

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

INFLUÊNCIA DO GENÓTIPO E FONTES DE
VOLUMOSOS NA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS
DE CORDEIROS CONFINADOS

Acadêmico: Thiago Miranda Rodrigues da Cunha

Aquidauana-MS
Novembro/2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

INFLUÊNCIA DO GENÓTIPO E FONTES DE
VOLUMOSOS NA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS
DE CORDEIROS CONFINADOS

Acadêmico: Thiago Miranda Rodrigues da Cunha
Orientadora: Profa. Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Jonas de Sousa Correa

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.”

Aquidauana-MS
Novembro/2020

C98i Cunha, Thiago Miranda Rodrigues da
Influência do genótipo e fontes de volumosos na digestão
anaeróbia de dejetos de cordeiros confinados/ Thiago Miranda
Rodrigues da Cunha. – Aquidauana, MS: UEMS, 2020.
101 p.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade
Estadual de Mato Grosso do Sul, 2020.
Orientadora: Prof.^a Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos.

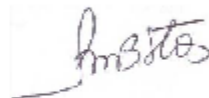
1. Gás metano 2. Dieta 3. Santa Inês 4. Pantaneira I.
Santos, Tânia Mara Baptista dos II. Título
CDD 23. ed. - 636.3

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

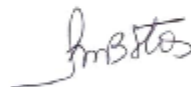
THIAGO MIRANDA RODRIGUES DA CUNHA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

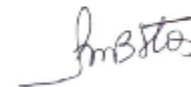
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 01/10/2020.



Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos (Orientadora)



Dra. Ana Carolina Amorim Orrico, UFGD
(via videoconferência)



Dr. Dalton Mendes de Oliveira, UEMS
(via videoconferência)

BIOGRAFIA

O autor nasceu em Andradina, SP, em 1981. Filho de pai pecuarista e mãe advogada, passou sua infância em uma propriedade rural em Tacuru-MS até ter idade suficiente para alfabetizar-se. Já na capital, Campo Grande-MS, estudou em escolas salesianas até sua aprovação no vestibular em Zootecnia em 1999. Graduiu-se *summa cum laude* pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (2004), Campus Aquidauana-MS. Foi *trainee* do Programa Internacional Rural Exchange New Zealand (RENZ), trabalhando com gado de leite na região de Canterbury, Ilha Sul da Nova Zelândia (2004-2005). Kursou pós-graduação *lato sensu* em Zootecnia na Universidade Federal de Goiás (2006-2008), Campus Goiânia-GO. Trabalhou como responsável técnico, gerente-geral e consultor da empresa Nutricéu, em Chapadão do Céu-GO, atuando principalmente com formulação de rações para animais (2006-2008). Foi aeronauta por quatro anos, portador das classes PC, IFR, MLTE, INVA, ICAO-5, PLA-t e Jet Training B-737-800. Foi concurseeiro profissional por três anos para o Concurso de Admissão à Carreira Diplomática (CACD). É microempreendedor rural, proprietário da Empresa Cabanha Cerro Porã – genética ovina, venda permanente de matrizes e reprodutores Santa Inês – em Corumbá-MS desde 2010. É cidadão europeu, escoteiro e pelegrino. Atualmente, tem experiência com ovinocultura como técnico da Associação Brasileira dos Criadores de Ovinos (Arco) em Mato Grosso do Sul e imediações, fiscal da Associação Sul-Mato-Grossense dos Criadores de Ovinos (Asmaco), produtor auditado pelo programa ATeG Ovinos do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), parceiro comercial e bolsista tipo AT da Embrapa Gado de Corte via CNPq e Mestre em Zootecnia pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (2020).

Em verdade,

O santo não condena o pecador.
Ampara-o sem presunção.

O sábio não satiriza o ignorante.
Esclarece-o fraternalmente.

O iluminado não insulta o que anda em trevas.
Aclara-lhe a senda.

O orientador não acusa o aprendiz tateante.
A ovelha insegura é a que mais reclama o pastor.

O bom não persegue o mau.
Ajuda-o a melhorar-se.

O forte não malsina o fraco.
Auxilia-o a erguer-se.

O humilde não foge ao orgulhoso.
Coopera silenciosamente, em favor dele.

O sincero a ninguém perturba.
Harmoniza a todos.

O simples não critica o vaidoso.
Socorre-o, sem alarde, sempre que necessário.

O cristão não odeia, nem fere.
Segue ao Cristo, servindo ao mundo.

De outro modo, os títulos de virtude são meras capas exteriores que o tempo desfaz.

André Luiz *apud* Francisco Cândido Xavier
Agenda Cristã, 1948.

AGRADECIMENTOS

Seria impossível elaborar e executar os labores desta pesquisa na ausência de algumas pessoas. Assim, como um brasileiro ordinário, não poderia prosseguir sem deixar explícita minha devoção e gratidão ao onipresente, onipotente poder superior. Em seguida, à minha efusiva e fausta família, que me criou e proporcionou exatamente o justo para minhas lutas “terranas” da melhor forma possível, independentemente, das intempéries que a vida nos traz.

Eleger o retorno à vida acadêmica após quase dois decênios foi algo espontâneo e que tonitruava meu psíquico alhures. Por isso, sou muito feliz e grato ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PG-ZOO) pelo aceite e pela dedicação à educação. Certamente, tirou-me do claustro, pois não foi fácil enfrentar um leviatã e persistir arduamente até o fenecimento deste programa, indubitavelmente, na fase mais intrincada.

À ilustríssima Prof. Dra. Tânia Mara B. dos Santos, por toda a paciência e finesse, por esclarecer eruditamente inúmeras premissas, por aceitar-me como orientado e por estar comigo como balaústre neste proscênio, meu muitíssimo obrigado, lembrar-me-ei dos ensinamentos!

Não poderia deixar de mencionar aqui meus agradecimentos ao amigo Otávio Gandolfi, deuteragonista que, durante o experimento de campo, atuou análogo a um vassalo e cumpriu fielmente a manutenção dos animais

estabulados. Da mesma forma, agradeço ao colega zootecnista Guilherme Busto, vulgo “Pingo”, que sempre e quando possível, esteve presente.

Ao Prof. Dr. Jonas S. Correa, personalidade assaz humilde e de notável conhecimento científico que tive o prazer de conhecer, atuando de maneira *sine qua non* ante aos ensaios laboratoriais. Não seria possível solver todas as fainas sem sua presença.

Da mesma forma, saúdo o Laboratório de Análise Ambiental (Laqua) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), e, em especial, a engenheira ambiental Karen Midori, pela realização das análises químicas expostas nesta pesquisa. Não há palavras que possam expressar minha gratidão e, com apenas meu muitíssimo obrigado, despeço-me com cordiais saudações.

Ao Prof. Dr. André Luiz Julien de Ferraz, ou apenas, professor Splinter, que atuou de forma insofismável nas resoluções estatísticas, supervisionando-me *in loco*, transformando e desdobrando os dados ao crepúsculo deste trabalho. Ocasões que só a UEMS proporciona! Expresso toda minha gratidão com os melhores cumprimentos por tê-lo conosco nesta caminhada.

À minha amiga Fúlvia, por toda prontidão e contribuição com a interpretação dos dados, agradeço!

À minha querida amiga e suposta prima Letícia Scarelli R. da Cunha, por auxiliar-me incansavelmente com as funções computacionais em exigência às idiossincrasias impostas pela banca. Acredite em mim, você é uma excelente estudante, meu muito obrigado!

Meus sinceros agradecimentos à minha eterna companheira Ednéia Rosa ou apenas Néia, pela formatação deste papiro, às vésperas do nascimento de nosso filho José Felipe, momento em que me encontrei inerte aos avanços literários. Parabéns por sua serenidade e postura, não tenho dúvidas de que uma exímia mãe será!

À professora Edmara Moraes Veloso, pela oportuna e necessária revisão linguística.

À Prof. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico, por toda contribuição científica.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a evolução desta pesquisa, meu muito obrigado. Agradeço de todo o coração pelas boas ações, foram bons momentos que vivi e que serão lembrados pelo tempo em que for

zootecnista. Um forte abraço a todos e um beijo no coração de cada um de vocês!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Dejetos de Ovinos	3
2.2 Fatores que interferem na uniformidade dos dejetos.....	4
Alimentos.....	4
Ambiente.....	5
Animais.....	6
2.3 Digestão anaeróbia (DA).....	7
Hidrólise.....	8
Acidogênese.....	11
Acetogênese.....	11
Metanogênese.....	12
2.3.1 Biogás.....	13
2.3.2 Biofertilizante.....	14
2.4 Fatores que interferem na digestão anaeróbia (DA).....	15

2.4.1 Atividade metanogênica específica (AME).....	15
2.4.2 Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF) e Sólidos Voláteis (SV).....	17
2.4.3 Temperatura.....	18
2.4.4 pH e Alcalinidade.....	19
2.4.5 Condutividade elétrica.....	20
2.4.6 Carbono, Nitrogênio e Fósforo.....	21
2.4.7 Demanda química de Oxigênio (DQO).....	23
2.4.8 Macro e microminerais.....	24
2.5 Outros estudos da digestão anaeróbia (DA).....	25
3. OBJETIVOS.....	28
3.1 Objetivo Geral.....	28
3.2 Objetivos Específicos.....	28
4. REFERÊNCIAS.....	28
CAPÍTULO 2.....	43
INFLUÊNCIA DO GENÓTIPO E FONTES DE VOLUMOSOS NA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE CORDEIROS	44
RESUMO	44
INTRODUÇÃO	44
METODOLOGIA	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS.....	63
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
GLOSSÁRIO.....	70
ANEXO I.....	74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Composição química dos alimentos ofertados aos animais (Servsal® e Silozam®, 2019).....	49
TABELA 2. Caracterização dos substratos de entrada.....	51
TABELA 3. Metodologias adotadas para as análises dos parâmetros físico-químicos (APHA, 2017).....	53
TABELA 4. Valores da Atividade Metanogênica Específica (AME) e produção de metano (CH ₄) de dejetos de dois genótipos alimentados com diferentes volumosos.....	52
TABELA 5. Reduções dos teores médios de sólidos totais (ST), fixos (SF), voláteis (SV), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono:nitrogênio (C:N) e demanda química de oxigênio (DQO), pertinente a digestão anaeróbia (DA) de dejetos de dois genótipos alimentados com dois volumosos.....	54
TABELA 6. Parâmetros físico-químicos do biofertilizante de dois genótipos alimentados com dois volumosos.....	56

TABELA 7. Teores médios de macro e microminerais no biofertilizante de dejetos de dois genótipos alimentados com dois volumosos.....	59
TABELA 8. Desdobramento da interação genótipo:volumoso na ocorrência de macro e microminerais no biofertilizante.....	61

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Processo de digestão anaeróbia (DA) e suas respectivas fases (SILVA, 2009a).....	9
FIGURA 2. Etapas realizadas para obtenção dos dados pertinentes ao biogás e biofertilizante.....	47
FIGURA 3. Reator anaeróbio experimental com suas respectivas funções: A) tubo de transferência; B) válvula de entrada; C) válvula de saída; D) válvula reguladora; E) agulha de transferência; e, F) recipiente.	49
FIGURA 4. Aparato experimental para lavagem do biogás em hidróxido de sódio (NaOH) e leitura do volume de metano (CH ₄) produzido por líquido deslocado (Nascimento & Ferreira, 2020).....	50

RESUMO

A pesquisa objetivou avaliar a AME e a produção de metano (CH_4) por meio da digestão anaeróbia (DA), para isso foram utilizados dejetos oriundos do confinamento de cordeiros, arranjados em esquema fatorial 2×2 , com duas raças: Santa Inês (SNT) e Pantaneira (PAN); alimentados com dois volumosos, feno de Tifton-85 (FEN) e silagem de milho (SIL). Foram utilizados 24 cordeiros castrados recém-desmamados, confinados por 67 dias, cujos dejetos foram coletados aos 62 dias. O afluente foi diluído em 6% de sólidos totais (ST), distribuídos em duplicata para o ensaio de DA, totalizando 24 reatores experimentais tipo batelada. Realizou-se a redução dos sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono:nitrogênio (C:N) e demanda química de oxigênio (DQO). A qualidade do biofertilizante foi analisada por meio da mensuração de alguns parâmetros físico-químicos e teores de minerais (macro e microminerais). O maior valor de AME e CH_4 foram encontrados com o tratamento contendo SIL. Algumas particularidades entre o genótipo PAN e a SIL foram evidenciadas na qualidade do biofertilizante. Evidenciou-se com os experimentos a ocorrência ($p < 0,05$) de alguns minerais no biofertilizante como cromo, níquel, manganês, zinco, ferro e magnésio em tratamentos contendo SIL. Dejetos de PAN alimentados com SIL apresentaram biofertilizantes com maiores teores de microminerais. Em todos os parâmetros analisados, houve estabilidade do processo de DA. O biofertilizante apresentou-se estabilizado e seguro para o uso em culturas vegetais, e em consonância com a legislação vigente.

Palavras-chave: gás metano; dieta; Santa Inês; Pantaneira.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the specific methanogenic activity (SMA) as well as the methane production (CH_4) through anaerobic digestion (AD). Manure from lambs' confinement was used, arranged in a 2 x 2 factorial scheme, with two breeds: Santa Inês (SNT) and Pantaneira (PAN); fed with two roughage, Tifton-85 hay (FEN) and corn silage (SIL). 24 weaned lambs were used, confined by 67 days, whose manure was collected at 62 days and diluted in 6% of total solids (TS), distributed in duplicate for the AD assay, totaling 24 experimental batch reactors. The reduction of total solids (TS), fixed solids (FS), volatile solids (VS), total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), carbon: nitrogen ratio (C:N) and chemical oxygen demand (COD). The quality of the biofertilizer was analyzed by measuring some physical-chemical parameters and mineral levels. The highest SMA and CH_4 production values were found on SIL treatments. Some peculiarities between the PAN breed and SIL were evidenced in the quality of the biofertilizer. The experiments showed the occurrence ($p < 0.05$) of some minerals in the biofertilizer such as chromium, nickel, manganese, zinc, iron and magnesium in treatments containing SIL. PAN manures from animals fed with SIL showed biofertilizers with higher levels of microminerals. In all parameters analyzed, there was stability in the AD process. The biofertilizer was stabilized and safe for use in vegetable crops, and in line with current legislation.

Keywords: methane gas; diet; brazilian Santa Inês breed; local Pantaneira sheep breed.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a degradação ambiental advinda das atividades pecuárias tem sido ressurgente uma vez que se sabe da ação desordenada e inconsequente do homem e da falta de conscientização da população mundial a respeito da preservação dos recursos naturais. Assim, racionalizar os sistemas de produção animal não é apenas uma tendência, mas uma necessidade.

Dessa forma, o tratamento dos dejetos das unidades de produção animal pode ser processado via digestão anaeróbia (DA), protegendo o meio ambiente, removendo os patógenos causadores de doenças e produzindo biogás e biofertilizante como fontes de energia renovável (TALLOU et al., 2020).

A DA é apresentada como uma alternativa sustentável e eficiente no tratamento de resíduos orgânicos. Além de não envolver o uso de energia elétrica, a DA permite tratar qualquer material orgânico em abundância, convertendo-o em biogás e biofertilizante (AUDU et al., 2020). O material processado pós-DA também pode ser denominado de efluente e é utilizado como adubo orgânico com reduzida presença de patógenos contaminantes e equilibradamente rico em nutrientes (JIANG et al., 2020).

Outro produto final gerado é o biogás. De acordo com Kunz et al. (2019), o biogás é composto por: gás metano (CH_4), encontrado em maiores proporções (50 a 75%); dióxido de carbono (CO_2) entre 25 a 40%; e outros gases, sendo de 1 a 3% de hidrogênio (H), nitrogênio (N) e oxigênio (O_2), e <0,5% para ácido sulfídrico (H_2S), amônia (NH_3) e monóxido de carbono (CO). O CH_4 é um gás incolor e inflamável, logo, com alta potencialidade à exploração para fins zootécnicos.

Tratar resíduos orgânicos para a promoção de biofertilizante ou biogás para fins energéticos não é apenas importante, esse procedimento também pode minimizar o impacto ambiental gerado pelos setores industriais, domésticos ou rurais. Mais adiante, no caso do confinamento de animais, a ausência da limpeza ou a retirada dos dejetos podem prejudicar o bem-estar e a saúde de humanos e animais envolvidos devido à emissão de gases indesejáveis – NH_3 , CO_2 , H_2S e CH_4 (MORAIS; LIMA, 2020).

A utilização dos dejetos como fonte de substrato à DA mostra-se oportuna em países fornecedores de proteína animal como é o Brasil, haja vista que a produção de dejetos é muito maior do que a produção de carne, leite ou lã (ORRICO JÚNIOR et al., 2011). Da mesma forma, a ovinocultura é um modelo de negócio que só vem a somar em propriedades rurais, e, que são essencialmente produtoras de carne bovina, pois, a facilidade de coletar esses dejetos é favorável, uma vez que os ovinos são animais coletivos e tendem a pernoitar diariamente no mesmo local. Isso já não acontece com os bovinos de corte, que se distribuem na vasta extensão territorial desses latifúndios, dificultando a coleta dos dejetos.

O uso de reatores anaeróbios é um avanço tecnológico não só para o tratamento dos dejetos, mas também por ser muito difundido em países desenvolvidos para a produção de energia limpa a partir de matérias-primas específicas. No entanto, seu emprego não é infalível e necessita de mão de obra especializada para seu devido monitoramento (BORJA, 2011).

O processo de DA, só ocorre em virtude de microrganismos dos domínios *Bacteria* e *Archaea* que se desenvolvem no meio. Para Dóhányos et al (2004), essas bactérias e arqueobactérias apresentam sensibilidade às variações do ambiente, interferindo na produção final de biogás e qualidade do biofertilizante. Para Veloso et al. (2018), alguns parâmetros físico-químicos devem ser mensurados periodicamente a fim de se evitarem prejuízos na produção de CH₄ e na atividade metanogênica específica (AME).

Para Santos et al. (2019), a AME é uma ferramenta operacional importante para a interpretação dos resultados, representando a etapa mais sensível do processo de DA, tanto no tratamento de afluentes domésticos como no tratamento de resíduos agroindustriais. A AME reflete na eficiência dos microrganismos em produzirem CH₄ em proporção ao total de biogás produzido.

Estudos sobre as condições comportamentais do processo de DA podem gerar informações e avanços para aumentar sua eficiência. Os parâmetros físico-químicos realizados por análises do afluente ou efluente podem contribuir na interpretação da qualidade do biogás, e também, garantindo segurança ambiental quanto ao uso do biofertilizante.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Dejetos de ovinos

A exploração de ruminantes, em pastejo ou confinamento, vem sendo muito contextualizada nos dias atuais pelas comunidades ativistas (SOUZA, 2019). Sendo assim, pesquisas e melhorias são necessárias para a boa imagem da produção animal. Fatores poluentes como dejetos e CH₄ devem ser reduzidos na medida em que os sistemas de produção são intensificados (SOARES et al., 2019).

De acordo com Facchini e Ferreira (2018), o aumento da produtividade é uma estratégia para a redução desses problemas. Quanto mais precocemente um cordeiro atingir seu peso de abate, menos dejetos e gás serão difundidos no ambiente e melhor será o custo de produção, já que a conversão alimentar é superior nos primeiros meses de vida (VIANA; SILVEIRA, 2009). A precocidade também reflete na qualidade da carne pois, quanto mais jovem, melhor a coloração, textura, maciez e sabor dessa nobre proteína (OLIVEIRA et al., 2019).

A digestão anaeróbia (DA) é considerada uma das tecnologias mais promissoras para minimizar impacto ambiental e uma valiosa fonte de nutrientes para a produção de energia renovável (SILVA; BORTOLI, 2018), além de ainda ser a menos onerosa, mais eficiente e prática para a redução de gases do efeito estufa (CÔRTEZ et al., 2019).

O sistema de criação de ovinos no Brasil intensivo, semi-intensivo ou extensivo caracteriza-se pela elevada densidade populacional desses animais nos apriscos (VERA-HERRERA et al., 2019). Segundo Wahyuni et al. (2018), um ovino adulto produz aproximadamente 2 kg de dejetos ao dia e que, se não for tratado, acumula-se rapidamente, tornando-se um risco aos animais e ao meio ambiente, o que pode levar a poluir recursos hídricos, solos e ar. Essas instalações são amplamente utilizadas para abrigar os ovinos no período noturno a fim de protegê-los de mau tempo e potenciais ataques de predadores (SENAR, 2019), o que carece de mão de obra especializada para a retirada dos dejetos.

A limpeza diária dos dejetos é um indicador de sucesso à ovinocultura, pois as próprias fezes são contaminantes para verminoses e outras enfermidades (CHAGAS; VERÍSSIMO, 2008). O acúmulo de fezes e urina em

um abrigo permite que o local fique úmido e escorregadio, levando aos animais desconforto e liberação de hormônios “catabolíticos”, o que retarda o ciclo estral ou o ganho de peso (PACHECO et al., 2012). Igualmente, tal procedimento permite a queda de imunidade com a possibilidade da ação iminente de patógenos oportunistas (RADOSTITS et al., 2016). Uma vez colhidos esses dejetos, eles poderiam ser aproveitados como substratos para gerarem energia renovável por meio da exploração do processo de DA e com a utilização do reator anaeróbio como ferramenta.

2.2 Fatores que interferem na uniformidade dos dejetos

Algumas das alterações de caráter quantitativo ou qualitativo dos dejetos estão intrinsicamente relacionadas a vários fatores inerentes ao cotidiano. Esses dejetos usados como substrato em prol do tratamento de dejetos via DA podem proporcionar diferentes resultados. Eis alguns deles:

Alimentos:

Dejetos envolvem todo material orgânico precipitado ao piso – água, alimento, pelos, fezes e urina. Para Vieira et al. (2012), as fezes e a urina são os principais contribuintes para sua constituição química, pois contêm muitos nutrientes não utilizados e parcialmente digeridos pelas funções fisiológicas dos animais.

