade de suporte é a associação do tratamento de águas residuárias da suinocultura utilizadas na fertirrigação de culturas (SILVA et al., 2015).

No entanto, apesar dos adubos originados de DS melhorarem a fertilidade do solo, é preciso instalações, equipamentos e manejo adequado para torná-lo viável e competitivo ao passo do fertilizante mineral. Ao contrário do composto mineral que vem com um grau de pureza e concentração, esse tipo de adubo está sujeito a concentração de nutrientes que sofre influências do ciclo produtivo da granja. Portanto, para cada granja é necessário o estudo do volume de dejetos produzidos e suas logísticas, para só então, destiná-lo corretamente (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998).

A forma de tratamento e o dimensionamento das instalações de tratamento são realizadas com base nos fatores que podem afetar essa produção. Quando se trata de DS, as instalações, o tipo de alimentação, de bebedouros, sistema de limpeza e manejo contribuem

significativamente para os aspectos e volume total dos dejetos produzidos. Assim como, os suínos influenciam com a quantidade de fezes e urina que podem ser afetados por fatores zootécnicos (tamanho, sexo, raça e atividade) e dietéticos (digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína) (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998; TAVARES, 2012).

Dos fatores que afetam as características físico-químicas desse material, a água apresenta relevância, por não apenas alterar as características como a quantidade total de DS, ou seja, os valores de produção de dejetos precisam incluir o seu grau de diluição. Esse alto grau de diluição, por vezes, está ligado a instalações antigas, vazamentos hidráulicos, desperdício de água em bebedouros e sistemas de limpeza inadequados. Logo, uma parte do tratamento envolve a redução do volume e consequente concentração de nutrientes por unidade de volume. Essa redução pode ser realizada através da separação das frações sólidas destinadas a fertilizantes e o tratamento da fração líquida (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998).

Os tratamentos dos DS são classificados de acordo com o tipo: físico (decantação, peneiração, centrifugação e desidratação), químico (Sulfato de alumínio, sais de ferro, hidróxido de cálcio e óxido de cálcio) ou bioquímico (lagoas de estabilização, esterqueira, bioesterqueira, biodigestores, compostagem e cama sobreposta) (Tabela 1). Destaca-se que o mesmo tipo de tratamento, a exemplo, lagoa de estabilização, pode ser aerobia e anaerobia, assim como, pode existir a combinação de tipos de tratamento em uma etapa ou durante todo o processo (FERREIRA, 2012; GADOTTI et al., 2018).

Após o tratamento dos DS, suas frações podem enfim ser destinadas à adubação orgânica de diversas culturas. O esterco tem como função fornecer nutrientes, disponibilizando rapidamente fósforo e potássio (K), enquanto o nitrogênio é dependente da degradação dos compostos. Ela pode ser na forma líquida, sólida, fresco, pré-digerido, como composto ou vermicomposto (WEINARTNER; ALDRIGHI; MEDEIROS, 2006; FINATTO et al., 2013). Enquanto que o biogás pode ser usado para gerar energia elétrica que pode suprir parte ou total da necessidade da granja (AFONSO et al., 2020).

Tabela 1. Principais formas de tratamento e utilização de dejetos suínos.

Tipo de tratamento	Classificação	Tratamento	Produtos	Tempo (dias)	Vantagens	Desvantagens	Referência
Bioesterqueira	Anaeróbico	Câmara de retenção com depósito sem campânula	Esterco	120	Facilidade operacional;	É projetada para o armazenamento, e não tratamento;	FERREIRA, 2012; DE LIMA et al., 2017
Biodigestor	Anaeróbio	Câmaras que realizam fermentação	Biofertilizante biogás	Média de 20 a 50	Defensivo natural; Aumento da resistência da planta; Redução orgânica de até 96%;	Alto investimento; Custos de manutenção;	DE MEDEIROS; LOPES, 2006; FINATTO et al., 2013; FERREIRA, 2012; IN nº 62 de 8 de julho de 2020.
Compostagem	Aeróbio	Decomposição da matéria orgânica	Matéria orgânica, água, calor e CO ₂	Média de 90 a 120	Podem reduzir os custos de adubação em até 4x.	Depende das condições físico-química dos DS	FINATTO et al., 2013; TRANI et al., 2013; FERREIRA, 2012; IN nº 61 de 8 de julho de 2020.

Esterqueira	Anaeróbio	Depósito para fermentação anaeróbica da matéria orgânica.	Fertilizante líquido	De 120 a 180	Baixo custo	É projetada para armazenamento e não tratamento.	FERREIRA, 2012; DE LIMA et al., 2017
Lagoas de estabilização	Aguapés	Profundidade de 1 metro		Média de 7	Remoção final de poluentes	necessita de uma grande área	FERREIRA, 2012
	Anaeróbias	Profundidades de 3 a 5 metros		Média de 35	Remoção de DBO e sólidos em suspensão	necessita de uma grande área	FERREIRA, 2012; DE LIMA et al., 2017
	Facultativa	Profundidade 1 metro		Média de 17	Reduz carga orgânica; Remoção de N, P, K.	necessita de uma grande área	FERREIRA, 2012

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da categoria animal de suínos sobre as características físico-químicas dos dejetos brutos e tratados por meio de uma revisão sistemática com meta-análise.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar a influência das categorias animais (gestação, maternidade, creche e crescimento/terminação) nas características dos minerais (N, P, K, Ca - cálcio, Mg - magnésio, Cu - cobre, Zn - zinco), além de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e pH dos dejetos produzidos.