De acordo com os mesmos autores, a maior concentração de nutrientes prontamente fermentescíveis na dieta proporciona maior concentração de nutrientes nos dejetos, conseqüentemente, nos afluentes e efluentes. Logo a qualidade nutricional dos alimentos ofertados à alimentação animal impacta diretamente nos dejetos, favorecendo maior quantidade de energia para o processo de DA e, por corolário, de biogás (ORRICO JÚNIOR et al., 2012); além de um biofertilizante mais rico em macro e microminerais que pode ser utilizado em substituição total ou parcial aos adubos químicos, cujos alguns componentes são tanto onerosos como finitos no planeta (MOREIRA et al., 2020).

No entanto, uma maior compensação energética na dieta dos animais a fim de se obter o máximo de biogás e biofertilizante talvez seja contraproducente

do ponto de vista econômico-ambiental, haja vista os elevados preços das commodities nos dias atuais (MELHOR CÂMBIO, 2020); e, de maiores concentrações de macro e micronutrientes no biofertilizante, o que, em quantidades inadequadas, poderia contaminar o ambiente (MIRANDA, 2009).

Em lógica decorrente dos fatos narrados, a dieta ofertada aos animais pode incorrer em diferentes dinâmicas de DA, considerando que o teor de fibra (FDA e FDN) presente nos alimentos é degradada de forma mais lenta do que carboidratos de cadeia mais simples. No mesmo sentido, o teor de lignina presente na parede celular dos alimentos interfere na velocidade de degradação do conteúdo celular (BERCHIELLI et al. 2006).

A lignina é um polifenol de cadeia cíclica aromática contendo monômeros de álcoois – um grupo OH ligado a um hidrocarboneto e a um ou mais radicais. Um fenol é um composto de um grupo hidroxila ligado a um anel benzênico ou anel aromático C_6H_6 , logicamente, o polifenol é a junção de dois ou mais fenóis. Assim, há vários tipos de lignina dependendo do volumoso, a qual é mensurada por análises de FDN e FDA (VAN SOEST; WINE, 1968), comprometendo na digestibilidade, consequentemente na caracterização dos dejetos, e por fim na DA (ORRICO JÚNIOR et al., 2010).

Não obstante, até mesmo a forma física do alimento pode interferir no consumo voluntário dos animais ruminantes (FERREIRA et al., 2013), consequentemente nos dejetos submetidos à DA, e por fim na qualidade do biogás e do biofertilizante.

Ambiente:

O ambiente é um dos pilares da produção animal, pois envolve a interação do homem em relação aos animais de produção quanto ao manejo adotado e o sistema de criação. Também fazem parte do ambiente as instalações rurais que podem contribuir com o estresse ou promover conforto ao animal, em especial, o clima, que envolve temperatura, ocorrência de ventos, radiação solar, umidade, altitude, vegetação, solos entre outros (TORAL et al., 2004).

De acordo com Dias et al. (2018), a estação do ano – verão – e o manejo de aeração das leiras de compostagem podem promover melhores reduções de

N. Amorim et al. (2005), trabalhando com a caracterização dos dejetos caprinos submetidos a compostagem em diferentes épocas do ano, evidenciaram resultados superiores durante o verão e o outono para as reduções de matéria seca (MS), C, N e relação carbono:nitrogênio (C:N). Os respectivos autores ainda ressaltam que são necessários mais estudos sobre o tratamento de dejetos utilizando substratos de pequenos ruminantes.

Em suma, o clima pode interferir na qualidade dos dejetos e, conseqüentemente, no processo biológico de degradação dos substratos, seja via compostagem, vermicompostagem ou DA. Não é inverossímil dizer que a época do ano pode interferir também no processo de DA, comprometendo na qualidade do biogás (Souza et al., 2015).

Animais:

De acordo com Amorim (2002), a quantidade e a qualidade dos dejetos estão relacionadas a vários fatores além da dieta, dentre eles, podem-se ressaltar espécie e categoria animal, peso, nível de produção (alta, média ou baixa), estado fisiológico (debilitado ou sadio) e, até mesmo, clima. Logo, o substrato a ser submetido ao processo de DA pode promover diferentes variações quanto ao teor de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) nos dejetos.

Miranda (2009) põe em destaque que macronutrientes como N e P e microminerais como Zn e Cu presentes em dejetos *in natura* da suinocultura, quando não tratados e lançados ao meio, são considerados como principal meio de propagação de poluentes, pois incorrem em solos de áreas adjacentes e recursos hídricos. O mesmo autor ainda destaca que o N presente em dejetos dessa particularidade é mais facilmente propagado do que o P, uma vez que o N é lixiviado para o lençol freático e o P se prende em maiores proporções aos coloides dos solos.

Da mesma forma que a condição particular de cada animal difere quanto aos resultados dos dejetos, as raças talvez sejam passíveis de evidenciarem diferenças, pois exprimem características fenotípicas que melhor se desempenham fisiologicamente para determinados fins zootécnicos. De acordo com Fontenele et al. (2010), a melhor qualidade dos alimentos influencia no

desenvolvimento das vilosidades e papilas, consequentemente, em absorção ou perda endógena de nutrientes.

Uma pesquisa realizada por Santos-Cruz et al. (2009) evidenciou diferença de peso do trato gastrointestinal pertinente a duas raças ovinas. Os cordeiros do genótipo Santa Inês apresentaram desenvolvimento precoce do omaso e rúmen:retículo em relação à raça Bergamácia que apresenta crescimento tardio.

Silva et al. (2012), ao coletarem dados de digestibilidade e desempenho de diferentes genótipos de suínos, constataram que a seleção e o melhoramento genético influenciam na melhor absorção dos nutrientes, reduzindo quantitativamente a condição poluente de suas fezes, consequentemente, de dejetos e DA. Suínos melhorados geneticamente para aptidão carne, mostraram-se superiores na conversão alimentar e na menor produção fecal.

Clara está, portanto, a vantagem de animais com melhor histórico zootécnico e maior peso do trato gastrointestinal, a qual se correlacionaria na maior ou menor capacidade de os sítios ativos absorverem ou excretarem nutrientes. Assim, raças de aptidão do tipo carne podem diferir de raças de aptidão dos tipos leite, lã, pele ou mista.

2.3 Digestão anaeróbia (DA)

Segundo Achinas et al. (2018), a DA é um processo bioquímico de flora mista que envolve diferentes estágios de interação entre organismos procariontes e substratos. Silva (2009a) enfatiza que a DA é realizada por diferentes tipos de domínios de microrganismos procariontes – bactérias (*Bacteria*) e arqueias/arqueas metanogênicas (*Archaea*).

Os microrganismos anaeróbios facultativos realizam a fermentação inicial até os processos intermediários, que são a formação de ácidos orgânicos. Esses organismos facultativos atuam tanto na presença ou ausência de oxigênio molecular. Por fim, o domínio das arqueas é estritamente anaeróbia, elas atuam a partir da formação do ácido acético, estendendo-se até o processo final gasoso como o CH₄ e CO₂ (CAVALEIRO; ALVES, 2020).

Quando o material orgânico é convertido com a ausência de oxigênio, utilizam-se elétrons íons do tipo NO₃⁻ como aceptores finais, resultando na

redução desse nitrato a N molecular; na redução de sulfato (SO_4^{2-}) a H_2S ; e, CO_2 a CH_4 . Portanto, não é possível a promoção de CH_4 em ambientes exclusivos de oxigênio, nitratos ou sulfatos (SANTOS et al., 2019). Para os mesmos autores, as bactérias redutoras de sulfato (BRS) utilizam tanto hidrogênio como ácido acético para suas reações, resultando em reações competitivas dentro do processo de DA.

Para Lima et al. (2015a), essa competição está intimamente relacionada com a DQO e a quantidade de sulfato disponível no meio. Eles ainda ressaltam que, para que ocorram maiores proporções de um determinado grupo microbiano sobre outro, são necessárias algumas características vitais: pH; tempo de retenção de sólidos; e, número populacional inicial de cada grupo microbiano. Lima et al. (2015b) descrevem a sulfetogênese como um processo considerado indesejável devido aos vários problemas que ela acarreta com a produção de sulfetos o que causa odores agressivos, corrosão, toxicidade e diminuição da concentração de CH_4 no biogás.

A metanogênese e as arqueas constituem-se, respectivamente, pela fase e grupo mais sensível de todo o processo. As arqueas metanogênicas dividem-se em decorrência da afinidade entre o substrato e a produção de CH_4 em: metanogênicas acetoclásticas, aquelas utilizadoras de acetato; e, metanogênicas hidrogenotróficas, utilizadoras de hidrogênio (FERNANDES, 2016). Portanto, existem várias sequências metabólicas e grupos microbianos envolvidos no processo de DA em pH ótimo, ou seja, entre 8 a 6 (Figura 1).

De acordo com Borja (2011), é fundamental entender a estrutura e a composição da comunidade microbiana durante a degradação dos resíduos orgânicos a fim de monitorar e controlar o processo de DA; que pode ser dividido em quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

Hidrólise:

Na primeira e na segunda fase, as espécies de bactérias atuantes são predominantemente as mesmas; realizam o papel de reduzir os compostos orgânicos complexos a aminoácidos, açúcares, ácidos graxos e glicerol. Para Yang et al. (2010), a adição de aditivos contendo enzimas específicas promove efeito significativo na degradação de polímeros complexos a cadeias químicas

mais simples, corroborando o saldo bioenergético nas fases subsequentes em que o O_2 é consumido aos poucos.

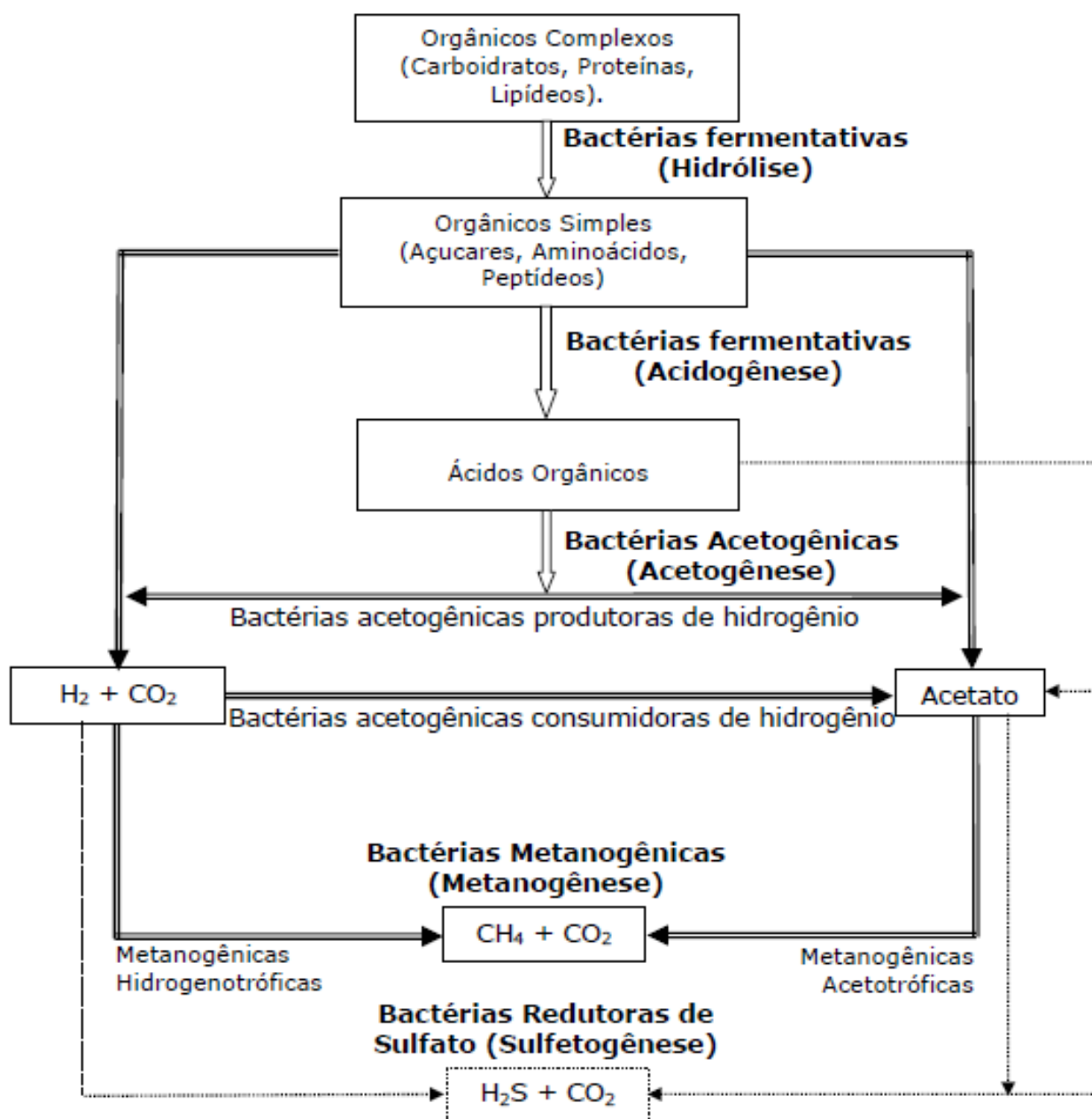


Figura 1. Processo de digestão anaeróbica e suas respectivas fases (SILVA, 2009a).

As enzimas são agentes produzidos por microrganismos a fim de catalisar ou acelerar uma reação química de um determinado substrato. Toda enzima é uma proteína – protease – mas nem toda proteína é uma enzima. As enzimas são também destruídas liberando compostos químicos para a DA, no entanto, não são consumidas durante a reação que catalisam. A finitude de alguns grupos de microrganismos ocorre dentre as fases do processo, sendo

eles a própria proteína a ser consumida nas fases subsequentes (CONN; STUMPF, 1980).

Assim, importa dizer que uma proteína é uma macromolécula constituída de dois ou mais aminoácidos (a.a.). Cada a.a. é constituído de C, H, um grupo amino (H_2N) e outro carboxílico (COOH), que é unido a outro a.a. por uma ligação peptídica. De acordo com Lehninger (2006), uma ligação peptídica é uma ligação covalente ocorrida entre um grupo carboxílico de uma molécula ao grupo amina de outra.

Na esteira do mesmo autor, em meio aquoso, ocorre solubilidade das proteínas, dois ou mais a.a. desprendem-se, liberando um grupo hidroxila de um lado e um H^+ de outro, formando uma molécula de H_2O . Os a.a. ainda podem apresentar momento dipolar, variando do grupo amino ($\bullet\text{NH}$) e NH_3 dependendo do pH alcalino ou ácido.

Logo, quanto menor o teor de proteína bruta (PB) em um substrato, menores concentrações dos elementos N, C, H^+ e O_2 , conseqüentemente, de CH_4 . Em algumas ocasiões, dependendo do substrato, ainda ocorre a liberação de moléculas como S, P, Fe, Zn e Co por parte das enzimas, além de produtos pobres em energia, como CO_2 , H_2O e NH_3 (CONN; STUMPF, 1980).

As bactérias facultativas – aquelas que produzem energia na forma de adenosina trifosfato (ATP) na presença ou ausência de O_2 – são consideradas as mais importantes (BALDACIN; PINTO, 2015). Quando ainda há O_2 , ocorre maior saldo bioenergético, pois promovem ATP na forma de glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória de elétrons, e nas fases posteriores, acetogênica e metanogênica, o O_2 é reduzido e as vias metabólicas são mais limitadas, tornando esse grupo de organismos dependente do processo inicial (LEHNINGER, 2006).

Para Harris (2005), a hidrólise é uma reação de qualquer espécie em solução aquosa. Especificamente, ocorre a reação de um íon monovalente (M^+) ou livre (L^-) com água (H_2O), formando uma substância associada, resultando na liberação de íons de hidrogênio H^+ ou hidroxila (OH^-), conforme se apresentam as equações:





Acidogênese:

O maior problema na DA de resíduos orgânicos é a instabilidade por acidez, principalmente, quando há no substrato baixo teor de proteína (TOMIELIS et al., 2017).

Os mesmos autores ainda citam a importância do uso de calcário ou carbonato de cálcio ($CaCO_3$) na fase acidogênica, ora como agente neutralizador e corretor, ora como material suporte, pois permite uma hidrólise salina e uma lenta liberação dos componentes do $CaCO_3$, resultando em uma base forte com efeito positivo direto sobre o pH devido à liberação de íons de hidroxila (OH^-):



Conforme o O_2 é consumido em meio aquoso, é natural que ocorram maiores concentração de íons H^+ , conseqüentemente, com acidificação do meio. As bactérias acidogênicas tanto consomem alguns produtos gerados da hidrólise como produzem H^+ na gênese de ácidos orgânicos voláteis (AOVs), em especial, o ácido propiônico. Zábranská et al. (1985) ressaltam que concentrações de H^+ são necessárias dentro de uma faixa ótima, pois serão utilizadas na promoção de CH_4 na fase metanogênica, destacando a importância de se acompanhar a acidez do processo.

De acordo com Achinas et al. (2018), na fase acidogênica, as bactérias acetogênicas convertem os nutrientes gerados a etanol (C_2H_5OH), acetato ($C_2H_3O_2^-$), lactato ($C_3H_6O_3$), butirato ($CH_7O_2^-$), ácido propiônico ($C_3H_6O_2$) e outros compostos minerais. Ambas as fases geram acetato, hidrogênio e CO_2 .

Acetogênese:

De acordo com Foresti et al., (2006), a fase acetogênica precisa ser rápida para que a produção de energia venha a ser economicamente viável, uma vez que o acetato é o principal precursor da metanogênese, pois essa última fase só ocorre se tiverem ocorrido as anteriores. Em todas as fases, há mudança do ambiente microbiano conforme o consumo de nutrientes e O_2 , a qual induz

maiores concentrações de hidrogênio, provocando mudança de pH, mesmo em temperaturas controladas.

Para Valcke e Verstraete (1983), cerca de 70% do CH₄ é produzido a partir de acetato. Para Bueno (2010), nessa fase são consumidos todos os produtos da acidogênese, convertendo-os em compostos que formam substratos para a produção de CH₄ tais como acetato, hidrogênio e CO₂.

Metanogênese:

Por fim, na quarta, última fase, as arqueas metanogênicas utilizam hidrogênio, CO₂ e acetato, obtendo como produto final o CH₄, conforme mostra a Equação 4, que pode ser utilizado como fonte de energia térmica ou elétrica (GONZÁLEZ LONDOÑO, 2019).



Levén et al. (2007) ressaltam que as arqueas do gênero *Methanobacterium*, *Methanobrevibacter* e *Methanospirillum* são predominantes e utilizam moléculas de H⁺ e CO₂ como substrato, enquanto que as *Methanosarcina* e *Methanothrix* geram CH₄, principalmente, a partir do acetato. Para Yang e Guo (1990), o CH₄ também pode ser produzido juntamente com o CO₂, pela via acetotrófica a partir da redução do acetato, possibilitando a remoção do carbono orgânico (Equação 5), enquanto que, pela via hidrogenotrófica, esses microrganismos utilizam hidrogênio e CO₂ para promoção de CH₄ e água (Equação 6).



No entanto, em um sistema de tratamento anaeróbio equilibrado, todos os produtos resultantes do metabolismo microbiano gerados em uma determinada fase são subsequentemente utilizados e convertidos sem acúmulo significativo de produtos intermediários. Além do gás gerado, a biomassa

resultante do processo de DA ou efluente propriamente dito é rico em nutrientes e pode ser usado na forma de biofertilizante para as culturas vegetais em substituição a adubos químicos o que denota uma fonte renovável de energia (NETO et al., 2016).

2.3.1 Biogás

Embora em menor escala, o biogás já vem sendo substituído por fontes fósseis de combustíveis como o gás de cozinha ou lenha, participando também no aquecimento de caldeiras ou no abastecimento de geradores/motores para a promoção de energia elétrica (KUNZ; OLIVEIRA, 2016). É considerado uma fonte de energia limpa, pois não libera CO_2 na atmosfera e degrada toda a matéria orgânica presente nos substratos. De acordo com a CETESB (2020), o biogás é composto principalmente de:

- CH_4 : 50 a 70% do volume de gás produzido;
- CO_2 : 25 a 50% do volume de gás produzido; e,
- traços de outros gases como: hidrogênio, de 0 a 1% do volume; H_2S , de 0 a 3% do volume; oxigênio (O_2), de 0 a 2% do volume; amoníaco (NH_3), de 0 a 1% do volume; e, nitrogênio (N_2), 0 a 7% do volume.

Sendo assim, o CH_4 é o gás mais abundante presente no biogás e de alto interesse econômico considerando seu alto potencial calorimétrico. Nagy et al. (2018), ao trabalharem com dejetos de ovinos, encontraram melhor resultado na produção de CH_4 ao adicionarem 10% de dejetos de bovinos como fator inoculante.

Em um estudo conduzido por Jacob et al. (2018), avaliando a produção de CH_4 , constatou-se que os dejetos de bovinos obtiveram diferença sobre os de ovinos; do mesmo modo que Magnarelli et al. (2012) evidenciaram melhor a produção de CH_4 em dejetos ovinos em relação a caprinos.

Já Muñoz-Espinoza et al. (2019), trabalhando com dejetos de quatro espécies domésticas em reatores de bancada, evidenciaram maior teor de biogás em aves, mas não de CH_4 , como fora localizado no dejetos ovino, mostrando-se um substrato potencial para a exploração desse gás.