Avaliar a influência das categorias animais (gestação, maternidade, creche e crescimento/terminação) nos parâmetros DQO, Cu, Zn, pH, ST e SV dos dejetos tratados.

4 METODOLOGIA

4.1 Pesquisa de artigos

A formação do banco de dados ocorreu no período de julho a agosto de 2022. As bases de dados utilizadas foram SciELO Br e PubMed. Em cada base de dados foram pesquisados os artigos conforme os descritores pré-estabelecidos (Swine Manure; Organic waste; Sow; Nursery) de acordo com as combinações 1, 2, 3 e 4 expressados na Figura 1. Ao total foram selecionados 500 artigos. O operador lógico utilizado foi o AND conforme. Para evitar artigos duplicados na mesma base de dados de acordo com os descritores, optou-se por limitar a pesquisa ano a ano com preenchimento de planilhas.

4.2 Pré-seleção de artigos

Dos 500 artigos pesquisados, apenas 203 artigos passaram pela pré-seleção. Essa etapa possui como parâmetros a citação dos descritores no título ou no resumo ou nas palavras-chave. Também foram descartados artigos de revisão e meta-análise. Nesse momento, os artigos que forem identificados indexados em mais de uma das bases foram eliminados da base com menor número de artigos selecionados, permanecendo na outra base (Figura 1).

4.3 Seleção primária dos artigos

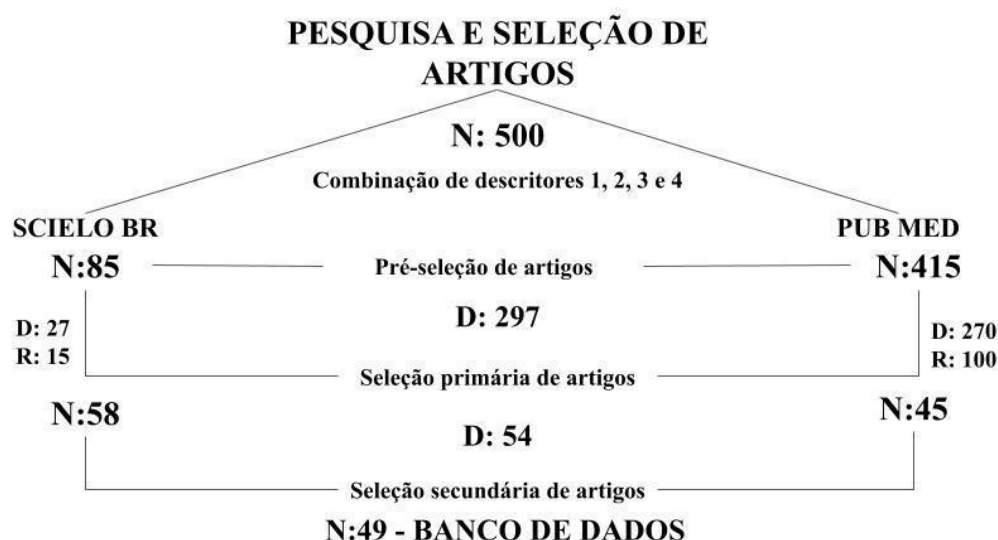
Dos 203 artigos pesquisados 149 foram descartados nessa seleção primária, pois não mencionaram a categoria animal e/ou não tinham haver com suínos, parâmetros pré-estabelecidos como requisitos para compor o banco de dados (Figura 1).

4.4 Seleção secundária dos artigos

Dos 54 artigos restantes, apenas 5 foram descartados na seleção secundária. Nesse momento, foram selecionados artigos que apresentaram mais de duas informações para compor a base de dados. Os dados a serem identificados são: local da pesquisa, utilização de tratamento para os dejetos, tempo de tratamento, tipo de tratamento, número de animais no

estudo, raça utilizada, base alimentar, quantidade de nutrientes contidos nos dejetos: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, além do pH. Também foram coletadas informações sobre DQO, ST e SV.

Figura 01. Esquema representativo da pesquisa de artigos para compor o banco de dados.



Fonte: Própria.

N: número de artigos pesquisado; 1 - Swine manure + Organic Waste; 2 - Swine manure; 3 - Swine manure + Sow; 4 - Swine manure + Nursery. R: repetidos; D: descartados.

As referências selecionadas para formar o banco foram: AFONSO et al., 2020, ALVAREZ-RODRIGUEZ et al., 2017, ARAÚJO et al., 2012; BASSO et al., 2020; CASSOL et al., 2012; CHAMBERS et al., 2014; CHEN et al., 2019; CHEN et al., 2021, COOK et al., 2015; DO AMARAL et al., 2016; FOGARO et al., 2014; FORMENTINI et al., 2017; GARCÍA-GONZALEZ; VANOTTI; SZOGI, 2016; HIGARASHI; SARDÁ; OLIVEIRA, 2012; HUANG et al., 2017; JIANG et al., 2018; KOOTSTRA; BRILMAN; KERSTEN, 2019; MAFRA et al., 2015; MAKARA; KOWALSKI et al., 2015; MARTÍN-MATA et al., 2016; McLAUGHLIN et al., 2015; MENEZES et al., 2017; MOSET et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2022; ORRICO et al., 2015, ORRICO JUNIOR et al., 2016; PÉREZ-SANDRAGOR et al., 2012; PIVETEAU et al., 2017, POPOVIC; HJORTH; JENSEN, 2012; RAUBER et al., 2017; REGUEIRO et al., 2012, REGUEIRO et al., 2016; RIANO; GARCÍA-GONZÁLES, 2014; SAEZ et al., 2017; SARDÁ et al., 2018; SARTO et al., 2019, SEGAT et al., 2020, SHEPPARD, 2019, SILVA et al., 2015; SURTARYO; WARD; MOLLER, 2013, SZOGI; VANOTTI, 2016, SZOGI; VANOTTI; HUNT, 2015; TADDEO; KOLPPO; LEPISTO, 2016;

TIAN et al., 2021, TRABUE; KERR; SCOGGIN, 2016, TROY et al., 2012, VILLA et al., 2020, ZHANG et al., 2013 e ZHANG et al., 2014.

4.5 Avaliação dos artigos

Para avaliar a qualidade dos artigos selecionados, foram elencados parâmetros de A-J, totalizando 10 avaliações. Os artigos que atenderam às exigências receberam 1 ponto, em caso negativo, foi zerado. Dessa forma, o artigo que atendeu todas as exigências possui nota máxima de 10 pontos. Os parâmetros elencados foram: A - Temática do artigo inclui a produção e/ou utilização de dejetos suínos; B - Menciona o tratamento de dejetos; C - Menciona a categoria animal; D - Menciona a dieta animal; E - Quantificou a produção de dejetos; F - Avaliou parâmetros físico-químicos dos dejetos brutos; G - Quantificou N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn; pH dos dejetos produzidos; H- Quantificou ou menciona produção de biogás; I - Avaliou DQO, ST, SV , pH, Cu, Zn de dejetos tratados; J - Menciona destino dos dejetos. Posteriormente, foram categorizados em qualidade alta (maior ou igual a 8), média (igual a 6 e menor que 8) e inferior (menor ou igual a 5) (CORDEIRO et al., 2007).

4.6 Análise estatística

As análises estatísticas utilizaram o programa estatístico SAS versão 9.3. Para os dados N, P, K, pH, Ca, Mg, Fe, Zn, ST, SV e DBO dos dejetos brutos foi realizado teste Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados, e posteriormente comparados pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram comparados pelo teste Kruskal-Wallis. Nos dejetos tratados apenas Cu não apresentou distribuição normal sendo comparado pelo Shapiro-Wilk, enquanto DBO, ST, SV pH e Zn foram comparados pelo teste F.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Revisão sistemática

O banco de dados foi composto de 49 artigos, desses 20,4% (n=10) apresentaram qualidade alta, 69,4 % (n=34) qualidade média, e 10,2 % (n=5) qualidade baixa (Tabela 2), conforme os critérios pré-estabelecidos. Esse percentual de 69,4% pode ser explicado pelo atingimento dos parâmetros A (100%, n=49), C (100%, n=49), F (98,0%, n=48), B (91,8%, n=45) e G (91,8%, n=45) que estavam presentes nos artigos.

Dessa forma, todos os artigos pesquisados possuíam em comum terem a temática envolvida na produção e/ou utilização dos dejetos (A) e citarem a categoria animal (C) seja estabelecida pelo peso ou descrita no contexto do artigo. Esse resultado pode ser um reflexo das palavras chaves utilizadas: swine manure, organic waste, sow e nursery e do processo de seleção dos artigos.

A avaliação dos dejetos brutos (F) (98%, n=48) também está presente em quase todos os artigos, por ser o ponto central da pesquisa ou ser uma informação relevante durante o desenvolvimento das pesquisas, o que leva à hipótese de ser um dado constante e essencial em pesquisas relacionadas à área. Seguindo com esse raciocínio, a quantificação de elementos químicos nos dejetos brutos (G), está intimamente relacionado com esse parâmetro (F), e também, esses elementos químicos selecionados são os que requerem atenção quando se trata da utilização de dejetos suínos produzidos por influenciarem processos de tratamento ou serem de potencial poluidor como o N e Zn (CASSOL et al., 2011; AFONSO et al., 2020).

Assim como para o parâmetros G, o parâmetro B (Realizou tratamento dos dejetos brutos?) têm relação direta com o parâmetro A, uma vez que a produção e/ou utilização dos dejetos dependem da forma de tratamento ao qual foram submetidos, seja produção de biogás ou compostagem (AFONSO et al., 2020; CHEN et al., 2021; LIMA et al., 2021).

O fato de apenas 20,4 % tenham atingido nota alta pode estar relacionado aos parâmetros D (Menciona dieta animal?) e E (Quantificou a produção de dejetos?) que obtiveram apenas 16,3 % (n=8) e 20,4 % (n=10), respectivamente. Essas informações relacionadas a composição e quantidade dos dejetos produzidos parecem não ser importante para as pesquisas, mas a dieta animal assim como a idade e a raça influenciam a quantidade de elementos presentes nos dejetos (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998; WEINARTNER; ALDRIGHI; MEDEIROS, 2006), enquanto que sua produção está

diretamente relacionada com a forma de tratamento e instalações em pequenas e grandes propriedades ao qual tem por finalidade as pesquisas (DE LIMA et al., 2017).

Próximo a essas considerações, vale frisar que aproximadamente metade dos artigos (49,0 %, n=24) não mencionaram o destino final dos dejetos. Estudos científicos são elaborados com base no objetivo a que se propõem, mas se tratando de manejo ambiental, mais do que tornar um processo de biodigestão efetivo, é necessário verificar o impacto diretamente no ambiente para que o processo seja validado. Dessa forma, deve-se existir uma complementaridade de informações, até para direcionar as pesquisas que surgiram acerca daquele tema, dentro das possibilidades que cada realidade apresenta.

Tabela 2. Pontuações dos artigos de acordo com os critérios pré-estabelecidos para a qualidade.