Muitos países menos favorecidos que o Brasil utilizam amplamente o biogás como principal fonte de energia elétrica. Jingura e Matengaifa (2008)

relatam que, no Zimbábue, a população depende do tratamento do esterco animal para se obter eletricidade, e os substratos oriundos de indústrias, restaurantes e lixo urbano podem e devem ser também adicionados como biomassa. Essa premissa vai ao encontro de Ngumah et al. (2013) que estimam autossuficiência na produção de biofertilizante na Nigéria.

2.3.2 Biofertilizante

Remetendo-se à etimologia da palavra, “bio” significa orgânico enquanto que “fertilizante” é aquele que fecunda, logo, fertiliza. Define-se como biofertilizante um material orgânico fermentado e bioestabilizado, apropriado à fertilização das culturas vegetais. Em outras palavras, os biofertilizantes são adubos produzidos de material orgânico abundante, de forma aeróbica ou anaeróbica, fazendo o uso ou não de inoculantes (MEDEIROS; LOPES, 2006).

Os biofertilizantes podem ser usados total ou parcialmente em substituição aos adubos químicos, uma vez que são ricos em macro e micronutrientes, enquanto que o principal fertilizante comercial tem três – N, P e K. De acordo com Moreira e Capelesso (2006), além de nutrientes presentes no biofertilizante, podem ser encontrados:

- Hormônios: incorrem em ações fito-hormonais, capazes de estimular uma célula-alvo, proporcionando melhor desempenho das plantas. São produzidos e liberados por microrganismos;
- Microrganismos: em seu conteúdo, são encontrados organismos vivos ou latentes pós-tratamento aeróbico ou anaeróbico além de metabólitos.
- Álcool e fenóis: são compostos de hidrocarbonetos com um grupo hidróxido (OH•), que auxiliam no desenvolvimento das plantas como base de sustentação dos tecidos vegetais.

O biofertilizante pode ser pulverizado sobre pastagens, forragens e diversas culturas destinadas ao consumo humano (FEITOSA, 2020). No entanto, as doses de recomendação para sua aplicação ainda são restritas de acordo com Biserra et al. (2020), necessitando de mais pesquisas sobre sua aplicação.

Desde a primeira lei federal de fertilizantes, a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, o biofertilizante é citado, mas só foi conceituado de forma regulamentar em 2004 com a publicação do Decreto nº 4.954. Atualmente, a

Resolução nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina valores máximos em efluentes para lançamento em solos ou culturas vegetais. É necessária a comunicação do órgão vigente para a utilização do biofertilizante na forma de fertirrigação.

2.4 Fatores que interferem na DA

O monitoramento do processo de DA, por meio de análises físico-químicas do afluente e efluente (entrada e saída) do reator anaeróbio, demonstra o comportamento dos processos biológicos, mostrando-se eficiente na estabilização dos resíduos e tornando-o seguro ao meio ambiente (VILAR et al., 2019).

Vale ressaltar que os microrganismos que estão envolvidos no processo de DA são tão sensíveis às variações dos parâmetros quanto ao contato de águas residuárias que contêm detergentes, desinfetantes/bactericidas, e dejetos provenientes de animais tratados com antibióticos/sarnicidas (AMIM et al., 2012).

Os organismos procariontes presentes na biomassa são os protagonistas do processo de DA. Para Kunz et al. (2019), além da AME e do teor de sólidos totais (ST), fixos (SF) e voláteis (SV), múltiplos parâmetros devem ser considerados a partir do afluente e, caso necessário, devem ser controlados para haver um ótimo processo de fermentação, dentre eles: temperatura, acidez (pH), alcalinidade total (AT), alcalinidade intermediária (AI), alcalinidade parcial (AP), relação alcalinidade intermediária:parcial (AI:AP), condutividade elétrica (CE), carbono total (CT), carbono orgânico total (COT), carbono inorgânico (CI), nitrogênio total (NT), relação carbono:nitrogênio (C:N), amônia (NH₃), fósforo total (PT), demanda química de oxigênio (DQO), e minerais (MP). A mesma mensuração nos efluentes mostra-se necessária para assegurar um digestato sem poluentes e que possa ser usado na agricultura como biofertilizante.

2.4.1 Atividade Metanogênica Específica (AME)

O teste de AME foi provavelmente proposto pela primeira vez por Valcke e Verstraete (1983) como substituição das interpretações dos resultados gerados durante o processo de DA em lodos anaeróbios. À sua época,

mensurava-se a atividade metanogênica de forma muito genérica, por meio dos sólidos voláteis (SV). Sendo assim, a AME definiu-se como um teste acurado, simples e rápido, provendo estimativas do percentual ativo dos microrganismos acetoclásticos metanogênicos no processo de DA, fornecendo dados diários ou até mesmo em horas dependendo do substrato utilizado.

Para Florentino et al. (2010), a AME é um teste para monitorar e preservar a atividade microbiana envolvendo recursos preexistentes como o teor de SV, que consiste em interpretar a capacidade máxima das arqueas metanogênicas de converterem substratos orgânicos em biogás, medindo a taxa máxima de conversão de substratos específicos em CH_4 por unidade de massa. Os mesmos autores ainda enaltecem que o sucesso do processo anaeróbio em reatores depende fundamentalmente da manutenção de uma biomassa com elevada atividade microbiológica resistente às variações.

A eficiência do processo de DA é influenciada pela AME, ou seja, é o potencial máximo de converter nutrientes e substratos como ácido acético (CH_3CO_2^-) e ácido fórmico (CH_2O_2) em CH_4 (HYARIC et al., 2011). A AME ainda pode ser definida, segundo Aquino et al. (2007), como a capacidade máxima de CH_4 por consórcios de microrganismos anaeróbios a fim de se viabilizar a atividade bioquímica máxima de conversão de substratos orgânicos a biogás. Os autores ressaltam que os procedimentos testados em laboratório diferem-se no emprego de lodos, nutrientes, volume de *headspace* e quantificação do CH_4 produzido.

Cordeiro et al. (2018), trabalhando com adição de lodos como substratos inoculantes em reator anaeróbio do tipo UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket, ou, reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo –, descreveram que os resultados obtidos pela AME permitiram conhecer sobre o potencial de lodos anaeróbios em digestão de material orgânico. Os mesmos autores salientam que, não há um protocolo prático para seu desenvolvimento mais disseminado nas estações de tratamento.

Uma pesquisa realizada por Longaretti et al. (2019), ao testarem parâmetros de AME em diferentes lodos industriais, encontraram valores decrescentes para cervejeira; grãos e curtumes; e laticínios, respectivamente. O estudo apontou que a qualidade dos nutrientes interfere nos resultados, pois

compostos de difícil degradação, durante a hidrólise, dificultam a remoção da DQO contida nos SV.

2.4.2 Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF) e Sólidos Voláteis (SV)

Visando reduzir a matéria orgânica impactante ao meio em menores frações via DA, é necessário determinar a quantidade de ST, SV e SF para certificar a qualidade do biogás; haja vista que melhores resultados de sólidos também denotam sinônimo de eficiência energética (PORTAL DO BIOGÁS, 2019).

Os SV são a fração orgânica que representa a conversão do resíduo em produtos voláteis, o biogás. Quanto maior for a quantidade de SV na biomassa na partida do reator, maior será a possibilidade de aumento da produção do biogás. Sua determinação tem como objetivo identificar a quantidade de matéria biodegradável disponível nos substratos. Quanto maior for a parcela de SF, maior será a porção inorgânica do material que não é degradado pela ação microbiológica como partículas de areia, cimento e/ou cinzas (HASAN et al., 2019).

Os trabalhos com caracterização de dejetos de ovinos são menos encontrados na literatura, no entanto, Amorim et al. (2005), avaliando os dejetos de caprinos, mencionam que os teores de ST e SV oscilam entre 29,0 e 84,0%, respectivamente.

Para Nagy et al. (2019), os dejetos ovinos têm maior teor de cinzas por quilograma de sólidos totais (ST), o que se relaciona com a produção de CH₄; pois, quanto maior for a fração inorgânica, menor será a degradabilidade dos substratos, consequentemente, de sólidos voláteis (SV). Jesus et al. (2015) encontraram reduções de até 57% de ST, enquanto que Lopes et al. (2011), trabalhando com estocagem de dejetos de ovinos, encontraram valores acima de 80% para SV e uma redução significativa da demanda química de oxigênio (DQO) no decorrer do processo.

2.4.3 Temperatura

Dentre os fatores termofísicos que afetam o crescimento microbiano, a temperatura é um dos mais importantes, uma vez que, por meio dela, ocorre a seleção das espécies que estarão presentes no meio e também no processo químico de desidratação e desnaturação das proteínas, efeito também ocasionado pelas variações de pH (REIS, 2019).

De acordo com Batstone et al. (2002), existem três faixas de temperatura que, na maioria dos processos biológicos, podem ser associadas ao crescimento microbiano, sendo elas as faixas:

- Psicrófila (entre 4 e aproximadamente 15°C);
- Mesófila (entre 20 e 40°C), e;
- Termófila (entre 45 e 70°C).

As arqueas metanogênicas acetoclásticas são o grupo mais sensível à elevação da temperatura, que tem um efeito na pressão parcial de hidrogênio em reatores anaeróbios e influenciam na cinética do metabolismo sintrófico. Termodinamicamente, observa-se que as reações endotérmicas, como a quebra do propionato em acetato, CO₂ e hidrogênio, tornam-se energeticamente mais favoráveis em altas temperaturas, entretanto, em reações exotérmicas (metanogênicas hidrogenotróficas), elas são menos favorecidas em altas temperaturas (KUNZ et al., 2019).

O aumento de temperatura tem inúmeros benefícios, entre eles, inclui um aumento na solubilidade de compostos orgânicos e agiliza as reações bioquímicas (BAKHSHI et al., 2018). Da mesma forma, há um acréscimo na taxa de eliminação de patógenos, segundo Resende et al. (2014), pois a temperatura influencia em parâmetros como a dissociação da NH₃, podendo ter um efeito inibitório do processo de DA (ZHANG et al., 2013).

Segundo Kunz e Mukhtar (2016), na medida em que a temperatura aumenta, o equilíbrio químico é deslocado de NH₄⁺ para NH₃, podendo causar falência ao processo. A amônia livre (AL) é tóxica às arqueas metanogênicas, pois, facilmente, se difunde através da membrana celular dos microrganismos, causando desequilíbrio iônico e/ou deficiência de potássio (K⁺).

Em regiões com grande amplitude térmica, a produção de biogás pode ser comprometida devido às variações de temperaturas. Para evitar possíveis problemas, a temperatura do reator não deve variar bruscamente mais do que

2°C. O controle da temperatura da biomassa é de fundamental importância a fim de garantir a uniformidade da geração de biogás (AMARAL et al., 2018).

2.4.4 pH e Alcalinidade

Cada grupo de microrganismo tem um valor diferente de pH ótimo. As arqueas metanogênicas são extremamente sensíveis ao pH com um valor ótimo entre 6,7 e 7,5. Os microrganismos fermentativos são menos sensíveis e podem se adaptar a maiores variações de pH entre 4,0 e 8,5 (CAROTENUTO et al., 2020).

Em baixos valores de pH, os principais produtos são os ácidos acético e butírico, enquanto que, em pH próximo a 8,0, além de ácidos acéticos, são produzidos os ácidos propiônicos. Os ácidos voláteis produzidos durante a biodigestão tendem a reduzir o pH do meio reacional. Essa redução é normalmente combatida pela atividade das arqueas, que também produzem alcalinidade na forma de CO_2 , NH_3 e bicarbonato (CARILLO et al., 2014).

Ademais, a maioria dos entraves em reatores anaeróbios deve-se ao acúmulo de ácidos carbônicos (H_2CO_3) e também de outros AOVs, e, conseqüentemente, à queda do pH. Os principais efeitos adversos dos ácidos voláteis no processo de DA são relacionados ao fato de serem espécies intermediárias. A diminuição do pH abaixo de 6,6 implica a inibição do crescimento das arqueas metanogênicas. No entanto, as bactérias acidogênicas continuam suas funções até pH 4,5. O resultado é um rápido acúmulo de AOVs (ERYILDIZ et al., 2020).

Uma estratégia para o controle do sistema de tamponamento e monitoramento indireto dos ácidos produzidos durante a DA é a relação de alcalinidade intermediária:parcial (AI:AP). A primeira fornece valores equivalentes à alcalinidade por bicarbonato, enquanto que a segunda se refere à alcalinidade vinda dos ácidos voláteis (KUNZ et al., 2019).

O autor sugere ainda acompanhar essa relação constantemente a fim de se adotarem medidas corretivas como a adição de carbonatos, sulfatos ou nitratos, pois variações bruscas podem ocorrer e interferir no processo de DA.

2.4.5 Condutividade elétrica (CE)

Também conhecida por condutância específica, a condutividade elétrica (CE) é a medida da quantidade de corrente elétrica que um material pode transportar ou de sua capacidade de transportar uma corrente. Em outras palavras, é uma propriedade utilizada para descrever o quão bem os materiais permitem que os elétrons fluam, sendo eles – condutores, semicondutores, ou isolantes – com afinidade para minerais, semiminerais e não minerais, respectivamente (KNIGHT, 2019).

Impurezas, minerais – minerais, semiminerais e não minerais – e temperatura são fatores que influenciam na CE. Quanto mais impurezas presentes no material em questão, menor a CE, enquanto que a presença de minerais aumenta a sua carga. Já, com o aumento da temperatura, o material antes condutor passa a ser isolador, enquanto os isoladores, ou de resistividade elétrica, invertem-se em condutores (ASHCROFT, 2011).

Visto por outro ângulo, a CE ainda fornece informações sobre o metabolismo de um ecossistema, detectando possível poluição – quanto maior seu valor, maior a concentração iônica, denotando maior grau de decomposição do material em estudo (TAVARES, 1995). O autor ainda põe a CE em relevo, quando a sugere como uma das possíveis maneiras de avaliar a disponibilidade de nutrientes no meio a baixo custo.

Em suma, Schäfer (1985) certifica que a CE possui grande proporcionalidade com as concentrações dos principais íons determinantes de salinidade como Ca, Mg, Na, K, CO_3^{2-} , SO_4^{2-} e Cl^- . O respectivo autor ainda enfatiza que essa correlação existe, principalmente, em águas continentais ricas em carbonatos. De acordo com Piratoba et al. (2017), não existe um padrão de CE na legislação – resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2005 e suas modificações nas resoluções 410 e 420 de 2009, e 430 de 2011 –, no entanto, cabe ressaltar que águas naturais apresentam teores de CE entre 10 a 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e, em efluentes domésticos ou industriais, os valores podem chegar até 1000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

2.4.6 Carbono, Nitrogênio e Fósforo

O carbono (C) é um não-metal tetravalente muito abundante em todo planeta ou universo. Ele apresenta alotropia – fenômeno em que ele se apresenta nos mais variados formatos, podendo-se ligar a vários elementos químicos e transformar-se em diversos compostos. Sua versatilidade é objeto de estudo amplamente difundido na pesquisa por trazer mais compostos com C do que com sua ausência (SILVA, 2009b). Os parâmetros mais comuns pertinentes a esse elemento são o carbono total (CT), carbono orgânico total (COT), carbono inorgânico (CI) e a relação carbono:nitrogênio (C:N).

O COT é uma variável de qualidade de águas, resíduos orgânicos e solos, que determina o montante da fração orgânica – biodegradável do carbono –, já que esse elemento é alótropo. Para o CI – constituído pela fração inorgânica –, afere-se a fração indissolúvel ou não degradável do composto analisado, sendo seus principais elementos carbonatos (CO_3^{2-}), ânions bicarbonatos (HCO_3^-), ácidos carbônicos (H_2CO_3) e CO_2 (MERCADO-SANTANA et al., 2019).

O CI resume-se em um importante parâmetro a ser mensurado, pois não é degradado e se acumula nos reatores. A fração inorgânica dada pelas cinzas pode vir representada na forma de areia, pedriscos ou cimento, oriundos da raspagem do piso durante a retirada dos dejetos, ocasionando entupimento e cadência do processo de DA (LUSK, 1998).

O CT é definido pela quantidade de gás carbônico produzido quando uma amostra é oxidada por completo. Ele inclui a matéria orgânica dissolvida e o CI; de uma maneira geral, o CT é a soma do CI e COT (CARMO; SILVA, 2012).

A produção de biogás está diretamente relacionada ao tipo de material introduzido ao reator, sendo, neste caso, uma C:N entre 20 - 30:1 a faixa desejável à atividade microbiana durante o processo de DA. Uma alta C:N ocasiona demasiada oferta de carbonos e hidrocarbonetos – esqueletos de carbono – que resulta em rápido aumento populacional microbiano. Esses organismos atingirão sua capacidade máxima metabólica e ocasionarão desequilíbrio com consequente queda na produção de biogás (GRIPENTRONG et al., 2009).

Valores da C:N entre 15 - 20:1 em condições mesofílicas e termofílicas, respectivamente, são descritos por Wang et al. (2014) que, ao trabalharem com

codigestão de dejetos de animais e palha de arroz, encontraram máxima eficiência entre 25 - 30:1 nas mesmas respectivas fases. Wang et al. (2012), em condições análogas, utilizando dejetos de aves e vacas leiteiras junto à palha de trigo, encontraram dados similares, mas ressaltam que a determinada relação proporcionou pH estável, o que poderia inibir a produção de CH_4 . Os autores ainda sugerem uma relação de 27,2:1 para melhor desempenho do gás explorado em questão.

Para suprir as necessidades de N e P dos microrganismos responsáveis pelo processo de DA, os dejetos devem conter concentrações desses componentes em relação ao seu conteúdo de carbono. Se houver ausência desses elementos, eles devem, então, ser adicionados na forma de substratos para a ação microbiana; caso existam em excesso, o processo de DA pode ser inibido (MAJD et al., 2017).

O nitrogênio total (NT), quantidade de N presente na amostra, geralmente, está presente nos dejetos dos animais domésticos, uma vez que é um constituinte de proteína em todos os organismos vivos (BARBIERI et al., 2014). De acordo com Souza (1984), boa parte do NT pode ser convertido em nitrogênio amoniacal (NH_3).

A amônia (NH_3) é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos anaeróbios, mas também pode ser tóxica em concentrações elevadas. A fermentação de materiais ricos em ureia e proteínas vem a liberar NH_3 . Em função do pH e temperatura do meio reacional, pode-se ter uma geração elevada de AL, que é tóxica às arqueas metanogênicas, as quais se difundem através da membrana celular dos microrganismos (KUNZ; MUKHTAR, 2016).

A aclimação dos microrganismos na presença da AL é um fator chave para eficiência do processo. Isso pode ocorrer devido à adaptação das espécies de arqueas metanogênicas presentes no reator ou pela seleção da população, sobressaindo-se espécies mais adaptadas às condições do reator (SILVA et al., 2014).

Outro parâmetro importante desse grupo de principais elementos e suas interações, segundo Kunz et al. (2019), seria a relação oxigênio:nitrogênio:fósforo (O:N:P), em que é dita como necessária em um valor aproximado de 700:5:1, e que, em função da temperatura e pH, pode sofrer alterações. Em

suma, Comastri Filho (1981) salienta que todo nutriente em excesso ou ausência em uma solução pode causar toxidez ao meio bacteriano, pois todos os parâmetros estão correlacionados.

2.4.7 Demanda química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio é um parâmetro que quantifica a matéria orgânica por meio do oxigênio dissolvido apenas em compostos aquosos, de águas residuárias ou de superfície, mas não de águas límpidas. Ele reflete na quantidade total de componentes oxidáveis como carbono, hidrogênio, hidrocarboneto ou nitrogênio, descritos em miligramas de oxigênio por litro ao dia ($\text{mg.O}_2\text{.L.d}^{-1}$), de acordo com a metodologia APHA (2017).

A DQO tem sido amplamente empregada como um dos indicadores da contaminação orgânica da água. A ISO 6060 afirma que a definição de DQO mais aceita é a concentração de massa de oxigênio que é equivalente à quantidade de massa de dicromato consumida, por matéria dissolvida e em suspensão, quando uma amostra de água ou lodo é tratada por esse oxidante em condições definidas. Sendo assim, o resultado da DQO é estimado quando se determina a quantidade de oxidante consumido e expressa em termos de oxigênio equivalente à quantidade de dicromato necessária para oxidar a matéria orgânica (ISO 6060:1989).

O intuito de se verificar a DQO não é apenas a quantidade de matéria orgânica presente na biomassa mas também o de monitorar a eficiência de sua remoção em uma estação de tratamento (VALENTE et al., 1997). É uma análise importante para avaliar a eficiência da redução da biomassa pelo biodigestor, pois é um parâmetro que descreve a concentração de carbono na matéria orgânica descrevendo a situação do dejetos (MONTEIRO, 2005). Para DQO em biodigestores abastecidos com dejetos suínos, Oliveira (2012) encontrou valores de concentração mínima de 15.817 mg.L^{-1} .

Para Napoleão et al. (2016), uma questão importante a ser considerada a despeito da DQO é que ela não mede apenas matéria orgânica passível de oxidação, inclui também uma grande variedade de inorgânicos (Fe^{2+} , S^{2-} e Mn^{2+}). Os mesmos autores ainda ressaltam que estudos a despeito da relação entre

concentrações de reagentes de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) com ferro total (Fe^{2+}) como par catalítico, contribuem para a otimização da cinética reacional, possibilitando eficiência do processo.

Para Kempka et al. (2012), os métodos convencionais de tratamento caracterizam-se por utilizar microrganismos como agentes de oxidação, processo chamado de oxidação biológica. Esses processos, geralmente, não atingem níveis adequados de degradação para determinados tipos efluentes.