QUALIDADE DO ARTIGO								
CRITÉRIOS	n	%	Alta		Média		Baixa	
			n	%	n	%	n	%
A	49	100,0	10	100,0	34	100,0	05	100,0
B	45	91,8	10	100,0	32	94,1	03	60,0
C	49	100,0	10	100,0	34	100,0	05	100,0
D	08	16,3	05	50,0	3	8,8	00	0,0
E	10	20,4	04	40,0	6	17,6	00	0,0
F	48	98,0	10	100,0	34	100,0	04	80,0
G	45	91,8	10	100,0	31	91,2	04	80,0
H	16	32,7	05	50,0	10	29,4	01	20,0
I	26	53,1	09	90,0	16	47,1	01	20,0
J	25	51,0	09	90,0	14	41,1	02	40,0

n: número de observações. A - Temática do artigo inclui a produção e/ou utilização de dejetos suínos?; B - Menciona o tratamento de dejetos?; C - Menciona a categoria animal?; D - Menciona a dieta animal?; E - Quantificou a produção de dejetos?; F - Avaliou parâmetros físico-químicos dos dejetos brutos?; G - Quantificou N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn; pH dos dejetos produzidos?; H- Quantificou ou menciona produção de biogás?; I - Avaliou DQO, sólidos totais, sólidos voláteis, pH, Cu, Zn de dejetos tratados?; J - Menciona destino dos dejetos?.

5.2 Características dos dejetos brutos

Os suínos são animais monogástricos, sua capacidade fisiológica permite aproveitamento de aproximadamente 70% dos alimentos ingeridos, sendo o eliminado nas fezes e urina, contudo alguns nutrientes podem chegar a 90% de perda. Esses resíduos orgânicos formam os DS, alvo de diversas pesquisas ambientais (DE LIMA et al., 2017).

Nesse contexto, os valores encontrados a partir da meta-análise produzida demonstraram que os componentes físico-químicos dos dejetos de suínos não tratados variam de acordo com a categoria animal (Tabela 3). Os elementos N ($P < 0,0001$), P ($P < 0,0060$), Mg ($P < 0,0003$), Cu ($P < 0,0001$) e pH ($P < 0,0070$) apresentaram diferenças significativas de acordo com a categoria animal. Enquanto que, os elementos Ca ($P > 0,3369$), K ($P > 0,2940$), Fe ($P > 0,4844$), Zn ($P > 0,1210$), ST ($P > 0,7720$), SV ($P > 0,2690$) e DBO ($P > 0,2400$) não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 3. Efeito da categoria animal nos parâmetros físico-químicos dos dejetos brutos.

Parâmetro	Categoria animal					P valor
	Cre/Ter	Lac	Crec	Gest	CV (%)	
N (%)	1,46b	4,06a	7,14a	2,70a	130,74	<0,0001
P (%)	0,68b	0,80b	2,63a	0,58b	123,45	0,0060
K (%)	1,01	2,18	0,91	0,87	93,88	0,2940
Ca (%)	1,75	-	1,83	2,03	100,74	0,3369
Mg (%)	0,48b	-	1,98a	0,24b	106,84	0,0003
Cu (%)	0,02b	0,01b	0,07a	0,01b	144,58	<0,0001
Fe (%)	0,67	-	0,37	0,06	127,76	0,4844
Zn (%)	0,54	0,04	0,08	0,02	236,00	0,1210
pH	7,50a	7,27ab	7,63a	6,00b	9,92	0,0070
ST (%)	10,88	8,50	13,83	-	101,69	0,7720
SV (%)	17,55	19,95	32,49	-	151,27	0,2690
DQO (%)	14,69	0,69	10,95	0,41	275,84	0,2400

- nº de observações insuficientes para análise estatística; Cre/Ter - Crescimento/terminação; Lac - Lactação; 3 - Creche; 4 - Gestação; 5 - Matrizes; ST - Sólidos totais; SV - Sólidos voláteis; DQO - Demanda Química de Oxigênio.

Para N, crescimento e terminação diferiu das demais categorias nos dejetos brutos, apresentando média menor (1,46 %). Esse elemento é essencial no solo para o crescimento de plantas, no entanto, é um dos mais poluentes, uma vez que pode ser transformado em nitrato e atingir lençóis freáticos, além de outras formas como amônia e óxido nitroso (DE LIMA et al., 2017).

Por isso, ajustar a dieta para evitar a excreção de N é essencial, isso pode ser alcançado com o aumento da qualidade da proteína da dieta com aminoácidos sintéticos e assim poder chegar na proteína ideal (ALVAREZ-RODRIGUEZ et al., 2017). Isso pode ser reafirmado por AFONSO et al. (2020), que conseguiram redução de 7,92% para 6,89% (-1,06%) na quantidade de N presentes nos dejetos só com a substituição de parte da necessidade proteica por aminoácidos sintéticos. Isso demonstra que a fase crescimento/terminação é um objeto de estudos nutricionais, o que pode justificar os elevados valores de N nas fases lactação e creche.

No pH, a gestação (6,00) difere da creche (7,63) e do crescimento/terminação (7,50). Dietas com baixo teor de PB na dieta reduzem o conteúdo amônio das fezes, uma vez que alteram o balanço de N da urina para as fezes. O N é eliminado na urina na forma de ureia que passa pela conversão em amônia pela enzima carbonato presente nas fezes, dessa forma o pH sofre influências do conteúdo de PB na dieta (ALVAREZ-RODRIGUEZ et al., 2017). Assim como a microbiota pode influenciar com processos de nitrificação antes dos DS serem tratados e devido a isso ser propensos a ter uma maior frequência de chuvas ácidas na região (SAEZ et al., 2017; MEINEN et al., 2022).