Por essa razão, pesquisas voltadas ao tratamento de efluentes oriundos de laticínios, graxarias ou chorumes, com altíssimo teor de substâncias orgânicas como proteínas e lipídios, podem contribuir para um baixo coeficiente de biodegradabilidade, necessitando assim da adoção de tratamentos químicos que envolvem a geração de radicais hidroxila ($\text{OH}\cdot$). O reagente de Fenton é um método químico que utiliza H_2O_2 e Fe^{2+} como par catalisador para gerar esses radicais (Kempka et al., 2012).



A eficiência da oxidação pelos reagentes de Fenton depende de vários fatores como: pH, temperatura, e as concentrações de H_2O_2 e Fe^{+2} . Para Kempka et al. (2012), em ambiente controlado, o uso do reagente na proporção de 25 mmol.L^{-1} de Fe^{2+} corresponde a 6,95 g de sulfato de ferro (FeSO_4), quantidade em que se obteve significância para a remoção de quase 99% da DQO.

2.4.8 Macro e microminerais

Os macro e microminerais são essencialmente importantes para o valor nutricional do biofertilizante, mas que, o excesso deles pode ocasionar a inibição do processo de DA. Alguns deles se definem como metais pesados (MP), que de acordo com Duffus (2002), são minerais com peso atômico entre 63,5 e 207,2 g mol^{-1} com densidade $>4 \text{ g cm}^{-3}$ distribuídos na tabela periódica.

Existem alguns minerais que são relevantes para um bom balanço nutricional aos animais, como exemplos, o cobre e o zinco, e que, dependendo da sua quantidade, estarão presentes nos dejetos (ANDRIGUETTO et al., 1983).

No entanto, somente as frações solúveis destes minerais são tóxicas à DA (SOUZA, 1984). O mesmo autor ainda salienta que o não monitoramento na partida do biodigestor pode determinar o insucesso da atividade. Uma falha operacional que poderia ser corrigida com a adição de sulfetos e carbonetos.

Mendonça (2003) ainda sugere que a adição de inóculos farelados – de preferência, não granulados – ou iodos, pode ser utilizada para evitar a variação temporal não esperada dos minerais que pode vir a ocorrer por interferência ou erro humano na montagem ou na carga dos reatores, e/ou, por diferentes formas dos microrganismos se desenvolverem.

Para Chen et al. (2016), altas concentrações de minerais, sulfatos e NH_3 inibem a ação microbiana e influenciam negativamente na degradação da matéria orgânica presente na biomassa, resultando em menor eficiência do processo de DA, o que podem estar relacionados com os resultados de ST, SV e SF; e/ou, AME.

Os minerais em excesso, além de interferirem negativamente na DA, estarão presentes nos efluentes, podendo contaminar solos, plantas, animais e recursos hídricos. A poluição pelo excesso, geralmente, está mais relacionada a ações antropogênicas oriundas de mineração, fundição, reciclagem, incineração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e despejo irracional de rejeitos automotivos, eletrônicos, industriais ou hospitalares. Análises laboratoriais desses elementos asseguram o uso dos efluentes como biofertilizante para sua aplicação na agricultura, sem prejuízo ao meio.

2.5 Outros estudos envolvendo dejetos de ovinos e DA

São muitas as possibilidades de reciclagem pelo uso dos reatores anaeróbios. Patil et al. (2014), em um estudo de DA realizado na Índia, testaram uma planta aquática local análoga ao aguapé, o jacinto (*Hyacinthus orientalis*) em conjunto com o esterco ovino, obtendo assim resultados significativos. A planta que, antes era considerada uma praga daninha que obstruía vias fluviais, bombas de irrigação e abrigava animais peçonhentos, tornou-se um potencial substrato para a codigestão com o esterco ovino naquele país.

Estudos de biodegradação são importantes tanto para minimizar impactos ambientais como para verificar a aplicabilidade de vários substratos na

combinação entre eles e as possíveis melhorias para o processo de DA. Os dejetos oriundos da produção animal mostram-se eficientes, inclusive, na codigestão, pois Bacca e Teleken (2020) demonstraram diferença sobre a degradação de biopolímeros comerciais.

Para Martí-Herrero et al. (2015), a codigestão mostra-se como uma opção a aumentar a produção de CH₄ dos dejetos ovinos, mas que, se misturado ao da lhama, provoca expressiva diminuição, evidenciando a necessidade de pesquisa para a melhor tomada de decisões na escolha dos substratos a serem utilizados.

Essas informações coincidem com um estudo feito, na China, por Zhang et al. (2013) que visaram utilizar palhadas aos dejetos caprinos. O resultado da codigestão foi maior do que se tivessem utilizado apenas um dos substratos.

Li et al. (2018) concordam com os prévios autores e ainda ressaltam que é preciso utilizar qualquer forma de substrato para minimizar a poluição ambiental. Eles sugerem ainda a codigestão entre esterco ovino e papel como alternativa viável para a produção de CH₄ e que se tornou exequível na China, já que a reciclagem desse papiro naquele país é dificultosa.

Da mesma forma, Haneef et al. (2018) avaliaram como significativa a codigestão entre 80% de esterco ovino e 20% de resíduo urbano. A mistura de substratos também é deferida por Cestonaro et al. (2015) que, trabalhando com a proporção de 1:1 para dejetos de ovinos e bovinos, evidenciaram melhoria no rendimento do biogás e na qualidade do biofertilizante.

Mais adiante, Wahyudi et al. (2010) enfatizam que a aplicação de culturas de bactérias que degradam celulose, xilano e lignina pode contribuir com um aumento de até 56% da produção de gás. Outra técnica descrita por Andrade et al. (2018) evidencia um rendimento significativo de biogás por quilograma de dejetos quando são submetidos ao pré-tratamento ácido e alcalino.

Para Wahyuni et al. (2018), estudos de viabilidade econômica para implantação dessa benfeitoria são necessários para motivar a classe produtora na tomada de decisões. Dentre as fontes de energia renováveis descritas por Moreira e Giometti (2008), a DA é o processo mais acessível e rápido que os demais, todavia ela necessita de atenção e monitoramento quanto à sua operação, pois, de acordo com Lusk (1998), o mau uso do reator anaeróbio pode vir a inibir o processo de DA, químico e fisicamente – variações dentre os

parâmetros, e, entupimento pelo despejo de detritos inorgânicos, respectivamente –, que leva o processo ao insucesso e consequente abandono dessa prática.

Outros estudos que vêm se destacando no ramo de biogás é o emprego de aditivos na DA. O uso dessas substâncias contribui na minimização das perdas de N durante o processo de DA, conseqüentemente, na relação carbono:nitrogênio (C:N), melhorando assim a qualidade do biogás. O uso de biochar, *Black Carbon*, carbono pirogênico ou, simplesmente, biocarvão vem demonstrando resultados positivos na redução dos sólidos (LEHMANN; JOSEPH, 2015).

O biochar, produto obtido por meio da pirólise – queima racional da biomassa animal/vegetal em condições mínimas de oxigênio – modifica as propriedades químicas do carbono, formando estruturas mais resistentes à biodegradação, sendo, dessa forma, um estoque de carbono que poderá ser utilizado ao longo do processo de DA, evitando perdas na atmosfera de CO₂ e outros gases poluentes. O fato de sua superfície molecular ser microporosa facilita de imediato a absorção de N, reduzindo perdas via NH₃ (SINGH et al., 2019).

Da mesma forma que o biochar, a glicerina bruta vem sendo também bastante utilizada em pesquisas para melhorar a qualidade dos sólidos (LEITE, 2020). Um trabalho realizado por Araújo (2012), usando doses crescentes de glicerina associadas à codigestão de dejetos de ovinos submetidos a diferentes dietas, constatou melhora da produção de biogás e redução de coliformes. O autor ainda ressalta sobre melhores resultados na DA quando se utilizam dejetos de ovinos alimentados com dieta mais rica em concentrado.

Maciel (2018), avaliando a codigestão anaeróbia com dejetos de ovinos e 15% de resíduo líquido de incubatório – um resíduo oriundo da produção de pintainhos, abundante, riquíssimo em N, e potencialmente deletério ao meio –, corrobora que o maior teor de proteína e lipídios deste resíduo aliado ao dejetos de ovino proporciona melhor produção de biogás e CH₄.

É mister esclarecer que ao se utilizar apenas dejetos de ovinos como resíduo à DA proporcionar-se-á menos gás devido à sua eminente constituição fibrosa, logo, menos energética. A inclusão de resíduo de incubatório permite aumentar o teor energético, principalmente, pelo teor de extrato etéreo (EE) –

fração constituída por lipídios que resulta em 225% mais energia do que a proteína ou o carboidrato fibroso/não fibroso. À vista do exposto, pode-se aduzir que dejetos de ovinos detêm grandes possibilidades de serem empregados na DA e geram energia renovável na forma de biogás e biofertilizante.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos de dois grupos genéticos e duas fontes de volumoso na digestão anaeróbia de dejetos de cordeiros confinados.

3.2 Objetivos Específicos

Observar a atividade metanogênica específica (AME);

Avaliar as características físico-químicas do biofertilizante.

4. REFERÊNCIAS

ACHINAS, S.; Li, Y.; ACHINAS, V.; EUVERINK, G. J. W. Influence of sheep manure addition on biogás potential and methanogenic communities during cow dung digestion under mesophilic conditions. **Sustainable Environment Research**, p. 1-7, 2018.

AMARAL, J. B.; TOLEDO, L. M.; AMBRÓSIO, L. A.; OLIVEIRA, F. A.; TREVISAN, G. Efeitos de três protocolos farmacológicos no controle da dor em bezerras holandesas descornadas com ferro quente. **Pubvet - Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 12, n. 4, a. 77, p. 1-12, 2018. DOI: 10.22256/pubvet.v12n4a77.1-12

AMIM, M. M.; HASHEMI, H.; EBRAHIMI, A.; EBRAHIMI, A. Effects of oxytetracycline, tylosin, and amoxicillin antibiotics on specific methanogenic activity of anaerobic biomass. **International Journal of Environmental Health Engineering**, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2012.

AMORIM, A.C. **Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Jaboticabal-SP, 2002.

AMORIM, A. C. **Avaliação do potencial de impacto ambiental e do uso da compostagem e biodigestão anaeróbia na produção de caprinos**. 2005. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Jaboticabal-SP, 2005.

AMORIM, A. C.; LUCAS JÚNIOR, J.; RESENDE, K. T. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v. 25, n. 1, p. 57-66, 2005.

ANDRADE, W. R.; SANTOS, T. M. B.; ARRUDA, L. D. O.; ROSA, E. M.; CAPPI N. Biogas production from dairy cattle manure subjected to chemical pre-treatment. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 12, n. 1, p. 91-100, 2018.

ANDRIGUETTO, J. M. **Nutrição animal**. São Paulo-SP: Nobel, 2ª ed., v. 2, 1983, 425 p.

APHA. Standard Methods for examination of water and wastewater. **Washington: American Public Health Association**, 23rd ed., 2017, 1496 p.

AQUINO, S. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; FORESTI, E.; SANTOS, M. L. F.; MONTEGGIA, L. Metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 192-201, 2007. DOI: 10.1590/S1413-41522007000200010

ARAÚJO, L. C. A. **Co-digestão anaeróbia dos dejetos de ovinos e glicerina bruta**. 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS, 2012.

ASHCROFT, N. W.; MERMIN, N. D. **Física do estado sólido**. São Paulo-SP: Cengage Learning, 2011, 500 p.

AUDU, I. G.; BARDE, A.; YILA, O. M.; ONWUALU, P. A.; LAWAL, B. M. Exploring biogas and biofertilizer production from abattoir wastes in Nigeria using a multi-criteria assessment approach. **Recycling**, v. 5, n. 18, 24 p., 2020. DOI:10.3390/recycling5030018

BACCA, L. A. M.; TELEKEN, J. G. Avaliação da produção de biogás através de biodigestão anaeróbia em diferentes razões inóculo/substrato de bioplástico comercial poli (β -hidroxibutirato) (phb). **Revista gestão e sustentabilidade ambiental**, v. 9, p. 288-310, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e02020288-310

BAKHSHI, Z.; JAUFFUR, S.; FRIGON, D. Assessing energy benefits of operating anaerobic digesters at low temperature with solids pre-ozonation. **Renewable Energy**, n. 115, p. 1303-1311, 2018. DOI: 10.1016/j.renene.2017.08.080

BALDACIN A. C. S.; PINTO, G. M. F. Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás. **Revista Eletrônica FACP**, v. 3, n. 7, 47 p., 2015.

BARBIERI, E.; MARQUES, H. L. A.; BONDIOLI, A. C. V.; CAMPOLIM, M. B.; FERRARINI, A. T. Concentrações do nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato em áreas de engorda de ostras no município de Cananeia- SP. **O mundo da saúde**, São Paulo-SP, v. 38, n. 1, p. 105-115, 2014. DOI: 10.15343/0104-7809.20143801105115

BATSTONE, D. J.; KELLER, J.; ANGELIDAKI, I.; KALYUZHNYI, S. V.; PAVLOSTATHIS, S. G.; ROZZI, A.; SANDERS, W. T. M.; SIEGRIST, H.; VAVILIN, V. A. The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM1). **Water Science and Technology**, v. 45, n. 10, p. 65–73, 2002. DOI: 10.2166/wst.2002.0292

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2006, 583 p.

BISERRA, T. T.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; DUARTE, C. F. D.; FLEITAS, A. C.; SILVA, A. O. Produção e valor nutritivo de capim-piatã submetido à adubação orgânica e química. **Nativa**, Sinop-MT, v. 8, n. 1, p. 150-156, 2020. DOI:10.31413/nativa.v8i1.7450

BORJA, R. Biogas Production. In: **Downstream Processing and Product Recovery**. Instituto de la Grasa, Seville (Espanha): Elsevier, 2011. cap. 2.55, p. 785-798.

BRASIL. Decreto nº. 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília-DF, 15 de jan. de 2004, Seção 1, p. 2. Disponível em: <<https://www.normasbrasil.com.br>>. Acesso em: 01/06/2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430 de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, 410 e 420. Diário Oficial [da] União, n. 92, 16 maio 2011, p. 89, Brasília. Disponível em: <<https://www.normasbrasil.com.br>>. Acesso em: 01/06/2020.

BUENO, R. F. Comparação entre biodigestores operados em escala piloto para produção de biogás alimentados com estrume bovino. **HOLOS Environment**, [on-line], v. 10, n. 1, p. 111-125, 2010.

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

CARILLO, P.; CAROTENUTO, C.; DI CRISTOFARO, F.; LUBRITTO, C.; MINALE, M.; MIRTO, A.; MORRONE, B.; PAPA, S.; WOODROW, P. Bacterial and archaeal communities influence on methane production. **Chemical Engineering Transactions**, n. 37, p. 859-864, 2014. DOI: 10.3303/CET1437144C

CAROTENUTO, C.; GUARINO, G.; D'AMELIA, L. I.; MORRONE, B.; MINALE, M. The peculiar role of C/N and initial pH in anaerobic digestion of lactating and non-lactating water buffalo manure. **Waste Management**, n. 103, p. 12-21, 2020. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.12.008

CAVALEIRO, A. J.; ALVES, M. M. Digestão anaeróbia. **Revista Ciência Elementar**, v. 8, n. 1, a. 9, 6 p., 2020. DOI: doi.org/10.24927/rce2020.009

CESTONARO, T.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; ROZATTI, M. A. T.; PEREIRA, D. C.; LORIN, H. E. F.; CARNEIRO, L. J. The anaerobic co-digestion of sheep bedding and $\geq 50\%$ cattle manure increases biogas production and improves biofertilizer quality. **Waste Management**, p. 1-7, 2015.

CETESB. Companhia ambiental do estado de São Paulo. Governo de São Paulo. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/biogas/>>. Acesso em 23/03/2020.

CHAGAS, A. C. S.; VERÍSSIMO, C. S. **Principais enfermidades e manejo sanitário de ovinos**. São Carlos-SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008, 70 p.

CHEN, G.; LIU, G.; YAN, B.; SHAN, R.; WANG, J.; LI, T.; WU, W. Experimental study of co-digestion of food waste and tall fescue for biogas production. **Renewable Energy**, v. 88, p. 273-279, 2016.

COMASTRI FILHO, J. A. Biogás, independência energética no Pantanal Mato-grossense. Circular Técnica, Corumbá-MS: Embrapa Pantanal, v. 9, 53 p., 1981.

CONN, E. E.; STUMPF, P. K. **Introdução à Bioquímica**. São Paulo-SP: Edgard, 1ª ed., 1980, 536 p.

CORDEIRO, A. L.; MÓLLER, D. S.; DUTRA, J. C. F.; CARVALHO, A. T. S.; SOUZA, C. L. Atividade Metanogênica Específica: Metodologias simplificada e automatizada para lodos de reatores anaeróbios. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal-PB, v. 13, n. 5, p. 661-665, 2018. DOI: 10.18378/rvads.v13i5.6282

CÔRTEZ, D. A.; ROCHA, E. M. D.; CÔRTEZ, T. A. Biodigestores rurais e sua importância na sustentabilidade ambiental. **Humanidades e tecnologia em revista**, v. 18, a. 13, 2019.

DIAS, A. M. D. F.; ORRICO, A. C. A.; VILELA, R. N. S.; SCHWINGEL, A. W.; OLIVEIRA, J. D.; AVILA, M. R.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; MACHADO, J. F. Carbon and nitrogen reductions in composting windrows formed by organic residues. 28º Congresso de Zootecnia. **Anais...** Goiânia-GO: SBZ, 5 p., 2018.

DOHÁNYOS, M.; ZÁBRANSKÁ, J.; KUTIL, J.; JENÍČEK, P. Improvement of anaerobic digestion of sludge. **Water Science and Technology**, v. 49, n. 10, p. 89-96, 2004.

DUFFUS, J. H. "Heavy Metals" - a meaningless term? (IUPAC technical report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 74, n. 5, p. 793-807, 2002.

ERYILDIZ, B.; LUKITAWESAB; TAHERZADEH, M. J. Effect of pH, substrate loading, oxygen, and methanogens inhibitors on volatile fatty acid (VFA) production from citrus waste by anaerobic Digestion. **Bioresource Technology**, n. 302, 10 p., 2020. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.122800

FACCHINI, F.; FERREIRA, R. L. Impactos ambientais causados pela suinocultura na fase de terminação no município de Capitão-RS. **Caderno meio ambiente e sustentabilidade**, v. 13, n. 7, p. 91-113, 2018.

FEITOSA, A. K. **Produção e sustentabilidade: Estudos contemporâneos**. Ananindeua-PA: Itacaiúnas, 132 p., 2020.

FERNANDES, A. J. **Variáveis microbiológicas e físico-químicas em biodigestores anaeróbios escala piloto alimentados com dejetos de bovinos leiteiros e suínos**. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados). Faculdade de Farmácia e Bioquímica – Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora- MG, 2016.

FERREIRA, S. F.; NETO, M. D. F.; PEREIRA, M. L. R.; MELO, A. H. F.; OLIVEIRA, L. G.; NETO, J. T. N. Fatores que afetam o consumo alimentar de bovinos. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v. 2, n. 1, p. 9-19, 2013.

FLORENTINO H. O.; BISCARO, A. F. V.; PASSOS, J. R. S. Funções sigmoidais aplicadas na determinação da atividade metanogênica específica - AME. **Revista Brasileira de Biomassa**, São Paulo-SP, v. 28, n. 1, p. 141-150, 2010.

FONTENELE, R. M.; PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; MIZUBUTI, I. Y.; MONTE, A. L. S.; CANDIDO, M. J. D.; FILHO, J. G. L. R.; JUNIOR, J. N. R. Níveis de energia metabolizável em rações de ovinos Santa Inês: peso dos órgãos internos e do trato digestório. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 31, n. 4, p. 1095-1104, 2010.

FORESTI, E.; ZAIAT, M.; VALLERO, M. Anaerobic Processes as the Core Technology for Sustainable Domestic Wastewater Treatment: Consolidated Applications, New Trends, Perspectives, and Challenges. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, n. 5, p. 3-19, 2006.

GONZÁLEZ-LONDOÑO, J. E. **Characterization of Fast Anaerobic Digestion in a Novel Reactor Design with Immobilized Biolms**. 2019. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química e Bioquímica). Departamento de Engenharia Química e Bioquímica, Universidade Técnica da Dinamarca, Copenhagen, 2019.

GRIPENTROG, H. W.; BARELLI, D.; CSAMBALIK, L.; Economical and environmental analysis of biogas plant within the context of a real farm. **The Royal Veterinary and Agricultural University**, Denmark, v. 27, n. 1, p. 163-173, 2009.

HANEEF, M. V. M.; LILLY JOICE, A.; NIRANJAN, C. P. S. D.; KIRUBAKARAN, G. Natural gas production from batch feeding of sheep droppings and food waste as a partial mixture in a confined batch digester. **International Journal of ChemTech Research**, v. 11, n. 3, p. 219-226, 2018.

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC (Livros Técnicos e Científicos Editora S. A.), 6ª ed., 2005, 876 p.

HASAN, C.; FEITOSA, A. K.; SILVA, M. C. A.; MARDER, M.; KONRAD, O. Produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais: análise dos teores de sólidos totais, voláteis e fixos em amostras pré e pós digestão anaeróbia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, p. 257- 273, 2019. DOI: 10.5380/rber.v8i1.56321

HYARIC, R. L.; CHARDIN, C.; BENBELKACEM, H.; BOLLON, J.; BAYARD, R.; ESCUDIÉ, R.; BUFFIÈRE, P. Influence of substrate concentration and moisture content on the specific methanogenic activity of dry mesophilic municipal solid waste digestate spiked with propionate. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 2, p. 822-827, 2011. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.08.124

ISO 6060:1989. Water quality – Determination of the chemical oxygen demand. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/12260.html>>. Acesso em 15/04/17.

JACOB, J. A.; AL-FAWWAZ, A.; AL-SHIRA´H, H. Evaluation and optimization of Methane production from different manure types. **Jordan Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 3, p. 323-327, 2018.

JESUS, F. L. F.; ROLIM, G. S.; BARBOZA, M. A. Eficiência da digestão anaeróbia na redução de sólidos totais e sólidos voláteis de dejetos de ovinos.

In: IV Simpósio de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Federal de Viçosa, **Anais...** Viçosa-MG: UFV, p. 71-76, 2015.

JIANG, Y. Inactivation of pathogens in anaerobic digestion systems for converting biowastes to bioenergy: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 120, 21 p., 2020. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109654

JINGURA, R. M.; MATENGAIFA, R. Optimization of biogas production by anaerobic digestion for sustainable energy development in Zimbabwe. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, p. 1-5, 2008.

KEMPKA, A. P.; PAGLIARINI, C. L.; GOMES, G. A.; ROBAZZA, W. S. Estudo das concentrações de ferro e peróxido de hidrogênio na oxidação química de efluente proveniente de laticínio. **Engenharia Ambiental**. v. 9, n. 1, p. 190-197, 2012.

KNIGHT, R. D. **Física 3: uma abordagem estratégica**: eletricidade e magnetismo. Porto Alegre- RS: Bookman, 2ª ed., v. 3, 2019, p. 793-954.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, n. 3, a. 15, p. 28-35, 2016.

KUNZ, A.; MUKHTAR, S. Hydrofobic membrane technology for ammonia extraction from wastewaters. **Engenharia Agrícola**. v. 36, p. 377-386, 2016.

KUNZ, A.; STEIMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia-SC: Emprapa Aves e Suínos. 2019, 209 p.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In: **Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation**, 2nd ed., p. 1-12, 2015. DOI: 10.4324/9780203762264

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 4ª ed., 2006. 1202 p.

LEITE, B. K. V. **Uso de aditivos para a retenção de nitrogênio em compostagem de resíduos gerados da produção animal**. 2020. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS, 2020.

LEVÉN, L.; ERIKSSON, A. R. B.; SCHNÜRER, A. Effect of process temperature on bacterial and archaeal communities in two methanogenic bioreactors treating organic household waste. **Microbiology Ecology**, Federation of European

Microbiological Societies (FEMS), v. 59, n. 3, p. 683-693, 2007. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2006.00263.x

LI, W.; SIDDHU, M. A. H.; AMIN, F. R.; HE, Y.; ZHANG, R.; LIU, G.; CHEN, C. Methane production through anaerobic co-digestion of sheep dung and waste paper. **Energy Conversion and Management**, v. 156, p. 279-287, 2018.

LIMA J, F.; SOUZA, J. T.; LIMA, D. A.; HENRIQUE, I. N.; SANTOS, E. V. M. Controle e remoção de sulfetos em reatores anaeróbios tratando esgoto sanitário. **Revista DAE**, p. 65-75, 2015a. DOI: 10.4322/dae.2015.013

LIMA, J. F.; LIMA, D. A.; SOUZA, T. A. T.; HENRIQUE, I. N.; SOUZA, J. T. In: 28º Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Rio de Janeiro-RJ: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). **Anais...** 9 p., 2015b.

LONGARETTI, G.; MEIRA, J. A.; SGANDERLA, I. B.; MAGRO, J. D.; FIORI, M. A.; MELLO, J. M. M. Estudo da atividade metanogênica específica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1139-1146, 2019. DOI: 10.1590/S1413-41522019140730

LOPES, W. R. T.; MANARELLI, D. M.; ORRICO, A. C. A.; OLIVEIRA, E. R.; SUNADA, N. S.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; VARGAS JUNIOR, F. M. V.; FERNANDES, A. R. M.; ALVES G. P.; GAUCHINHO, R. Concentrações de sólidos totais e voláteis, coliformes totais e termotolerantes e demanda química de oxigênio em dejetos de ovinos estocados por diferentes períodos. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão (ENEPE). **Anais...** Dourados-MS: UFGD, 11 p., 2011.

LUSK, P. **Methane Recovery from Animal Manures The Current Opportunities Casebook**. National Renewable Energy Laboratory, Whashington-DC, 3rd ed., 1998. 150 p.

MACIEL, T. T. B. A. F. R. A. A. L. P. **Co-digestão anaerobia dos dejetos de ovinos com diferentes níveis de inclusão de resíduo líquido de incubatório**. 2018. 46 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS, 2018.

MAJD, S. S.; ABDOLI, M. A.; KARBASSI, A.; POURZAMANI, H. R.; REZAEI, M. Effect of physical and chemical operating parameters on anaerobic digestion of manure and biogas production: a review. **Journal of Environmental Health and sustainable development**, v. 2, n. 1, p. 235-247, 2017.

MAGNARELLI, D. M., LOPES, W. R. T.; ORRICO, A. C. A.; OLIVEIRA, E. R.; SUNADA, N. S.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; RODRIGUES, J. P.; ARAÚJO, L.

C. A. Efeito da estocagem sobre a composição dos dejetos de ovinos. In: 23º Congresso Brasileiro de Zootecnia. **Anais...** Cuiabá-MT: UFMT, 2012.

MARTÍ-HERRERO, J.; ALVAREZ, R.; CESPEDES, R.; ROJAS, M. R.; CONDE, V.; ALIAGA, L.; BALBOA, M.; DANOV, S. Cow, sheep and llama manure at psychrophilic anaerobic co-digestion with low cost tubular digesters in cold climate and high altitude. **Bioresource Technology**, n. 181, p. 238-246, 2015. DOI: 10.1016/biortech.2015.01.063

MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 3, 3 p., 2006.

MELHOR CÂMBIO. Disponível em: <<https://www.melhorcambio.com>>. Acesso em: 02/09/2020.

MENDONÇA, J. C. **Influência da tinta de impressão na digestão anaeróbia do papel jornal**. 2003. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos-SP, 2003.

MERCADO-SANTANA, J. A.; LARA-LARA, J. R.; BAZÁN-GUZMÁN, C.; MARIANO, M.; CRUZ-OROZCO, M.; MIRABAL-GÓMEZ, U. Consideraciones para el uso del isótopo estable ¹³C en experimentos de Producción primaria en mares mexicanos. In: IX SIMPOSIO INTERNACIONAL DEL CARBONO EN MÉXICO, cap. 2 - Ecosistemas Acuáticos. **Anais...** Tepic, p. 297-303, 2019.

MIRANDA, A. P. **Suíños em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo: desempenho, digestibilidade e efeitos na biodigestão anaeróbia**. 2009. 123 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Jaboticabal-SP, 2009.

MONTEIRO, L. W. S. **Avaliação do desempenho de dois sistemas em escala real para o manejo dos dejetos suínos: lagoa armazenamento comparada com biodigestor seguido de lagoa de armazenamento**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis-SC, 2005.

MORAIS, M. V. M.; LIMA, H. J. A. Técnicas nutricionais para a redução do impacto ambiental da produção intensiva de animais não ruminantes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1560

MOREIRA, V. R. R.; CAPELESSO, E. Orientações para uma Agricultura de Base Ecológica no Pampa Gaúcho. **Fichas agroecológicas**, Coordenação de agroecologia – Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA). Bagé-RS: Gráfica Instituto de Menores, 2 p., 2006.

MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. B. R. O protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no mecanismo de desenvolvimento limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro-RJ, v. 30, n. 1, p. 9-47, 2008.

MOREIRA, S. F.; SANTOS, S. D. O.; JÚNIOR, A. P. Análise quantitativa e qualitativa de um solo degradado pela pecuária. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 6, n. 7, p. 47698-47715, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n7-420

MUÑOZ-ESPINOZA, M.; BARROS-RODRIGUES, M.; VALENCIA-NUÑEZ, R. MERA-ANDRADE, R.; ARTIEDA-ROJAS, J.; NAJARRO, R.; FREIRE-TORRES, M.; VEGA-FALCÓN, V.; ROMERO-FERNÁNDEZ, A. Biogas production and in vitro CH₄ from excrement of cattle, sheep, pigs and hen. **Tropical and subtropical Agroecosystems**, v. 22, p. 833-836, 2019.

NAGY, G.; TAKACS, A.; KÁLLAY, A.; MENTES, D. The anaerobic digestion of sheep manure in self-designed low-cost biogas reactor. **Analecta Technica Szegedinensia, Review of faculty of engineering**, v. 12, n. 2, p. 12-23, 2018. DOI: 10.14232/analecta.2018.2.13-23

NAGY, G.; TAKÁCS, A.; KÁLLAY, A. A. The energy aspects of biogas production from sheep manure. In: European combustion meeting. **Anais...** Lisboa. p. 1-4, 2019.

NAPOLEÃO, D. A. S.; RAMUNNO, C. S.; CEZAR, F. S. ; FILHO, H. J. H.; SIQUEIRA, A. F. Análises dos processos Fenton e Foto-Fenton no tratamento do efluente do aterro sanitário de Cachoeira Paulista em relação ao TOC e DQO. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS). **Anais...** Campina Grande-PB, 5 p., 2016.

NETO, J. V. E.; PEREIRA, G. F.; DIFANTE, G. S.; OLIVEIRA, L. G.; LIMA, A. R. L.; SANTOS, W. R.; GURGEL, M. F. Produção e estrutura de pastos de capim-massai adubado com dejetos da produção animal. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa-SP, v. 73, n. 2, p. 111-117, 2016. DOI: 10.17523/bia.v73n2p111

NGUMAH, C. C.; OGBULIE, J. N.; ORJI, J. C.; AMADI, E. S. Potential of organic waste for biogas and biofertilizer production in Nigeria. **Environmental Research, Engineering and Management**, v. 1, n. 63, p. 60-66, 2013.

OLIVEIRA, M. M. **Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense**. 2012. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. 2012.

OLIVEIRA, G. M.; ROCHA, Y. J. P.; GALLO, S. B.; TRINDADE, M. A.; SOUZA, G. M.; DELGADO, E. F. Toughness in Santa Inês lamb meat has negative impact on consumer evaluation. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador-BA, v. 20, p. 1-13, 2019. DOI: 10.1590/S1519-99402003720192019

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCA JUNIOR, J. Influência da relação volumoso:concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v. 30, n. 3, p. 386-394, 2010.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Produção animal e o meio ambiente: uma comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal-SP, v. 31, n. 2, p. 399-410, 2011.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J.; SAMPAIO A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; OLIVEIRA, E. A. Biodigestão anaeróbia dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.41, n.6, p. 1533-1538, 2012.

PACHECO, G. F. E.; SAAD, F. M. O. B.; TREVISAN, L. Aspectos éticos no uso de animais de produção em experimentação científica. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 6, n. 4, p. 260-266, 2012.

PATIL, J. H.; ANTONYRAJ, M. A. L.; SHANKAR, B. B.; SHETTY, M. K.; KUMAR, P. Anaerobic co-digestion of water Hyacinth and sheep waste. **Energy Procedia**, v. 52, p. 572-578, 2014.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista ambiente e água**, Taubaté-SP, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017. DOI:10.4136/ambi-agua.1910.

PORTAL DO BIOGÁS. Disponível em: <www.portaldobiogas.com>. Acesso em 30/01/2020.

RADIOTITS, O. M.; GAY, C. C.; BLOOD, D. C.; HINCHCLIFF, K. W. **Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos**. Rio de Janeiro-RJ: Guanabara Koogan, 2016. 1737 p.

REIS, K. V. **Eficiência da digestão anaeróbia de biodigestores em granja de suínos em terminação de Rio Verde - Goiás**. 2019. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde-GO, 2019.

REZENDE, J. A.; SILVA, V. L.; OLIVEIRA, T. R. L.; FORTUNATO, R. O.; CARNEIRO, J. C.; OTENIO, M. H.; DINIZ, C. G. Prevalence and persistence of potentially pathogenic and antibiotic resistant bacteria during anaerobic digestion treatment of cattle manure. **Bioresource Technology**, n. 153, p. 284-291, 2014. DOI: 10.1016/j.biortech.2013.12.007

SANTOS, L. A.; VEROLA, L. M.; OLIVEIRA, T.; RODRIGUEZ, R. P.; MATIAS, T. P. Influência dos parâmetros operacionais e ambientais na metanogênese: uma revisão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba-PR, v. 2, n. 6, p. 2017-2032, 2019.

SANTOS-CRUZ, C. L.; PÉREZ, J. R. O.; MUNIZ, J. A.; CRUZ, C. A. C.; ALMEIDA, T. R. V. Desenvolvimento dos componentes do peso vivo de cordeiros Santa Inês e Bergamácia abatidos em diferentes pesos. **Revista brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 923-932, 2009.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre-RS: Ed. UFRGS, 1985. 532 p.

SENAR, Serviço nacional de aprendizagem rural. Ovinocultura: criação e manejo de ovinos de corte. **Coleção SENAR**. Brasília-DF, v. 265, 92 p., 2019.

SINGH, S. V.; CHATURVEDI, S.; DHYANI, V. C.; DATTA, D. Biochar: An eco-friendly residue management approach. **Indian Farming**, v. 69, n. 8, p. 27-29, 2019.

SILVA, W. R. **Estudo cinético do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos vegetais**. 2009. 159 f. Tese (Doutorado em Química). Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa-PB, 2009a.

SILVA, F. C. **Manual de Análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília-DF: Embrapa, 2ª ed., 2009b. 627 p.

SILVA, C. A.; BOROSKY, J. C.; BRIDI, A. M.; ROCHA, M. A.; SILVA, R. A. M. PACHECO, G. D. Avaliação do desempenho, da produção de fezes e da digestibilidade de nutrientes em suínos de diferentes grupos genéticos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 33, n. 2, p. 3315-3322, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33Supl2p3315

SILVA, M. I.; BORTOLI, A. L. Modelagem e simulação do processo de formação do biogás. **Proceeding series of Brazilian society of applied and computational mathematics**. São José dos Campos-SP, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2018. DOI: 10.5540/03.2018.006.01.0391

SILVA, M. L. B.; CANTÃO, M. E.; MEZZARI, M. P.; Ma, J.; NOSSA, C. W. Assessment of Bacterial and Archaeal Community Structure in Swine Wastewater Treatment Processes. **Microbial Ecology**, Holanda, v. 86, p. 106-112, 2014.

SOARES, C. M.; FEIDEN, A.; SAQUET, M. A.; ALVES, A. F. Produção de biogás como alternativa energética sustentável: perspectivas de desenvolvimento territorial com autonomia. **Revista Orbis Latina**, Foz do Iguaçu-PR, v. 9, n. 2, p. 102-110, 2019.

SOUZA, M. E. Fatores que influenciam a digestão anaeróbia. **Revista DAE**, v. 44, n. 137, p. 88-94, 1984.

SOUZA, C. S.; FERNANDES, N. A. T.; RIBEIRO, M. T.; LIMA, J. C. F.; CARNEIRO, J. C.; FERNANDES, A. J.; OTENIO, M. H. Análise físico-química de dejetos de bovinos e de efluente de biodigestores no período da primavera e do verão. Congresso internacional do leite (EMBRAPA). **Anais...** 3 p., 2015.

SOUZA, R. O. C. **Vegetarianismo ambiental: estudos das controvérsias na relação entre vegetarianismo e emissões de gases do efeito estufa**. 2019. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo (USP), 2019.

TALLOU, A.; HAOUAS, A.; JAMALI, M. Y.; ATIF, K.; AMIR, S.; AZIZ, F. Review on Cow Manure as Renewable Energy In: Smart Village Technology - Modeling and Optimization in Science and Technologies, Chapter 17, Patnaik et al., Cham (Suíça): Springer ed., v. 17, p. 341-352, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-37794-6

TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal-SP: FUNEP, 1995, 71 p.

TOMIELIS, I. P.; BARCELOS, S. T. V.; CEREDA, M. P. Tempo de retenção hidráulica em vinhaça estabilizada com calcário na fase acidogênica da digestão anaeróbia. **Ciência Rural** [online], Santa Maria-RS, v. 47, n. 9, 7 p., 2017. DOI: 10.1590/0103-8478cr20160957.

TORAL, F. L. B.; SILVA, L. O. C.; MARTINS, E. N.; GONDO, A.; SIMONELLI, S. M. Interação Genótipo x Ambiente em Características de Crescimento de Bovinos do genótipo Nelore no Mato Grosso do Sul. **Revista brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1445-1455, 2004.

VALCKE, D.; VERSTRAETE, W. A Practical method to estimate the acetoclastic methanogenic biomass in anaerobic reactors. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v. 55, n. 9, p. 1191-1195, 1983. URL: www.jstor.org/stable/25042057

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés, Botucatu-SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997. DOI: 10.1590/S0100-4670199700 0100005

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of Lignin and Cellulose in Acid-Detergent Fiber with Permanganate. **Journal of the association of official analytical chemists**, v. 51, n. 4, p. 780-785, 1968.

VELOSO, A. V.; CAMPOS, A. T.; MARIN, D. B.; MATTIOLI, M. C.; NÉRI, A. C. Sustentabilidade ambiental da suinocultura com manejo de dejetos em biodigestor – avaliação de parâmetros físico-químicos. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 322-333, 2018.

VERA-HERRERA, I.; ORTEGA-CERRILLA, M. E.; HERRERA-HARO, J. G.; HUERTA-JIMÉNEZ, M. Bienestar em ovinos y su evaluación. **Agro productividad**, v. 12, n. 9, p. 67-72, 2019. DOI: 10.32854/agrop.v12i9.1389

VIANA, J. G. A.; SILVEIRA, V. C. P. Análise econômica da ovinocultura: estudo de caso na Metade Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria- RS, v. 39, n. 4, p. 1187-1192, 2009.

VIEIRA, D. S.; QUEIROZ, M. A. A.; MACHADO, N. S.; SILVA, B. G.; SILVA, J. G.; ARAUJO, G. G. L. Biogás de fezes de caprinos e ovinos alimentados com silagem de *Atriplex*. VII Congresso nordestino de produção animal. **Anais...** Maceió- AL, 3 p., 2012.

VILAR, J. B. B.; SANTOS V. S.; DUARTE, A. E.; SANAVRIA A. Eficiência de um filtro de remediação (TEVAP) na remoção de poluentes em efluentes suínos. **Vigilância Sanitária Debate**, v. 7, n. 2, p. 94-101, 2019. DOI: 10.22239/2317-269x.01226

WAHYUDI, A.; HENDRANINGSIH, L.; MALIK, A. Potency of fibrolytic bacteria isolated from Indonesian sheep's colon as inoculums for biogas and methane production. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 20, p. 2994-2999, 2010.

WAHYUNI, S; SUTJAHJO, S. H.; PURWANTO, Y. A.; FUAH, A. M.; KURNIAWAN, R. Application of small digester biogas for energy supply in rural areas. IOP Conf. Series: **Earth and Environmental Science**, n. 141, 2018. DOI: 10.1088/1755-1315/141/1/012035

WANG, X.; YANG, G.; FENG, Y. Optmization feeding composition and carbon-nitrogen ratios for improved Methane yield during anaerobic codigestion of dairy, chicken manure and wheat straw. **Bioresource Technologyn**, v. 120, p. 78-83, 2012.

WANG, X.; LU, X.; LI, F., YANG, G. Effects of temperature and carbon-nitrogen (C/N) ratio on the performance of anaerobic co-digestion of dairy manure, chicken manure and rice straw: focusing on ammonia inhibition. **Plos one**, v. 9, n. 5, p. 1-7, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0097265

YANG, S.T.; GUO, M. Kinetics methanogenesis from whey permeate in packed bed immobilized cell bioreactor. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 6, p. 427-436, 1990.

YANG, Q.; LUO, K.; LI, X. M. WANG, D. B.; ZENG, W. ZENG, G. M.; LIU, J. J. Enhanced efficiency of biological excess sludge hydrolysis under anaerobic digestion by additional enzymes. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 2924-2930, 2010. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.11.012

ZÁBRANSKÁ, J.; DOHÁNYOS, M.; GRAU, P. Direct measurement of the hydrogenase activity of anaerobic microorganisms. **Water Science Technology**, v. 17, n. 1, p. 303-306, 1985. DOI: 10.2166/wst.1985.0025

ZHANG, T.; LIU, L.; SONG, Z.; REN, G.; FENG, Y.; HAN, X.; YANG, G. Biogas production by co-digestion of goat manure with three crop residues. **Plos One**, v. 8, n. 6, p. 1-7, 2013.

CAPÍTULO 2

Este capítulo seguiu as normas de artigo científico da revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, SP, conforme Anexo 1.

INFLUÊNCIA DO GENÓTIPO E FONTES DE VOLUMOSOS NA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE CORDEIROS

Doi: <http://dx.doi.org/x/x-x-Eng.Agric.vxnpx-x/202x>

INFLUÊNCIA DO GENÓTIPO E FONTES DE VOLUMOSOS NA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE CORDEIROS ¹

Thiago M. R. Cunha², Tânia M. B. Santos^{3*}, Jonas S. Correa⁴

¹Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PGZOO), Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS/UUA), Brasil.