Para Mg, animais na fase da creche apresentaram média maior que as demais categorias (Mg = 1,98%), com exceção de lactação, pois não houve número de observações suficientes. Esses valores foram 0,31% acima do encontrado por Sheppard (2019). Esses resultados podem estar associados ao elevado desperdício de ração dessa fase de produção, que pode chegar até 15% (DO AMARAL et al., 2016).

Para Cu, todos os valores foram similares, com exceção da creche (0,07 %) que mostrou valores superiores em relação aos demais, e ao contrário Mg, esse elemento químico apresentou 0,02% acima para o mesmo autor citado anteriormente, demonstrando que os esses elementos variam de acordo com a formação dos DS. Além disso, quando se trata de excesso

de cobre e outros metais pesados no solo, que por conseguinte, estarão presentes nas culturas e pastagens, representando toxicidade para os animais (DE LIMA et al., 2017).

A creche apresentou média maior de P (2,63 %) que as demais categorias. Se considerarmos que o pH dos dejetos da granja são parecidos com o obtido na creche, pH básico, é possível inferir que ocorre com facilidade a sua precipitação em fosfato (P-PO₄) e com ele alguns elementos como zinco e cobre (ARAÚJO et al., 2012; POPOVIC; HJORTH; JENSEN, 2012). Essa precipitação tende a ficar alocada no fundo das lagoas e esterqueiras, com isso, para uma situação com valores descritos na tabela 3, na categoria creche a forma de tratamento deve incluir uma etapa de homogeneização dos DS (FERREIRA, 2012) ou separação sólido-líquido para tratamentos distintos (SUTARYO; WARD; MOLLER, 2013).

Apesar de não apresentar diferenças estatísticas entre as categorias animais para ST e SV, é significativo frisar que os valores de sólidos totais e voláteis podem orientar o tipo de tratamento ao qual o dejetos será submetido, uma vez que ST são toda a matéria presente no dejetos, que não seja água, e os voláteis compreende o material carbonáceo que será biodigerido e transformado em biogás (WEBER et al., 2014).

Esses parâmetros são importantes em especial para a biodigestão dos resíduos. DS com alto grau de diluição, resíduos e alimentos não digeridos dificultam esse processo e podem até inviabilizar o tratamento. Essas características são encontradas principalmente em fases de creche, gestação e lactação. Em outras palavras, essas três categorias animais apresentam diferenças no manejo alimentar que juntamente com a má gestão hidráulica produzem SV menores que prejudicam o processo de biodigestão, segundo DO AMARAL et al, (2016), o que não foi encontrado no presente estudo.

Portanto, mais do que avaliar as características físico-químicas é importante avaliar todos os processos que ajudam a formar esses dejetos. Esse estudo apesar de mostrar alguns resultados ainda contém poucas informações sobre a formação dos dejetos que poderiam elucidar e justificar os resultados obtidos.

5.3 Características dos dejetos tratados

Com relação aos dejetos tratados, os dados podem ser visualizados na Tabela 4. Os parâmetros Cu (P<0,0010), Zn (P<0,0001), pH (P<0,0160) e DQO (P<0,0050) mostraram diferenças estatísticas em relação à categoria animal. ST (P>0,7170) e SV (P>0,3810) não mostraram diferenças estatísticas com relação à categoria animal.

Para Zn e Cu os resultados mostraram que lactação difere com média maior (0,25 %, 0,26 %) das fases creche (0,00 %) e crescimento/terminação (0,00 %), respectivamente. Enquanto que o pH ocorre a diferença com média menor da fase gestação (5,13) em comparação com creche (7,57) e crescimento/terminação (7,75).

Tabela 4. Efeito da categoria animal nos parâmetros físico-químicos dos dejetos tratados.

Parâmetro	Categoria animal					P valor
	Cre/Ter	Lac	Crec	Ges	CV (%)	
Cu (%)	0,00b	0,26a	0,00b	0,01ab	482,09	0,0010
Zn (%)	0,01b	0,25a	0,00b	0,03ab	237,91	<0,0001
pH	7,75a	8,14a	7,57 ab	5,13b	11,00	0,0160
ST (%)	5,62	-	2,59	-	135,75	0,7170
SV (%)	6,06	7,58	6,45	4,51	141,95	0,3810
DQO (%)	7,79a	-	0,44b	-	135,89	0,0050

- nº de observações insuficientes ou inexistentes; Cre/Ter - Crescimento/terminação; Lac - Lactação; Crec - Creche; Ges - Gestação; ST - Sólidos totais; SV - Sólidos voláteis; DQO - Demanda química de oxigênio.

Os principais alvos de pesquisas ou tratamento dos DS localizados foram lagoas (27,1%), biodigestor (24,3%), compostagem (27,7%) e poços profundos (20,9%). Os processos anaeróbios (lagoas e biodigestores) reúnem 51,4 % dos tratamentos usados. Uma possível justificativa seria a decomposição da matéria orgânica ser mais expressiva, apesar de ocorrer de forma mais lenta que nos tratamentos aeróbios. Um exemplo dessa eficiência são as lagoas facultativas que possuem uma eficiência média de 83% para a DQO (ARAÚJO et al., 2012).