²Discente do Programa PGZOO, UEMS/UUA. E-mail: thiago_zoo@hotmail.com

^{3*}Autor correspondente. Prof. Dr(a) UEMS/UUA. E-mail: tania_uems@yahoo.com.br | ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4900-4833>

⁴Prof. Dr. Universidade Estácio de Sá, Campo Grande/MS, Brasil

PALAVRAS-CHAVE

cordeiros; digestão anaeróbia; metano; reator anaeróbio

RESUMO

Avaliaram-se a atividade metanogênica específica (AME) e a produção de gás metano (CH₄) de dejetos de dois grupos genéticos de cordeiros [Santa Inês (SNT) e Pantaneira (PAN)], confinadas com dois volumosos [feno de Tifton-85 (FEN) e silagem de milho (SIL)], em esquema fatorial 2 x 2 (dois genótipos com duas dietas) em processo de digestão anaeróbia (DA) tipo batelada. Para o ensaio de DA, os respectivos dejetos foram diluídos em 6% de ST. Foram utilizados 24 reatores experimentais de bancada, tipo batelada, mantidos em condições mesofílicas. Os parâmetros analisados não ocasionaram interferência sobre a AME e a produção de CH₄. Todos os parâmetros analisados no biofertilizante demonstraram estabilidade do processo de DA e dentro do ideal de acordo com a legislação ambiental. Os genótipos influenciaram apenas nas concentrações de alguns minerais, enquanto que os volumosos influenciaram nas concentrações destes e também na metanogênese.

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira se destaca como uma das maiores do planeta, sendo um ícone na exportação de matérias primas e produção de diversos alimentos de origem animal e vegetal. Assim, vários modelos são inerentes à sua produção, como o latifúndio e a produção agrícola familiar – que tende a ser mais eficiente, produzindo mais alimentos em menor área agricultável. Sendo assim, a agricultura familiar se destaca pela seleção de raças mais resistentes e pelo aproveitamento dos dejetos gerados nas unidades de produção animal em prol da produção orgânica.

A produção de ovinos permite gerar renda e emprego através da comercialização *in loco* de produtos básicos para subsistência – como carne, leite, lã e peles – em áreas inacessíveis à agricultura

moderna, sendo uma atividade totalmente cabível à agricultura familiar (Ribeiro et al., 2017). Áreas exíguas, montanhosas ou pantanosas podem ser destinadas à ovinocultura (Souza et al., 2008).

Os genótipos estão distribuídos geograficamente de acordo com a sua adaptação física aos fatores climáticos. Genótipos nacionais ou locais são localizados em regiões menos desenvolvidas, como no caso do Pantanal que suscitou a raça Pantaneira, enquanto que no semi-árido nordestino houve o nascimento da raça Santa Inês. Há muitos genótipos que ainda são muito pouco conhecidos devido a crescente propaganda das associações promotoras de grupos genéticos exóticos, que é comercializada mais facilmente devido ao fenótipo mais atrativo, suprimindo assim o interesse por animais autóctones (McMannus et al., 2014). Assim, vários são os genótipos existentes, sendo os grupos genéticos locais pouco explorados.

De acordo com a ARCO (2020), há 27 raças registradas no Brasil, sendo o genótipo Santa Inês, o mais popular em todo o país, selecionado e registrado há mais de 50 anos. Já recentemente, o grupo genético conhecido por Pantaneira, desenvolvida no Mato Grosso do Sul, bastante conhecido pela sua rusticidade, foi constituído do grupamento genético dos bordaleiros portugueses, trazidos como víveres pelos desbravadores ibéricos durante o Brasil Colônia, e mantido isolado na maior planície alagável do mundo, o Pantanal (Vargas Júnior et al., 2011). Desta forma, torna-se dificultoso o serviço de registro genealógico ovino nestas áreas, bem como oneroso, mas que é tangível a utilização de genótipos autóctones, que são mais resilientes, e que ainda não são registradas em maior proporção àquelas exóticas, que localizam-se nas proximidades dos grandes centros urbanos, com mais acessibilidade ao arraçamento e comercialização (McMannus et al., 2014).

Para Ribeiro et al. (2017), a seleção dos genótipos mais resistentes ao parasitismo pode favorecer um agroecossistema racional e sustentável, a qual são características peculiares à agricultura familiar. O aproveitamento dos dejetos destes animais é de condição imprescindível à produção do biofertilizante à agricultura orgânica (Ruella & Portilho, 2020). O biogás produzido através da digestão anaeróbia pode ser um diferencial para estas propriedades, que podem encontrar-se em ambientes desprovidos de eletricidade e distantes dos grandes centros. A exploração do

processo de digestão anaeróbia (DA) é vantajosa por não utilizar energia elétrica e por produzir biogás a ser canalizado para cocção, aquecimento de caldeiras ou de instalações rurais; a qual pode também ser convertido em eletricidade através da utilização de motores-geradores de ciclo Otto (Oliveira et al., 2019).

As fontes renováveis de energia são uma nova tendência apontada como a principal premissa em substituição aos combustíveis fósseis, já que estes poluem muito devido ao aumento das concentrações de gases do efeito estufa, além de serem finitos no planeta (Dupont et al., 2015). Fontes renováveis renovam-se espontaneamente ou artificialmente e são consideradas limpas por não lançarem poluentes na atmosfera. De acordo com Segala et al. (2017), a poluição das águas naturais deve-se principalmente ao despejo de efluentes contendo compostos orgânicos sintéticos não degradáveis como defensivos químicos, detergentes e minerais; o que ocasiona excesso de nutrientes, sólidos em suspensão e toxicidade ao meio ambiente.

Os macro e microminerais são importantes para os solos e o desenvolvimento das forragens, no entanto, altas concentrações destes elementos podem inibir o processo de DA e contaminar solos, forragens e recursos hídricos; estes elementos podem até mesmo ser indicadores de algumas enfermidades nos animais quando ingeridos em excesso (Souza, 1984). Desta forma se faz jus optar dentre as várias formas de verificar a eficiência da DA no que tange à produção de gás metano (CH_4) e a qualidade do biofertilizante nas unidades de produção de proteína de origem animal e vegetal; uma delas é o acompanhamento do processo anaeróbio pela atividade metanogênica específica (AME), pois é um teste de baixo custo, que não necessita da adição de inóculos ou ácidos, e utiliza parâmetros já pré-existentes (Aquino et al., 2007). Embora não visível, a desuniformidade dos substratos pode existir dependendo do genótipo ou da dieta fornecida aos animais, dentre outros fatores, como tempo de retenção hidráulica, categoria e espécie animal, idade ou estações do ano (Orrico Júnior et al., 2011).

Assim, a presente pesquisa objetivou investigar os efeitos de genótipo e as fontes de volumosos no processo de DA e no biofertilizante, através da mensuração de alguns parâmetros físico-químico como a AME, CH₄ e concentração de minerais.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Centro Demonstrativo de Práticas Zootécnicas (CDPZ) de Ovinocultura e no Laboratório de Resíduos de Origem Animal (LROA) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS/UUA), localizados nas coordenadas 20° 27' S e 55° 40' O e altitude de 167 metros, como ilustrado na Figura 2.

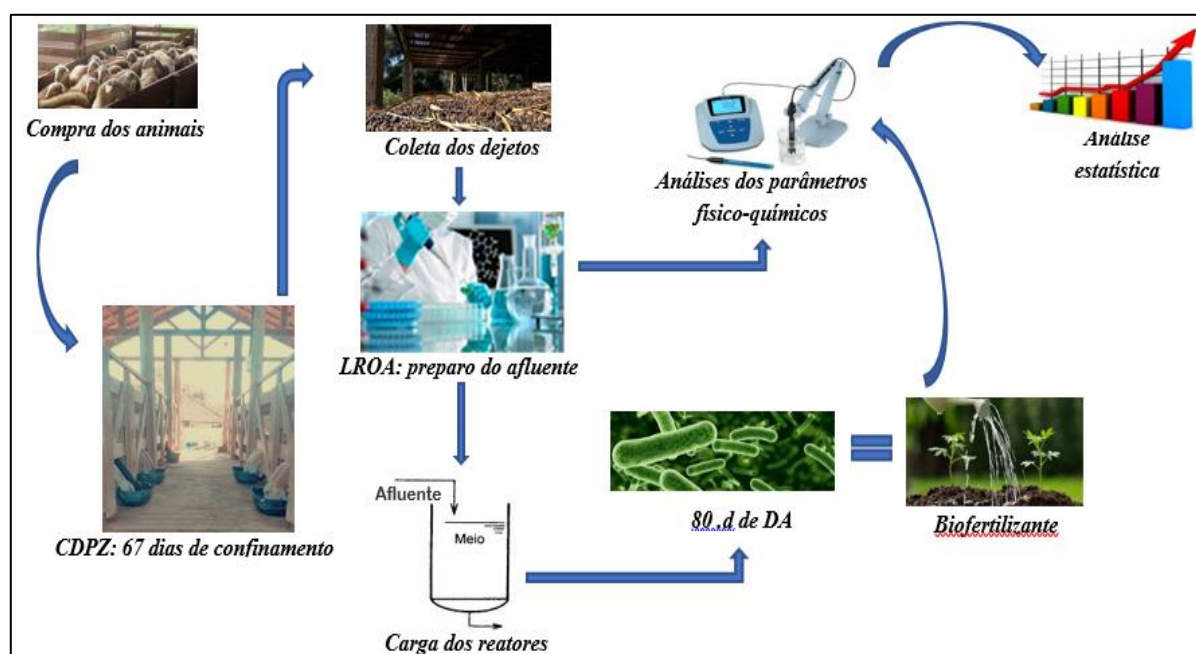


FIGURA 2. Etapas realizadas para obtenção dos dados pertinentes ao biogás e biofertilizante.

Os cordeiros foram adquiridos de propriedades reconhecidas pela Associação Brasileira de Criadores de Ovinos (ARCO), localizadas no ecótono Cerrado-Pantanal, com peso médio inicial de 22 kg e idade de 6 meses, totalizando 24 cordeiros, sendo 12 de cada genótipo, estabulados em aprisco construído no sentido norte-sul com 12 baias de 6m².

Os dados de AME e CH₄ obedeceram ao esquema fatorial 2 x 2, sendo dois genótipos [Santa Inês (SNT) e Pantaneira (PAN)], alimentadas com dois volumosos [feno de Tifton-85 (FEN) e silagem de milho (SIL)]. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, lotando 2 animais de cada

genótipo por baia. Os volumosos (FEN ou SIL) foram sorteados dentre as baias, de forma que cada genótipo tivesse três repetições para cada volumoso (Tabela 1).

TABELA 1. Composição química dos alimentos ofertados aos animais.

	Concentrado ¹	Feno de Tifton-85 ²	Silagem de milho ²	unidade de medida com base na MS
MS	88,00	61,27	30,60	%
MO	75,60	93,56	26,50	%
CINZAS	12,40	6,44	4,10	%
PB	20,00	18,79	7,60	%
EE	2,40	3,15	2,00	%
FB	3,27	-	23,90	%
FDN	-	72,96	50,70	%
FDA	5,14	29,94	28,60	%
Lignina	-	3,53	2,40	%
NDT	70,00	78,37	66,70	%
Fósforo (mín.)	5000,00	-	-	mg kg ⁻¹
Cálcio (mín.)	25,00	-	-	g kg ⁻¹
Cálcio (máx.)	31,00	-	-	g kg ⁻¹
pH	-	6,09	3,90	-

Fonte: Fornecida pelos fabricantes, sendo 1 = Servsal®; e, 2 = Silozam® (Safrá de 2019).

O manejo sanitário seguiu habitualmente o protocolo do CDPZ. Os cordeiros ao início do experimento foram todos castrados, medicados com penicilina, vacinados e vermifugados. A dieta foi fornecida duas vezes ao dia, utilizando um único concentrado e um dos volumosos de acordo com seu respectivo sorteio, na proporção 50:50, atendendo as exigências para crescimento/engorda, segundo NRC (1985), ajustado para um ganho médio diário de 200 g, com correção para 10% de sobras. Esta pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (CEUA/UEMS), protocolo nº 014/2019.

Os dejetos foram colhidos ao final do confinamento, aos 62 dias. Utilizou-se uma película plástica de policloreto de vinila (PVC), instalada abaixo do aprisco de cada baia, de forma que não houvesse contato com o solo. Coletou-se uma porção representativa do acumulado embaixo de cada baia, identificando-os com seus respectivos tratamentos e levados em caixa térmica até o laboratório

a fim de se iniciar o preparo do afluente; onde, uma fração fora refrigerada e armazenada para posteriores análises físico-químicas, e outra, utilizou-se para o ensaio de DA.

O ensaio de DA foi realizado em duplicata em ambiente controlado (30° C), utilizando-se 24 bolsas plastificadas, flexíveis, transparentes e atóxicas; com volume máximo de 300 mL. Cada bolsa plástica era provida com válvula de entrada e saída, tubo de transferência, válvula reguladora e agulha de transferência. As bolsas foram utilizadas como reatores anaeróbios experimentais com operação em batelada (Figura 3).

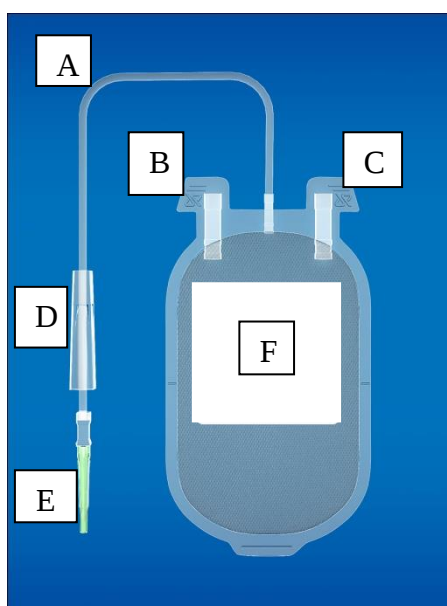


FIGURA 3. Reator anaeróbio experimental com suas respectivas funções: A) tubo de transferência; B) válvula de entrada; C) válvula de saída; D) válvula reguladora; E) agulha de transferência; e, F) recipiente.

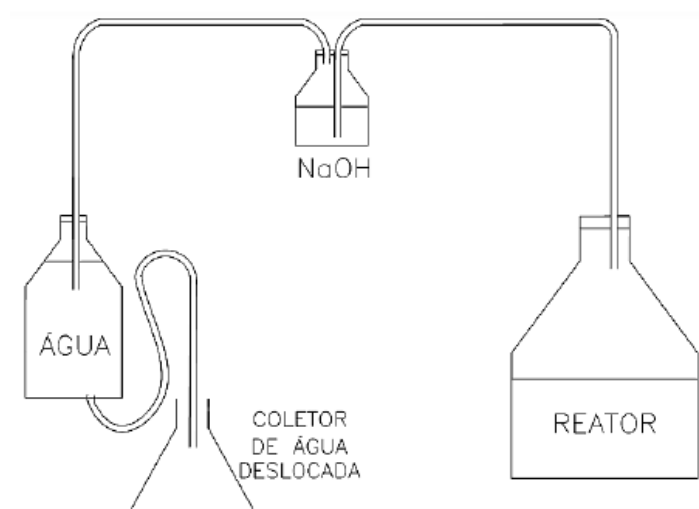
Para o preparo do afluente, baseou-se na relação massa:volume, do método modificado de Aquino et al. (2007), utilizando 6% de ST. Os dejetos foram misturados à água e homogeneizados em liquidificador por alguns instantes. Após o preparo do afluente, coletou-se uma porção de 50 mL para a caracterização dos dejetos (Tabela 2). Para a carga dos reatores, foi utilizado 200 mL de afluente para cada reator, permitindo um *headspace* de 100 mL.

TABELA 2. Caracterização físico-química dos afluentes dos reatores anaeróbios operados com dejetos de ovinos de dois grupos genéticos, alimentados com dois volumosos.

Variáveis	Fatores			
	Santa Inês	Pantaneira	Feno	Silagem
ST (%)	6,91 ± 0,64	7,38 ± 0,40	7,04 ± 0,36	7,25 ± 0,51
SV (%)	73,61 ± 3,76	71,21 ± 3,75	72,39 ± 2,64	72,07 ± 4,95
COT (mg.L ⁻¹)	2968,78 ± 207,84	3320,17 ± 378,06	3019,14 ± 258,06	3269,81 ± 394,86
NT (%)	2,66 ± 0,19	2,80 ± 0,28	2,82 ± 0,23	2,64 ± 0,23
NH ₃ (mg.L ⁻¹)	173,83 ± 21,53	161,67 ± 14,72	160,5 ± 11,52	175,00 ± 22,58
PT (%)	1,73 ± 0,14	1,87 ± 0,13	1,73 ± 0,11	1,86 ± 0,16
DQO (mg.L ⁻¹)	8638,33 ± 328,98	8620 ± 650,86	8613,33 ± 369,36	8645 ± 598,46
pH (mol.L ⁻¹)	8,08 ± 0,05	8,05 ± 0,03	8,08 ± 0,05	8,05 ± 0,03
AT (mg.L ⁻¹)	5400,00 ± 262,68	5566,67 ± 235,94	5500,00 ± 336,15	5466,67 ± 166,33
AI (mg.L ⁻¹)	2606,67 ± 149,49	2715,00 ± 162,45	2696,67 ± 157,18	2625,00 ± 167,30
AP (mg.L ⁻¹)	2793,33 ± 251,69	2851,67 ± 303,41	2803,33 ± 264,02	2841,67 ± 294,71
AI:AP (mg.L ⁻¹)	0,94 ± 0,12	0,97 ± 0,16	0,97 ± 0,10	0,94 ± 0,17
CE (mg.L ⁻¹)	1226,05 ± 89,56	1295,35 ± 46,67	1267,47 ± 101,16	1253,93 ± 52,33

Legenda: ST = sólidos totais; SV = sólidos voláteis; COT = carbono orgânico total; NT = nitrogênio total; NH₃ = amônia; PT = fósforo total; DQO = demanda química de oxigênio; pH = potencial de hidrogênio; AT = alcalinidade total; AI = alcalinidade intermediária; AP = alcalinidade parcial; AI:AP = relação alcalinidade intermediária:parcial; CE = condutividade elétrica.

O mecanismo de leitura do gás purificado (Figura 4) foi realizado pelo método adaptado de Aquino et al. (2007) a fim de se fazer a retirada de CO₂, H₂S e outros gases, quantificando por volume de líquido deslocado apenas o gás CH₄, e obtendo-se seu volume em cada etapa. O acoplamento do reator ao aparato permitiu uma reação do biogás com uma solução alcalina de hidróxido de sódio (NaOH) de 13 M, realizando sua purificação e obtendo-se apenas o CH₄.

FIGURA 4. Aparato experimental para lavagem do biogás em hidróxido de sódio (NaOH) e leitura do volume de metano (CH₄) produzido por líquido deslocado (Nascimento & Ferreira, 2020).

Para as análises físico-químicas de afluente e efluente, retirou-se uma porção de 60 mL de cada repetição. Essas amostras foram refrigeradas e transportadas ao laboratório, onde foram processadas de acordo com a metodologia APHA (2017), descrita na Tabela 3, sendo o nitrogênio Kjeldahl e o fósforo total convertidos para percentagem. Para a AME, foi realizado o cálculo proposto por Aquino et al. (2007).

TABELA 3. Metodologias adotadas para as análises dos parâmetros físico-químicos.

Análise	Unidade	Metodologia
Sólidos Dissolvidos Totais	mg.L ⁻¹	SMWW 2540 C
pH	mol.L ⁻¹	SMWW 4500-H+ B
Alcalinidade Total	mg.L ⁻¹	SMWW 2320 B
Condutividade elétrica	mg.L ⁻¹	SMWW 2510 B
COT	mg.L ⁻¹	SMWW 5320 –O
Nitrogênio Kjeldahl	%	SMWW 4500 N C
Nitrogênio Amoniacal	mg.L ⁻¹	SMWW 4500-NH3 B e C
Fósforo Total	%	SMWW 4550-P B e D
DQO	mg.L ⁻¹	SMWW 5220 D
Minerais	mg.kg ⁻¹	SMWW 3030 e 3111 B

Fonte: APHA (2017)

Todos os dados foram avaliados quanto à sua normalidade pelo teste Shapiro-Wilk e sua homogeneidade, pelo teste Bartlett. Quando sua normalidade não foi encontrada, os dados foram transformados para raiz cúbica.

Após avaliação, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As variáveis foram analisadas em esquema fatorial duplo 2 x 2, sendo dois genótipos (SNT e PAN) e dois volumosos (FEN e SIL).

Quando o teste de variância foi significativo, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Todos os testes foram realizados por meio do programa estatístico “R”, versão 3.4.3, pacote ExpDes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística de AME e CH₄ revelaram interação dupla entre volumoso e tempo de DA, enquanto que não houve efeito significativo ($p>0,05$) para genótipos (Tabela 4). Os resultados de desdobramento das interações estão apresentados nas figuras 5 e 6, respectivamente.

TABELA 4. Valores da Atividade Metanogênica Específica (AME) e produção de metano (CH₄) de dejetos de dois genótipos alimentados com diferentes volumosos.

		Variáveis	
		AME (g.DQO.gSV ⁻¹ .d ⁻¹)	CH ₄ (cm ³)
Fatores	Genótipo		
	Santa Inês	1,92	163,00
	Pantaneira	1,56	126,25
	Volumoso		
	Feno	1,39	98,33
	Silagem	2,09	190,92
Valor de p			
Genótipo		0,2254	0,5858
Volumoso		0,0035*	0,2196
Interação genótipo:volumoso		0,3279	0,4395
CV (%)		151,02	2,84

Médias seguidas de letras minúsculas “a” e “b” representam diferença entre si ao nível de 5% de significância. Valores de probabilidade seguidos de asterisco (*) indicam $p<0,05$.

A AME reduziu-se em 87,3% ao longo do período de DA, entretanto, a redução foi dependente do tipo de alimentação. Os valores de AME do presente estudo encontraram-se mais altos àqueles obtidos por Garcia et al. (2020) ao utilizarem vinhaça de cana como substrato ($0,58\pm0,01$ g.DQO.gSV⁻¹.d⁻¹); e por Longaretti et al. (2019), quando se utilizaram lodos anaeróbios de indústrias de cervejarias e grãos ($0,35$ e $0,27$ g.DQO.gSV⁻¹.d⁻¹, respectivamente). Comparando a dejetos de outros ruminantes, Rico et al. (2014) constataram $0,85$ g.DQO.gSV⁻¹.d⁻¹ em codigestão de dejetos de bovinos leiteiros com resíduos de laticínios em 2,2 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH).

Em uma pesquisa utilizando dejetos de ovinos em reatores tipo batelada, Beily et al. (2019) encontraram valores de AME mais reduzidos, $0,12$ g.DQO.gSV⁻¹.d⁻¹ em 40 dias de TRH. De acordo com Monteggia (1997), a faixa ótima para a atividade dos microrganismos metanogênicos

acetoclásticos é de 2 a 5 g.DQO.gSV⁻¹.d⁻¹ até os 60 dias de TRH, valores pouco superiores aos atuais que, possivelmente, se deve à adição de ácidos em lodos anaeróbios.

Os valores de AME dependem da melhor produção de sólidos voláteis (SV) ou do volume de CH₄; e, menos TRH. Para Kunz et al. (2019), a maior produtividade de CH₄ está diretamente relacionada à qualidade dos substratos orgânicos utilizados. Logo, maiores teores de energia e proteína na dieta irão corroborar positivamente em melhor substrato e, conseqüentemente, no processo de DA. Para Lins et al. (2017), a carga orgânica volumétrica está diretamente relacionada com a produção de sólidos, no entanto, a alta diluição dos dejetos ou a adição súbita de mais carga, pode interferir na eficiência do processo de DA, possivelmente, pela alta concentração de amônia livre.

Os resultados apontam que dejetos de ovinos que se alimentaram do volumoso FEN, com maiores teores de PB e NDT em sua dieta (Tabela 1), apresentaram menor produção de CH₄ (p>0,05) do que a SIL. Talvez o maior teor de fibra (FDN, FDA e lignina) contido no FEN possa influenciar em diferentes dinâmicas de degradação devido à grande complexidade das cadeias químicas dos fenóis, produzindo assim menor teor de sólidos, conseqüentemente de CH₄, informações que vão ao encontro de Ozbayram et al. (2018).

Uma pesquisa conduzida por Ribeiro et al. (2020), utilizando cordeiros confinados com níveis crescentes de FDN na dieta, observou efeito quadrático para o consumo. O incremento nos níveis de FDN na dieta ocasionou aumento linear no consumo de FDN e FDA, enquanto se reduziu linearmente o consumo dos demais nutrientes e o desempenho dos animais. Os mesmos autores sugerem também um nível de até 34% de FDN para melhor desempenho e conversão alimentar dos animais.

De acordo com Ferreira et al. (2013), a forma física do alimento pode interferir na apreensão dos alimentos e, conseqüentemente, no balanço nutricional dos animais, o que leva a afetar a caracterização dos dejetos. O FEN é um volumoso desidratado, ceifado na base das forragens e prensado ao sol, enquanto que a SIL é um volumoso fermentado. Sua forma física triturada permite

maior superfície de contato ao ataque microbiano, disponibilizando o conteúdo celular de forma mais rápida na DA.

As reduções dos sólidos, COT, NT, C:N e DQO são apresentados na tabela 5. O genótipo PAN apresentou substratos com maiores teores de SF do que de animais do genótipo SNT (superioridade de 10%), bem como os substratos de animais que se alimentaram de SIL e que alcançaram maiores teores do que os animais alimentados com FEN (superioridade de 8,7%).

TABELA 5. Reduções dos teores médios de sólidos totais (ST), fixos (SF), voláteis (SV), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono:nitrogênio (C:N) e demanda química de oxigênio (DQO), pertinente a digestão anaeróbia (DA) de dejetos de dois genótipos alimentados com dois volumosos.

		ST (%)	SF (%)	SV (%)	COT (mg.L ⁻¹)	NT (%)	C:N (%)	DQO (mg.L ⁻¹)
Genótipo	Santa Inês	42,27	8,68	55,03	547,07	0,11	-1,13	1558,33
	Pantaneira	44,00	8,00	57,85	677,70	0,14	-0,38	1891,67
Volumoso	Feno	42,30	8,69	55,17	691,47	0,19	-0,58	1775,00
	Silagem	44,00	8,00	58,15	454,22	0,00	-1,11	1625,00
Valor de p								
CV (%)		39,92	105,75	66,03	0,09	75,06	14,19	0,03

Em um estudo conduzido por Silva et al. (2012), foi observada uma diferença de raças ($p < 0,05$) relacionada à digestibilidade dos alimentos. Animais melhorados geneticamente por meio de seleção e cruzamento para determinado propósito podem promover melhor desempenho em um determinado sistema de produção.

Andrade et al. (2016a), avaliando a inclusão de 10% de manipueira ao dejetos misto de duas raças ovinas [SNT e sem raça definida (SRD)] proveniente de regime rotacionado de pastagem *Panicum maximum* cultivar (cv.) Massai, durante a estação chuvosa, com suplementação mineralizada, em reatores semicontínuos, com diluição de 4% de ST em 30 dias de TRH, encontraram teores médios de SV de 76,49% no afluente, enquanto que, nesta pesquisa, foram encontrados 72,32%. Andrade et al. (2016b), utilizando os mesmos dejetos em um ensaio de pré-tratamento

químico com inclusão de 0,25% de NaOH e de CaO diluídos a 7% de ST em 62 dias de TRH, encontraram máxima redução de SV, 52,81%.

Orrico Junior & Orrico (2015), trabalhando com dejetos de ovinos inteiros (não castrados) do genótipo PAN confinados com FEN e concentrado na relação de 40:60, diluídos a 4,5% de ST, encontraram valor de probabilidade (p) de 0,041 para SV e teor médio de 89% no afluente. Os resultados foram maiores que os atuais, devido provavelmente à adição com níveis crescentes de glicerina, de efeito linear para biogás e polinomial para produção de CH₄ – a adição de mais glicerina pode promover mais AOV, refletindo em maiores concentrações de NH₃ e íons H⁺ e na eficiência do processo. Os prévios autores ressaltaram que dietas com mais concentrado interferiram na melhor produção de biogás.

Liu et al. (2015), ao avaliarem os afluentes da caprinocultura em codigestão com palhadas de trigo e uso de aditivos, encontraram valores maiores, 90.85±1.14% de SV. Andrade et al. (2018), adicionando 5% de calcário dolomítico aos dejetos de vacas lactantes do genótipo PAN mantidas em sistema extensivo de pastagens de crescimento cespitoso, *Panicum maximum* cv. Mombaça, diluído em 5% de ST em 120 dias de TRH, encontraram redução de 50,69% de SV.

Para Xavier et al. (2009), o teor de SV dos afluentes da bovinocultura leiteira é o que mais se assemelha com os da ovinocultura, nos quais se encontraram com médias de 80% e pH próximo ao neutro, demonstrando equilíbrio e eficiência do reator. A alta quantidade de matéria orgânica sendo convertida em gases na forma de SV não prejudica o pH, uma vez que o excesso de AOVs pode vir a causar acidificação e inibição do processo de DA.

O COT é a subtração do CT pelo CI e representa o teor de matéria orgânica de um substrato. Segundo Fonseca et al. (2006), o COT é um outro tipo de determinação além do teor de ST, no entanto, é mais onerosa e menos difundida na literatura. Para Guarino et al. (2016), o COT é essencial para uma C:N e sua principal fonte é a glicose (C₆H₁₂O₆) presente nos substratos. Todo CI é convertido em CO₂ durante o processo de DA. Logo, maiores concentrações de CI no efluente indicam o correto funcionamento do processo.

Observou-se que o genótipo PAN apresentou maiores teores de NT em relação à SNT somente quando alimentados com FEN. A relação C:N e a DQO revelaram que, quando os animais foram alimentados com FEN, o genótipo SNT foi superior a PAN, enquanto que, ao serem alimentados com SIL, o efeito foi inverso e o genótipo PAN foi superior a SNT (Tabela 7).

Lopes et al. (2011) trabalhando com estocagem de dejetos de borregas do genótipo SNT confinadas com volumoso *in natura* mais concentrado, encontraram valores de DQO na massa de dejetos de 476 e 163,1 g.O₂.kg⁻¹ para 0 e 80 dias, respectivamente. A DQO representa o próprio consumo do COT contabilizado pela procura de O₂ para sua oxidação (Kunz et al., 2019).

Para Ferreira (2020), valores de pH abaixo de 6,0 ou acima de 8,0 podem interferir na produção de SV logo na AME, pois, o principal composto a ser formado seria o CO₂, gás menos inflamável que o CH₄. Morais et al. (2020) ressaltam que a acidez ainda favorece a corrosividade e a agressividade nas instalações hidráulicas, o que pode vir a explicar a ocorrência de microminerais; e que a mensuração dos demais parâmetros pode vir a corroborar a investigação do processo de DA.

Os dados da análise estatística dos parâmetros físico-químicos e ocorrência dos minerais no biofertilizante do presente estudo encontram-se na tabela 6 e 7, respectivamente. Somente a AP não apresentou efeito significativo para nenhum dos fatores estudados.

TABELA 6. Parâmetros físico-químicos do biofertilizante de dois genótipos alimentados com dois volumosos.

Fatores		Variáveis						
		pH (mol.L ⁻¹)	AT (mg.L ⁻¹)	AI (mg.L ⁻¹)	AP (mg.L ⁻¹)	AI:AP (mg.L ⁻¹)	NH ₃ (mg.L ⁻¹)	CE (mg.L ⁻¹)
Genótipo	Santa Inês (SNT)	7,61	6401,67	3661,67	2740,00	1,35	236,92	1460,11
	Pantaneira (PAN)	7,61	6603,33	3840,00	2763,33	1,41	232,50	1506,26
Volumoso	Feno (FEN)	7,61	6519,17	3790,00	2729,17	1,40	220,25 ^b	1472,98
	Silagem (SIL)	7,60	6485,83	3711,67	2774,17	1,36	249,17 ^a	1493,38
		Valor de p						
Genótipo		0,8572	0,0704	0,0607	0,8014	0,3093	0,7269	0,2739
Volumoso		0,3511	0,3206	0,1177	0,671	0,2455	0,0196*	0,8977
Interação genótipo:volumoso		0,1317	0,5828	0,498	0,2083	0,1802	0,8048	0,335
CV (%)		29,38	0,03	0,08	0,08	161,86	1,21	0,2

Legenda: Médias seguidas de letras minúsculas “a” e “b” representam diferença entre si ao nível de 5% de significância. Valores de probabilidade seguidos de asterisco (*) indicam p<0,05.

O pH, AT, AI, AI:AP e CE apresentaram efeito significativo para DA. O pH foi superior no afluente, enquanto que as outras variáveis foram superiores no efluente. Dessa forma, o processo de DA provocou a diminuição do pH e a elevação das alcalinidades e condutividade elétrica (CE) do substrato.

O pH dos substratos avaliados manteve-se dentro da faixa ótima de estabilidade: 8,1 no afluente e 7,2 no efluente. Esses resultados condizem com aqueles citados por Massoti (2002), que sugere valores próximos à neutralidade. Amaral et al. (2016) reiteram que os AOVs produzidos durante a DA tendem a reduzir esse pH, o que deve ser combatido pela atividade das arqueas metanogênicas, que também produzem alcalinidade na forma de CO_2 , COT, NH_3 e HCO_3^- , esse fato pode explicar algumas variações entre afluente e efluente.

Mostafa Imeni et al. (2019), trabalhando com dejetos de ovinos, diluído em 4% de ST, encontraram pH de 7,7 no afluente. Andrade et al. (2013), trabalhando com o mesmo substrato em reatores contínuos com diluição de 4% de ST e 30 dias de TRH, encontraram dados similares ao presente estudo: pH de 8,65 no afluente e 7,30 no efluente; AT e AP de 2.886 e 3.759 mg.L^{-1} no afluente, e, 5.336 e 7.065 mg.L^{-1} no efluente, respectivamente.

Foram observados valores altos de AP no presente estudo, no entanto, Grady et al. (2011) salientam que isso é aceitável em casos práticos nos quais se obtenham valores entre 2.500 e 5.000 mg.L^{-1} para um adequado poder tampão do sistema. Pereira et al. (2009) também encontraram alcalinidade total acima do recomendado sem prejuízo do processo de DA e orientam que faz parte do processo uma variação entre afluente e efluente, dependendo do tipo do reator ou substrato em uso, e que, ela mesma pode estar colaborando com a produção de CH_4 .

Kunz et al. (2019) salientam que valores entre 0,3 a 0,4 mg.L^{-1} de AI:AP no efluente podem indicar sobrecarga do reator em termos práticos. Pereira et al. (2010) obtiveram média dessa relação de 1,7 mg.L^{-1} sem prejudicar o processo. Ademais, eles sugerem o monitoramento, pois, ao se promover alcalinidade pela formação de compostos como bicarbonatos, ácidos orgânicos, carbonatos

ou hidróxidos, requer-se para as reações químicas o uso de hidrocarbonetos, carbono, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, entre outros.

Considera-se normal o aumento da CE durante o tempo de DA, devido à formação de mais íons durante o processo de mineralização, petrificação ou permineralização – quando uma substância orgânica se converte em inorgânica (Carmo & Silva, 2012). Assim, a CE acompanha o CI, que é encontrado nos compostos simples formados durante a DA, principalmente, CO_2 ; em seguida ácido carbônico (H_2CO_3), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}); e, em menor extensão, íons metálicos. Essas hipóteses vão ao encontro de Matter et al. (2017), que encontraram valores de CE ainda mais baixos dos atuais, quando utilizados dejetos de bovinos no afluente, 828,32 mg.L^{-1} .

A NH_3 apresentou efeitos significativos isolados para os fatores volumoso e DA, nos quais os substratos de animais que se alimentaram de SIL apresentaram maiores concentrações desse composto. Verifica-se também que, no processo de DA, o efluente apresentou maiores teores de NH_3 quando comparado ao afluente, o que é perfeitamente normal no processo pois o N orgânico é consumido formando NH_3 (Barros et al., 2011).

A variável PT apresentou somente efeito isolado de genótipo (Tabela 7). Substratos de dejetos do genótipo PAN resultaram em maiores teores de PT, quando comparados com o genótipo SNT. Efluentes com maiores concentrações de PT indicam que esse elemento pode estar correlacionado com a perda fecal dos animais (Alves et al., 2003).

Dejetos de ovinos do genótipo PAN que apresentaram maiores concentrações de PT levam à suspeita de que os animais tivessem tanto menor superfície de vilosidades no intestino, como menor quantidades de células que poderiam estar metabolizando P na forma de ATP, refletindo-se no desempenho animal. Talvez a condição individual de cada animal interfira na melhor absorção de P, papilas e vilosidades evoluem para melhorar os sítios de absorção; e a hiperplasia só ocorre durante a gestação até as primeiras semanas de vida com ótima oferta de nutrientes. Se isso ocorrer, há maior possibilidade de metabolizar e armazenar nutrientes em células já preexistentes (Junqueira & Carneiro, 2008).

1 TABELA 7. Teores médios de macro e microminerais no biofertilizante de dejetos de dois genótipos alimentados com dois volumosos.

Fatores		Variáveis									
		PT (%)	Cd (mg.kg ⁻¹)	Cr (mg.kg ⁻¹)	Ni (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
Genótipo	Sanat Inês (SNT)	1,70 ^b	0,68	8,52 ^b	5,02 ^b	42,77	81,78	204,88	75,17 ^b	51,17 ^b	18,38
	Pantaneira (PAN)	1,83 ^a	1,23	18,17 ^a	7,23 ^a	43,03	74,52	231,63	89,67 ^a	74,33 ^a	23,25
Volumoso	Feno (FEN)	1,76	0,42	7,32 ^b	4,92 ^b	38,82	75,35 ^b	217,88	76,00	51,33	20,13
	Silagem (SIL)	1,78	1,5	19,37 ^a	7,33 ^a	31,33	80,95 ^a	218,63	88,83	74,17	21,63
Probabilidades											
Genótipo		0,0454*	0,25494	0,020050*	0,01073*	0,044938*	0,05874	0,10278	0,013406*	0,039072*	0,05097
Volumoso		0,6293	0,06595	0,022822*	0,02900*	0,246868	0,03265*	0,96271	0,101650	0,126642	0,57162
Interação genótipo:volumoso		0,9319	0,52967	0,240053	0,39595	0,029407*	0,93378	0,01174*	0,138911	0,212815	0,01589*
CV (%)		137,52	81,06	43,28	18,95	30,18	7,31	12,1	9,64	25,95	21,21

2 Médias seguidas de letras minúsculas “a” e “b” representam diferença entre si ao nível de 5% de significância. Valores de probabilidade seguidos de asterisco (*) indicam p<0,05.

Xavier et al. (2009), trabalhando com dejetos de vacas leiteiras, encontraram valores de NT e PT no efluente semelhantes aos deste estudo, nas médias de 2,6 e 1,7%, respectivamente. Orrico Junior et al. (2010), ao avaliarem dejetos da mesma espécie no efluente, também encontraram teores de NT e PT próximos, 2,04 e 2,08%, enquanto que Orrico et al. (2007), trabalhando com caprinos, encontraram valores mais distantes, 1,39 e 0,62%, respectivamente.

Em um trabalho realizado por Aranha et al. (1994) com 317 bovinos, identificou-se baixíssima concentração de Cd no organismo desses animais – apenas duas amostras do volume total apresentado. Os mesmos autores ainda salientam que tal efeito, possivelmente, ocorrera pelo sistema de criação, em que se permaneceu a pasto e distante das áreas urbanas. Isso talvez explique a presença desse micromineral quando comparado ao presente estudo, em que animais confinados com SIL apresentaram maior quantidade desse elemento em seus dejetos. Mesmo incorrendo de forma indesejada, devido ao risco de toxidez aos animais e humanos, a ocorrência de Cd ainda se enquadra em quantidades permitidas e seguras para seu uso na fertirrigação segundo a legislação vigente, que seria de até 3 mg.L⁻¹ nos solos e abaixo de 5 mg.L⁻¹ em águas subterrâneas (Brasil, 2020).

Foi observada diferença (p<0,05) para o fator genótipo e o fator volumoso na ocorrência de Cr e Ni, em que o raça PAN e o volumoso SIL apresentaram maiores valores. Para Zenatti et al. (2016), a ocorrência de Cr nos dejetos está intimamente relacionada ao concentrado ofertado aos animais, e, consequentemente, nos dejetos. Santos et al. (2015) também relacionam a ocorrência de Ni com a mistura vitamínico-mineral adicionada aos concentrados, cuja dosagem e tempo de aplicação interferem diretamente em sua biodisponibilidade.

De acordo com a resolução do CONAMA (Brasil, 2020), concentrações de Cr e Ni enquadram-se como seguras para o uso agrícola, sendo o valor limítrofe de 150 e 70mg.L⁻¹, respectivamente. Da mesma forma, o Mn também resultou em concentrações seguras para a mesma resolução, abaixo de 400 mg.L⁻¹. A ocorrência do manganês diferiu apenas para o volumoso, sendo os biofertilizantes com SIL em maior proporção.

O Zn e o Ca diferiram apenas para o genótipo, tendo os biofertilizantes do genótipo PAN os maiores teores desses elementos. Embora o Zn e Ca não tenham diferido entre os volumosos, a SIL mostrou maior expressão em todas as variáveis, com exceção da presença do Cu. Para Cu, Fe e Mg, houve interação fatorial dupla (Tabela 8), em que o genótipo depende do volumoso.

TABELA 8. Desdobramento da interação genótipo:volumoso na ocorrência de macro e microminerais no biofertilizante.

Fator	Variáveis					
	Cu (mg.kg ⁻¹)		Fe (mg.kg ⁻¹)		Mg (mg.kg ⁻¹)	
	Feno (FEN)	Silagem (SIL)	Feno (FEN)	Silagem (SIL)	Feno (FEN)	Silagem (SIL)
Santa Inês (SNT)	22,93 ^b	31,30	179,25 ^{bB}	230,50 ^A	13,75 ^{bB}	23,00 ^A
Pantaneira (PAN)	54,70 ^{aA}	31,35 ^B	256,50 ^a	206,75	26,50 ^a	20,25

Médias seguidas de letras minúsculas (“a” e “b”) apresentam diferença entre linhas, enquanto que médias seguidas de letras maiúsculas (“A” e “B”) apresentam diferenças entre as colunas.

Observou-se maior ocorrência ($p < 0,05$) desses elementos sempre nos biofertilizantes com o genótipo PAN, se e somente se, alimentadas com FEN. Para a ocorrência de Fe e Mg, biofertilizantes oriundos do genótipo SNT só demonstraram diferença ($p < 0,05$) quando tratados com SIL. A maioria dos minerais ocorreram em maiores concentrações em biofertilizantes do genótipo PAN, com exceção do Mn. Da mesma forma, a presença desses minerais está fortemente relacionada à dieta fornecida aos ovinos, em que o volumoso fermentado SIL demonstrou maior expressão em concentrações de macro e microelementos essenciais

Kano et al. (2015), trabalhando com biofertilizantes de dejetos de bovinos, encontraram teores mais baixos de Cu e Fe, média de 8,8 e 182,3 mg.kg⁻¹. Matos et al. (2017), avaliando as mesmas variáveis em biofertilizantes de dejetos de bovinos leiteiros do genótipo Girolando, mantidos em sistema orgânico de produção (a pasto e sem suplementação mineral-proteico-energética) e em sistema convencional de produção (dieta com adição de 20% de concentrado), encontraram valores de Cu de 13,83 e 50,03 mg.kg⁻¹ para biofertilizantes oriundos dos sistemas de produção orgânico e convencional, respectivamente. Os mesmos autores ainda encontraram níveis mais altos de Fe,

1 1.423,73 e 617,34 mg.kg⁻¹ em biofertilizantes dos sistemas orgânico e convencional,
2 respectivamente.