Elementos como Cu e Zn são micronutrientes essenciais para as plantas, mas sua quantidade nos adubos oriundos de DS está condicionada a aplicação da dose calculada com base na quantidade de N. Isso permite que estejam, muitas vezes, em grandes quantidades no solo causando efeitos tóxicos e deletérios em microrganismos do solo, plantas superiores e animais. E apesar de não ter dados sobre o N após o tratamento dos DS, a fase de lactação (0,26 %) parece ser uma categoria crítica quanto a efetividade do tratamento para cobre e em relação a dose-adubo a ser utilizada (POPOVIC; HJORTH; JENSEN, 2012).

O Zn faz parte da alimentação dos suínos devido ao desempenho de crescimento e seu papel na imunidade, no entanto, a maior parte é excretado nas fezes e culmina posteriormente no solo, o que foi o verificado na fase de lactação (0,25 %) que difere da creche (0,00 %) e do crescimento/terminação (0,01 %), no qual mesmo após o tratamento ainda apresenta valores significativos. Esse valor aumentado pode levar a fitotoxicidade, introdução na cadeia alimentar ou águas subterrâneas (FORMENTINI et al., 2017).

No pH apenas a gestação (5,13) diferiu da creche (7,57) e crescimento/terminação (7,75). Resultados similares tanto no bruto como no tratado para pH, a fase da gestação em ambas situações é a que apresenta menor pH. Para o processo de compostagem o pH é um fator chave que determina a atividade microbiana, portanto deve ser mantido entre 7,5 e 8,5, com variações de faixa de 6,7 a 9 (CHEN et al., 2021). A partir disso, pode-se supor que a compostagem não é o tratamento indicado para essa categoria animal, então nas UPL que é normalmente onde se encontra essa categoria deveria optar por outro tipo de tratamento dos dejetos produzidos.

ST e SV não obtiveram diferenças estatísticas, uma possível explicação seria os valores elevados para a curva de variação dos dados, isso é um reflexo da amplitude dos dados, no qual mostra que os diferentes modelos de produção impactam diretamente no tipo de dejetos produzidos (WEINARTNER; ALDRIGHI; MEDEIROS, 2006). Além disso, independente da categoria animal os tipos de tratamentos utilizados (lagoas, biodigestor, compostagem e poços profundos) parecem ser adequados aos tratamentos dos DS, no entanto, precisa destacar que o potencial poluidor do crescimento/terminação (7,79 %) foi superior quando comparado com a creche (0,44 %) após o tratamento.

Em consonância com esses resultados, para os valores de DQO, ST e SV é perceptível uma redução numérica entre os dejetos brutos e tratados. Isso mostra uma possível efetividade dos tratamentos na redução do potencial poluidor dos DS. O processo de biodigestão é um exemplo de processo que reduz em até 96% o material orgânico. Além dessa vantagem, a cada 9 kg de DS lançados no biodigestor ocorre a produção de 1m³ de biogás, correspondendo a 0,61 l de gasolina, 0,55 L de diesel, 0,58 L de querosene, 0,45 L de gás de cozinha, 0,79 L de álcool, 1,43 kW e 1,53 kg de lenha (DE LIMA et al., 2017). Enquanto que, a adubação orgânica reduz em até 32% os impactos ambientais (LIMA et al., 2021).

Por fim, existe várias considerações acerca da formação e utilização desses DS produzidos e tratados, e no entanto, ainda não foi possível considerar a influência de outros agentes presentes nesse resíduo como bactérias patogênicas, vírus (FONGARO et al., 2014),

fungos (MOSET et al., 2014; SEGAT et al., 2020), metais pesados (SHEPPARD, 2018; LI et al., 2020) e antimicrobianos (LI et al., 2020).

6 CONCLUSÃO

De acordo com as informações obtidas, crescimento/terminação apresentou influência no parâmetro nitrogênio no dejetos bruto, enquanto que, cobre, zinco e fósforo sofreram influências da creche. Também foi possível verificar que a gestação influencia na acidez dos dejetos bruto e tratado. Para os dejetos tratados, a lactação influenciou nos químicos cobre e zinco.

As informações acerca das categorias animais nas características físico-químicas de dejetos suínos mostraram-se escassas. Ainda assim, pode-se constatar a ação das categorias animais como creche, gestação e lactação em elementos importantes em dejetos brutos. Para os dejetos tratados, as informações mais relevantes se mostraram na fase da gestação, onde o pH obtido de 5,3 poderia inviabilizar o processo de compostagem. E ainda, os processos de biodigestão, compostagem, poço profundo e lagoas mostraram-se eficazes no tratamento de dejetos suínos independente da categoria animal.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, E. R. et al. How can nutritional strategies and feed technologies in pig production affect the logistical costs of manure distribution?. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020.
- ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J. et al. Nutritional strategies to cope with reduced litter weight gain and total tract digestibility in lactating sows. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 101, n. 5, p. 914-924, 2017.
- ARAÚJO, I. S. et al. Avaliação de sistema de tratamento de dejetos suínos instalado no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 745-753, 2012.
- BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 152-169, 2008.
- BASSO, C. J. et al. Management of liquid swine manure: impact on mineral nitrogen dynamics and corn yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2020.
- BRASIL. Instrução Normativa (IN) nº 61 de 8 de julho de 2020 que trata das regras estabelecidas sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. **IN n. 62, de 8 de julho de 2020**, 2020.
- CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; DA SILVA, C. M. Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil. **Desenvolvimento em questão**, v. 13, n. 32, p.127-145, 2015.
- CARVALHO JUNIOR, O. de O. C.; BIROLO, A. B. Sustentabilidade econômica e ambiental do agronegócio regional no sul do Brasil Economic and environmental sustainability of regional agribusiness in southern Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 5430-5447, 2022.
- CASSOL, P. C. et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1911-1923, 2012.
- CHAMBERS, K. B. et al. Potential bioactivity and association of 17 β -estradiol with the dissolved and colloidal fractions of manure and soil. **Science of the total environment**, v. 494, p. 58-64, 2014.

CHEN, X. et al. Effects of freeze-thaw cycles on the physicochemical characteristics of animal manure and its phosphorus forms. **Waste Management**, v. 88, p. 160-169, 2019.

CHEN, Z. et al. Effects of lime amendment on the organic substances changes, antibiotics removal, and heavy metals speciation transformation during swine manure composting. **Chemosphere**, v. 262, p. 128342, 2021.

CORDEIRO, A. M. et al. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgões**, v. 34, p. 428-431, 2007.

COOK, K. L. et al. Effect of turning frequency and season on composting materials from swine high-rise facilities. **Waste Management**, v. 39, p. 86-95, 2015.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. **Manejo de dejetos suínos**. BIPERS - Boletim Informativo de Pesquisa - Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS, ano 7, n. 11, 1998.

DE LIMA, L. P. et al. Impactos ambientais dos resíduos da suinocultura industrial e alternativas de tratamento. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. Especial 2, Jan–Jun, p. 235-253, 2017.

DE MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. da S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola. Salvador**, v. 7, 2006.

DO AMARAL, A. C. et al. Influence of solid–liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. **Journal of environmental management**, v. 168, p. 229-235, 2016.

EVANGELISTA, M. Z.; PEREIRA, R. Viabilidade econômica da suinocultura no sistema wean to finish em São José do Rio Pardo-SP. **Extensão Rural**, v. 27, n. 1, p. 42-60, 2020.

FERREIRA, R. A. **Suinocultura: manual prático de criação**. Viçosa, Minas Gerais: Aprenda Fácil, 2012. 443 p.

FINATTO, J. et al. **A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura**. Revista destaques acadêmicos, v. 5, n. 4, 2013.

FONGARO, G. et al. Utility of specific biomarkers to assess safety of swine manure for biofertilizing purposes. **Science of the Total Environment**, v. 479, p. 277-283, 2014.

FORMENTINI, T. A. et al. Radical change of Zn speciation in pig slurry amended soil: Key role of nano-sized sulfide particles. **Environmental pollution**, v. 222, p. 495-503, 2017.

GALLIOU, F. et al. Production of organic fertilizer from olive mill wastewater by combining solar greenhouse drying and composting. **Waste Management**, v. 75, p. 305-311, 2018.

GADOTTI, G. I. et al. Biodigestores para tratamento de dejetos suínos e alternativas para o desenvolvimento sustentável da propriedade. **In: Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. p. 120-128, 2018.

GARCÍA-GONZÁLEZ, M. C.; VANOTTI, M. B.; SZOGI, A. A. Recovery of ammonia from anaerobically digested manure using gas-permeable membranes. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 434-438, 2016.

HIGARASHI, M. M.; SARDÁ, L. G.; OLIVEIRA, P. AV. The influence of the season of the year and of dilution on the development of swine manure and wood shaves co-composting. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 236-246, 2012.

HUANG, W. et al. Low-temperature hydrothermal pretreatment followed by dry anaerobic digestion: A sustainable strategy for manure waste management regarding energy recovery and nutrients availability. **Waste Management**, v. 70, p. 255-262, 2017.

LI, C. et al. Simultaneous heavy metal immobilization and antibiotics removal during synergetic treatment of sewage sludge and pig manure. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 24, p. 30323-30332, 2020.

JIANG, Y. et al. Inhibition of volatile fatty acids on methane production kinetics during dry co-digestion of food waste and pig manure. **Waste Management**, v. 79, p. 302-311, 2018.

KOOTSTRA, A. M. J.; BRILMAN, DWF W.; KERSTEN, S. RA. Dissolution of phosphate from pig manure ash using organic and mineral acids. **Waste management**, v. 88, p. 141-146, 2019.

LEITE, P. F. A. F.; VICH, D. V.; CALLADO, N. H. Tratamento de dejetos de suinocultura em reator anaeróbio com pós-tratamento aeróbio/anóxico. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, p. 567-576, 2021.

LIMA, G. W. B.; LEITÃO, F. O.; DA SILVA, W. H. Práticas adotadas na suinocultura alinhadas com a economia circular: uma revisão integrativa da literatura. **Desenvolvimento em Questão**, v. 19, n. 57, 2021.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. **Fertilidade do solo**, p. 2-64, 2007.

MAFRA, M. S. H. et al. Organic carbon contents and stocks in particle size fractions of a Typic Hapludox fertilized with pig slurry and soluble fertilizer. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1161-1171, 2015.

MAKARA, A.; KOWALSKI, Z. Pig manure treatment and purification by filtration. **Journal of environmental management**, v. 161, p. 317-324, 2015.

MARTÍN-MATA, J. et al. Thermal and spectroscopic analysis of organic matter degradation and humification during composting of pig slurry in different scenarios. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 17, p. 17357-17369, 2016.

MCLAUGHLIN, M. R. et al. Using broiler litter and swine manure lagoon effluent in sawdust-based swine mortality composts: Effects on nutrients, bacteria, and gaseous emissions. **Science of the Total Environment**, v. 532, p. 265-280, 2015.

MEINEN, R. J. et al. Opportunities to implement manureshed management in the Iowa, North Carolina, and Pennsylvania swine industry. **Journal of Environmental Quality**, 2022.

MENEZES, J. FS et al. Rendimento de milho após aplicação prolongada de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 686-690, 2017.

MOSET, V. et al. Microbial examination of anaerobic sludge adaptation to animal slurry. **Environmental technology**, v. 35, n. 6, p. 749-758, 2014.

OLIVEIRA, J. D. de et al. Anaerobic co-digestion of swine manure and forage at two harvesting ages. **Ciência Rural**, v. 52, 2021.

ORRICO, A. C. A. et al. Codigestão anaeróbia de dejetos de suínos e níveis de inclusão de óleo de descarte. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 657-664, 2015.

ORRICO JUNIOR, M. A. P. et al. Co-digestion of swine excreta associated with increasing levels of crude glycerin. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 101-106, 2016.

PÉREZ-SANGRADOR, M. P. et al. Solids and nutrient removal from flushed swine manure using polyacrylamides. **Journal of environmental management**, v. 93, n. 1, p. 67-70, 2012.

PIVETEAU, S. et al. Dissolution of particulate phosphorus in pig slurry through biological acidification: A critical step for maximum phosphorus recovery as struvite. **Water research**, v. 124, p. 693-701, 2017.

POPOVIC, O.; HJORTH, M.; STOUMANN JENSEN, L.. Phosphorus, copper and zinc in solid and liquid fractions from full-scale and laboratory-separated pig slurry. **Environmental Technology**, v. 33, n. 18, p. 2119-2131, 2012.

RAUBER, L. P. et al. Ammonia volatilization with swine slurry injection and use of nitrification inhibitor. **Revista Ceres**, v. 64, p. 307-314, 2017.

REGUEIRO, L. et al. Enhanced methane production from pig manure anaerobic digestion using fish and biodiesel wastes as co-substrates. **Bioresource Technology**, v. 123, p. 507-513, 2012.

REGUEIRO, I. et al. Acidification of pig slurry before separation to improve slurry management on farms. **Environmental technology**, v. 37, n. 15, p. 1906-1913, 2016.

RIAÑO, B.; GARCÍA-GONZÁLEZ, M. C. On-farm treatment of swine manure based on solid-liquid separation and biological nitrification-denitrification of the liquid fraction. **Journal of Environmental Management**, v. 132, p. 87-93, 2014.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2010.

SÁEZ, J. A. et al. Evaluation of the slurry management strategy and the integration of the composting technology in a pig farm—Agronomical and environmental implications. **Journal of environmental management**, v. 192, p. 57-67, 2017.

SARDÁ, L. G. et al. Methane emission factor of open deposits used to store swine slurry in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 657-663, 2018.

SARTO, J. R. W. et al. Chemical composition of swine wastewater, soil, and tifton 85 after 8 years of application. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 259-269, 2019.

SEGAT, J. C. et al. Ecotoxicological effects of swine manure on *Folsomia candida* in subtropical soils. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.

SHEPPARD, S. C. Elemental composition of swine manure from 1997 to 2017: changes relevant to environmental consequences. **Journal of Environmental Quality**, v. 48, n. 1, p. 164-170, 2019.

SILVA, A. de A. et al. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 254-265, 2015.

SUTARYO, S.; WARD, A. J.; MØLLER, H. B. Anaerobic digestion of acidified slurry fractions derived from different solid–liquid separation methods. **Bioresource Technology**, v. 130, p. 495-501, 2013.

SZÖGI, A. A.; VANOTTI, M. B. Decline of phosphorus, copper, and zinc in anaerobic swine lagoon columns receiving pretreated influent. **Scientia Agrícola**, v. 73, p. 417-423, 2016.

SZOGLI, A. A.; VANOTTI, M. B.; HUNT, P. G. Phosphorus recovery from pig manure solids prior to land application. **Journal of Environmental Management**, v. 157, p. 1-7, 2015.

TADDEO, R.; KOLPPO, K.; LEPISTÖ, R. Sustainable nutrients recovery and recycling by optimizing the chemical addition sequence for struvite precipitation from raw swine slurries. **Journal of Environmental Management**, v. 180, p. 52-58, 2016.

TAVARES, J. M. R. **Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura**. 2012. 233 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Santa Catarina, 2012.

TIAN, T. et al. Effect of temperature on the persistence of fecal bacteria in ambient anaerobic digestion systems treating swine manure. **Science of The Total Environment**, v. 791, p. 148302, 2021.

TRABUE, S.; KERR, B.; SCOGGIN, K. Odor and odorous compound emissions from manure of swine fed standard and dried distillers grains with soluble supplemented diets. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 3, p. 915-923, 2016.

TRANI, P. E. et al. **Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2013.

TROY, S. M. et al. Effect of sawdust addition on composting of separated raw and anaerobically digested pig manure. **Journal of environmental management**, v. 111, p. 70-77, 2012.

VILLA, L. M. et al. Anaerobic co-digestion of swine manure with sweet potato or cassava in different C/N ratios. **Ciência Rural**, v. 50, 2020.

WEBER, R. et al. Produção de biogás com relação ao teor de sólidos voláteis dos dejetos de bovinocultura de leite. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 43-55, 2014.

WEINÄRTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. B. Adubação Orgânica. **Embrapa Clima Temperado-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2006.

ZHANG, C. et al. Dechlorination of polychlorinated biphenyl-contaminated soil via anaerobic composting with pig manure. **Journal of hazardous materials**, v. 261, p. 826-832, 2013.

ZHANG, W. et al. Anaerobic digestion characteristics of pig manures depending on various growth stages and initial substrate concentrations in a scaled pig farm in Southern China. **Bioresource technology**, v. 156, p. 63-69, 2014.