3 Silva et al. (2016), analisando águas residuárias da bovinocultura leiteira, compostas por 85%
4 de água e 15% de esterco fresco, encontraram teores médios de Cu, Fe e Mg de 6,25, 9,65 e 137,55
5 mg.L⁻¹, respectivamente. Almeida et al. (2017) encontraram em biofertilizantes de dejetos mistos de
6 bovino e aves, teores de 5,48, 187,68 e 800 mg.L⁻¹ de Cu, Fe e Mg, respectivamente.

7 As concentrações de Cu e Mg não possuem um valor de referência para a resolução nº 430 do
8 CONAMA para fertilizantes orgânicos; já o Fe é permitido em concentrações máximas de 1.500
9 mg.kg⁻¹. Nesta seara, a legislação vigente mostra-se falha e vai de encontro com o estudo realizado
10 por Miranda (2009), em que ressalta as principais contaminações por microminerais, principalmente,
11 Zn e Cu, via despejo irracional de dejetos *in natura* da suinocultura.

12 De acordo com Londoño-Franco et al. (2016), a ocorrência dos minerais nos animais,
13 consequentemente, nos dejetos e biofertilizantes, pode estar mais relacionada com o efeito ambiental
14 sobre eles. O uso ou descarte irracional de suplementos minerais, fertilizantes inseticidas químicos, e
15 outras atividades para o desenvolvimento das sociedades modernas têm levado a um aumento
16 excessivo de minerais ao meio. Os autores ainda enfatizam que outros fatores como alterações
17 climáticas, efeito estufa, desmatamento, perda de recursos naturais na flora e na fauna aumentaram a
18 ameaça de minerais na natureza.

19

20 CONCLUSÕES

21 Conclui-se que genótipos e volumosos obtiveram maiores interações dentre os fatores
22 estudados do que em efeitos isolados. As raças demonstraram diferentes concentrações apenas em Ca
23 e P, enquanto que as fontes de volumosos promoveram maior efeito apenas em NH₃ e Mn. A melhor
24 produção de CH₄ foi evidenciada em animais consumindo SIL. Biofertilizantes oriundos de dejetos
25 de ovinos do genótipo PAN, especialmente alimentados com SIL, apresentaram maiores
26 concentrações de macro e microminerais. Em suma, todos esses elementos estão em concordância

1 com limites seguros para sua aplicação nas culturas vegetais sem prejuízo ao meio ambiente, ao que
2 se refere à resolução do Ministério do meio ambiente.

3

4 REFERÊNCIAS

- 5 Almeida II, Sobreira AEA, Furtado RM, Rodrigues AMG, Fernandes JNV, Fernandes CNV (2017)
6 Produtividade da alface sob o efeito residual de doses e tipos de biofertilizantes. Anais do Congresso
7 Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 5:587-596.
- 8 Alves KS, Carvalho FFR, Vêras ASC, Andrade MF, Costa RG, Batista AMV, Medeiros AN, Souto
9 Maior Junior RJ, Andrade DKB (2003) Níveis de Energia em Dietas para Ovinos Santa Inês:
10 Desempenho. Revista Brasileira de Zootecnia 32(6-2):1937-1944.
- 11 Amaral AC, Kunz A, Tápparo DC, Gaspareto TC, Steinmetz RLD (2016) Influência da carga
12 orgânica volumétrica na recuperação de Metano em um reator CSTR tratando dejetos suíno. In: XLV
13 Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Florianópolis/SC-Brazil. 8p. Anais...
- 14 Andrade WR, Souza JE, Arruda LDO, Gomes FOC, Xavier CAN (2013) Monitoramento do pH e
15 alcalinidade na partida de biodigestores contínuos operados com diferentes dejetos. In: IV Encontro
16 de ensino, pesquisa e extensão (EPEX), Dourados, Anais. 1p.
- 17 Andrade WR, Xavier CAN, Coca FOCG, Arruda LDO, Santos TMB (2016a) Biogas production from
18 ruminant and monogastric animal manure co-digested with manipueira. Archivos de Zootecnia.
19 65(251):375-380.
- 20 Andrade WR, Coca FOCG, Rohod RV, Xavier CAN, Santos TMB (2016b) Produção de biogás por
21 dejetos de ovinos submetidos a três pré-tratamentos químicos. In: XLV Congresso Brasileiro de
22 Engenharia Agrícola (CONBEA), Florianópolis, Anais, 8p.
- 23 Andrade WR, Santos TMB, Arruda LDO, Rosa EM, Cappi N (2018) Biogas production from dairy
24 cattle manure subjected to chemical pre-treatment. Brazilian Journal of Biosystems Engineering
25 12(1):91-100.
- 26 APHA (2017) Standard Methods for examination of water and wastewater. 23rd ed. Washington:
27 American Public Health Association, 1496p.
- 28 Aquino SF, Chernicharo CAL, Foresti E, Santos MLE, Monteggia L (2007) Metodologias para
29 determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios. Engenharia
30 Sanitária e Ambiental. 12(2):192-201. DOI: 10.1590/S1413-41522007000200010-
31 Eng.Sanit.Ambient.v12n2p192-838/2007
- 32 Aranha S, Sishikawa AM, Taka T, Salioni EMC (1994) Níveis de Cádmio e Chumbo em fígado e
33 rins de bovinos. Revista Instituto Adolpho Luiz. 54(1):16-20.
- 34 ARCO, Associação brasileira dos criadores de ovinos (2020). Disponível em:
35 <<https://www.arcoovinos.com.br>>. Acesso em: 01/06/2020.
- 36 Barros FM, Martinez MA, Matos AT, Rocha FA, Silva DP (2011) Mineralização de nitrogênio em
37 dejetos de suínos. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia. 7(12):1-12.

- 1 Beily ME, Morici G, Crespo D, Schapiro J (2019) Biochemical methane potential of sheep manure:
2 Focus in pathogen removal. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*
3 12(1):24-31. DOI: 10.9790/2380-1201012431
- 4 Brasil. (2020). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA. Nº 430, de 13 de Maio
5 de 2011. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de
6 substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas
7 por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas; complementa e altera a Resolução
8 nº 357, 410 e 420. Diário Oficial da União, n. 92, 16 maio 2011, p. 89, Brasília-DF. Disponível em:
9 <<https://www.normasbrasil.com.br>>. Acesso em: 01/06/2020.
- 10 Carmo DL, Silva CA (2012) Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos
11 orgânicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:1211-1220.
- 12 Cestonaro T, Costa MSSM, Costa LAM, Rozatti MAT, Pereira, DC, Lorin HEF, Carneiro, LJ (2015)
13 The anaerobic co-digestion of sheep bedding and $\geq 50\%$ cattle manure increases biogas production
14 and improves biofertilizer quality. *Waste Management*, 46:612. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.08.040
- 15 Dupont FH, Grassi F, Romitti L (2015) Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética
16 sustentável. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19(1):70-81.
- 17 Ferreira SF, Neto MDF, Pereira MLR, Melo AHF, Oliveira LG, Neto JTN (2013) Fatores que afetam
18 o consumo alimentar de bovinos. *Arquivos de Pesquisa Animal* 2(1):9-19.
- 19 Ferreira RS (2020) Biodigestores e os fatores que determinam sua máxima produção. *Research,*
20 *Society and Development* 9(7):1-10. DOI: 10.33448/rsd-v97.2677
- 21 Fonseca JCL, Silva MRA, Bautitz IR, Nogueira RFP, Marchi MMR (2006) Avaliação da
22 confiabilidade analítica das determinações de carbono orgânico total (COT). *Eclética Química* 31(3):
23 47-52. DOI: 10.1590/S0100-46702006000300006
- 24 Garcia ODV, Neto AMP, Moretto MRD, Zaiat M (2020) Effect of food-to-microorganism ratio on
25 methane yield with sugarcane vinasse as substrate. In: VI Symposium of the Graduate Program on
26 Energy, PPGENE, p107-113.
- 27 Grady CPLJr, Daigger GT, Love NG, Filipe CDM (2011) Biological wastewater treatment. 3rd ed.
28 New York: IWA Publishing, 963p.
- 29 Guarino G, Carotenuto C, Di Cristofaro F, Papa S, Morrone B, Minale M (2016) Does the c/n ration
30 really affect the biomethane yield? a three years investigation of buffalo manure digestion. *Chemical*
31 *Engineering Transactions* 49:463-468. DOI: 10.3303/CET1649078
- 32 Junqueira LC, Carneiro J (2008) *Histologia Básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 11 ed., 524p.
- 33 Kano C, Cardoso MO, Antonio IC, Silva AR, Oliveira IJ (2015) Nutrientes em feijão-de-metro
34 cultivado com biofertilizante. In: LXI Reunião Anual da Sociedade InterAmericana de Horticultura
35 Tropical, Anais. Brasília, DF : Embrapa, p. 132.
- 36 Kunz A, Steimetz RLR, Amaral AC (2019) Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do
37 biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia-SC: Embrapa Aves e Suínos, 209p.

- 1 Lins MA, Steinmetz RLR, Pereira Neto S, Dias JR, Gaspareto TC, Kunz A (2017) Efeito da carga
2 orgânica volumétrica sobre a produção de biogás a partir de dejetos de suínos em reator UASB. In:
3 V Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais (SIGER),
4 Foz do Iguaçu-PR, p443-446.
- 5 Liu L, Tong Z, Wan H, Chen Y, Wang X, Yang G, Ren G (2015) Anaerobic co-digestion of animal
6 manure and wheat straw for optimized biogas production by the addition of magnetite and zeolite.
7 Energy Conversion and Management, 97:132-139. DOI: 10.1016/j.enconman.2015.03.049
- 8 Londoño-Franco LF, Londoño-Muñoz PT, Muñoz-García FG (2016) Los riesgos de los metales
9 pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial,
10 14(2):145-153. DOI:10.18684/BSAA(14)145-153
- 11 Longaretti G, Meira JÁ, Sganderla IB, Magro JD, Fiori MA, Mello JMM (2019) Estudo da atividade
12 metanogênica específica. Engenharia Sanitária e Ambiental 24(6):1139-1146. DOI: 10.1590/S1413-
13 41522019140730
- 14 Lopes WRT, Manarelli DM, Orrico ACA, Oliveira ER, Sunada NS, Orrico Junior MAP, Vargas
15 Junior FM, Fernandes ARM, Alves GP, Gauchinho R (2011) Concentrações de sólidos totais e
16 voláteis, coliformes totais e termotolerantes e demanda química de oxigênio em dejetos de ovinos
17 estocados por diferentes períodos. In: Encontro de ensino, pesquisa e extensão (ENEPE), Anais.
18 Dourados:UFGD, 11p.
- 19 Massootti, Z (2002) Viabilidade técnica e econômica do biogás a nível de propriedade. In: Embrapa
20 Suínos e Aves. Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis. Concórdia/SC-Brazil,
21 p102-108.
- 22 Matos CF, Pinheiro EFM, Paes JL, Lima E, Campos DVB (2017) Avaliação do potencial de uso de
23 biofertilizante de esterco bovino resultante do sistema de manejo orgânico e convencional da
24 produção de leite. Revista Virtual de Química, 9(5):1957-1969.
- 25 Matter JM, Costa MSSM, Costa LAM, Pereira DC, Varennes A, Tessaro D (2017) Anaerobic co-
26 digestion of hatchery waste and wastewater to produce energy and biofertilizer - Batch phase. Revista
27 Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 21(9):651-656. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.
28 v21n9p651-656
- 29 McManus CM, Hermuche P, Paiva SR, Moraes JCF, Paula F, Melo CB, Mendes CQ (2014)
30 Distribuição geográfica de raças de ovinos no Brasil e sua relação com fatores ambientais e
31 climáticos, como a classificação de risco para a conservação. Bagé, ARCO, 27p (Documentos).
- 32 Miranda, A. P. Suínos em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo:
33 desempenho, digestibilidade e efeitos na biodigestão anaeróbia. 2009. 123 f. Tese (Doutorado em
34 Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio
35 de Mesquita Filho” Jaboticabal-SP, 2009.
- 36 Monteggia LO (1997) Proposta de metodologia para avaliação do Parâmetro “atividade metanogênica
37 específica”. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira
38 de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). p754-766.
- 39 Moraes NWS, Coelho MMH, Silva FSS, Pereira EL, Santos AB (2020) Caracterização físico-química
40 e determinação de coeficientes cinéticos aeróbios de remoção da matéria orgânica de águas
41 residuárias agroindustriais. Engenharia Sanitária Ambiental 25(3):489-500. DOI: 10.1590/S1413-
42 4152202020190220

- 1 Mostafa Imeni S, Pelaz L, Corchado-Lopo C, Busquets AM, Ponsá S, Colón J (2019) Techno-
2 economic assessment of anaerobic co-digestion of livestock manure and cheese whey (Cow, Goat &
3 Sheep) at small to medium dairy farms. *Bioresource Technology* 291(121872):11 DOI:
4 10.1016/j.biortech.2019.121872
- 5 NRC (1985) Nutrient requirements of sheep. 6.ed. Washington: National Academy Press, 99p.
- 6 Oliveira LSS, Ferreira FCL, Gomes LM (2019) Uma abordagem sobre PCHs no ensino médio como
7 ferramenta introdutória para o ensino sobre energias renováveis. *Scientia Plena* 5(7). DOI:
8 <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.074805>
- 9 Orrico ACA, Lucas Júnior J, Orrico Júnior MAP (2007) Caracterização e biodigestão anaeróbia dos
10 dejetos de caprinos. *Engenharia Agrícola* 27(3):639-647.
- 11 Orrico Júnior MAP, Orrico ACA, Lucas Junior J (2010) Influência da relação volumoso:concentrado
12 e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. *Engenharia*
13 *Agrícola* 30(3):386-394.
- 14 Orrico Júnior MAP, Orrico ACA, Lucas Júnior J (2011) Produção animal e o meio ambiente: uma
15 comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido.
16 *Engenharia Agrícola* 31(2):399-410.
- 17 Orrico Junior MAP, Orrico ACA (2015) Quantification, Characterization, and Anaerobic Digestion
18 of Sheep Manure: The Influence of Diet and Addition of Crude Glycerin. *Environmental Progress &*
19 *Sustainable Energy* 34(4):1038-1043. DOI: 0.1002/ep.12097
- 20 Ozbayram EG, Ince O, Ince B, Harms H, Kleinstaub S (2018) Comparison of rumen and manure
21 microbiomes and implications for the inoculation of anaerobic digesters. *Microorganisms* 6(1):1-10.
22 DOI: 10.3390/microorganisms6010015
- 23 Pereira EL, Campos CMM, Moterani F (2009) Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de
24 um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. *Revista Ambiente*
25 *e Água - Na Interdisciplinary Journal of Applied Science* 4(3):157-168. DOI: 10.4136/ambi-
26 *agua.109-Ambi.Agua.v6n1p1-10/2018*
- 27 Pereira EL, Campos CMM, Moterani F (2010) Avaliação do desempenho físico-químico de um reator
28 UASB construído em escala piloto na remoção de poluentes de efluentes de suinocultura. *Revista*
29 *Ambiente e Água - Na Interdisciplinary Journal of Applied Science* 5(1):79-88. DOI: 10.4136/ambi-
30 *agua.121-Ambi.Agua.v5n1p79-88/2010*
- 31 Ribeiro GMM, Silva MN, Leite MA (2017) A mensuração do custo de produção da cultura de ovinos
32 na agricultura familiar. *Qualia: a ciência em movimento* 3(1):49-74.
- 33 Ribeiro PHC, Lima Júnior V, Urbano AS, Menezes MS, Neta MLT, Costa MG, Aguiar EM, Inácio
34 JG (2020) Consumo e desempenho de cordeiros confinados alimentados com diferentes níveis de
35 fibra em detergente neutro. *Brazilian Journal of Development* 6(4):16964-16975. DOI:
36 10.34117/bjdv.6n4-023
- 37 Rico C, Muñoz N, Fernández J, Rico JL (2014) High-load anaerobic co-digestion of cheese whey and
38 liquid fraction of dairy manure in a one-stage UASB process: limits in co-substrates ratio and organic
39 loading rate. *Chemical Engineering Journal*, 33p. DOI: 10.1016/j.cej.2014.10.050

- 1 Ruella PR, Portilho ES (2020) Alternativa de insumo para agricultura familiar e orgânica:
2 biofertilizante a base de kombucha. Cadernos de Agroecologia – Anais do XI Congresso Brasileiro
3 de Agroecologia, São Cristóvão-SE, 15(2):6p.
- 4 Santos FN, Silva JAMF, Sobrinho NMBA, Pandolfo CM, Veiga M (2015) Níquel em Nitossolo
5 Vermelho fertilizado com dejetos líquidos de suínos, sob sistemas de manejo de fitomassa. Natal/RN-
6 Brazil. In: 35º Congresso brasileiro de ciência do solo. 4p. Anais...
- 7 Segala BN, Brusa ABS, Chamma ALS, Medeiros, FP (2017) Capacidade de autodepuração do
8 Arroio Hermes como Sanitária e Ambiental. In: Congresso da ABES - Associação Brasileira de
9 Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo/SP-Brazil, 9p. Anais...
- 10 Silva JBG, Martinez MA, Matos AT, Oliveira APS, Silva LDB (2016) Concentração de minerais em
11 um solo adubado com água residuária da bovinocultura de leite. Engenharia na agricultura. Viçosa-
12 MG, 24(4):357-367.
- 13 Souza ME (1984) Fatores que influenciam a digestão anaeróbia. Revista DAE, 44(137):88-94.
- 14 Souza VS, Louvandini H, Scropfner ES, McManus CM, Abdalla AL, Garcia JAS (2008)
15 Desempenho, características de carcaça e componentes corporais de ovinos deslanados alimentados
16 com silagem de girassol e silagem de milho. Ciência animal brasileira 9(2):284-291.
- 17 Vargas Júnior FM, Longo ML, Seno LO, Pinto GS, Barbosa-Ferreira M, Oliveira DP (2011) Potencial
18 produtivo de um grupamento genético de ovinos nativos Sulmatogrossenses. PUBVET, 5(30):7p.
- 19 Xavier CAN, Lucas Júnior J, Teixeira Júnior DJ, Costa LVC, Silva AA (2009) Quantificação de
20 dejetos de vacas em lactação confinadas recebendo diferentes volumosos na dieta. In: I Simpósio
21 Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais. Florianópolis/SC-Brazil, p.589-594.
22 Anais...
- 23 Zenatti R, Junior ACG, Schwantes D, Nacke H, Coelho GF, Souza RFB (2016) Disponibilidade de
24 minerais tóxicos na cultura do Tifton 85 e em solo de cultivo fertilizado com dejetos provenientes da
25 suinocultura. Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais. 12(1):187–201. DOI:
26 10.5935/ambiencia. v12n1p187-201/2016

CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os confinamentos enquadram-se como sistemas intensivos de produção que buscam a máxima conversão alimentar, mas que ainda deixam muito a desejar quanto ao manejo dos dejetos e à proteção do meio ambiente. Adoções de algumas técnicas para o tratamento de dejetos ainda são encontradas, entre elas, o processo de digestão anaeróbia (DA) que ocorre em um equipamento capaz de isolar o afluente e fermentá-lo sob ausência de oxigênio, promovendo produtos de interesse zootécnico que são o biogás e o biofertilizante.

Assim, o reator anaeróbio pode ser construído em diversos formatos com variados materiais. O uso da técnica permite eliminar patógenos presentes nos afluentes, minimizando doenças na produção animal, diminuindo impacto ambiental e produzindo autossuficiência em energia renovável; além de ser um efluente rico em matéria orgânica que pode ser empregado na agricultura como biofertilizante.

Os resultados desta pesquisa indicam que volumosos interferem na exploração de CH₄ e na qualidade do biofertilizante. O fator genótipo diferiu em concentrações de alguns macro e microminerais. Sendo assim, os dados interpretados também enfatizam a importância de pesquisas futuras testando diferentes substratos e técnicas para melhorar a eficiência do processo de DA. Estudos de caracterização de dejetos associados à coleta de dados referentes à digestibilidade e às características quali-quantitativas do trato gastrointestinal talvez possam melhor investigar a influência do genótipo sobre os dejetos e a DA. Não há dúvidas de que a diluição dos afluentes, o tipo de reator, a época do ano, a espécie e a categoria animal em uso poderiam afetar a qualidade dos dejetos, a DA, o teor de sólidos ou os parâmetros físico-químicos.

O excesso de alguns minerais no biofertilizante pode configurar risco aos animais e humanos envolvidos. Talvez o processamento da ensilagem, ou, o plantio do milho em que esteja mais próximos de áreas urbanas, onde há maior combustão automotiva e incineração ou deposição de rejeitos, talvez explicaria a maior ocorrência de microminerais nos biofertilizantes com o tratamento SIL, a qual sugere-se mais estudos a fim de melhor compreender sua biodisponibilidade.

1 Os parâmetros avaliados, tais como dos minerais, mostraram-se
2 importantes na prevenção do ambiente e como fator investigador na produção
3 de gás, pois estão sujeitos a inibir o processo de DA e estão presentes nos
4 alimentos dos animais. Todas as variáveis físico-químicas obtidas, sem exceção,
5 demonstraram estabilidade do processo de DA e valores seguros para
6 posteriormente serem lançados às culturas vegetais de acordo com a resolução
7 nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O material utilizado
8 como reator experimental, inovado pelo GERA da UEMS/UUA, mostrou-se viável
9 para posteriores estudos com DA.

10 Para uma melhor compreensão do risco em questão, sugerem-se mais
11 pesquisas utilizando alimentos comumente utilizados por produtores rurais e
12 adquiridos nos comércios autóctones. Talvez o uso de genótipos exóticos de
13 maior porte ou de aptidão para leite, carne ou lã possa produzir resultados
14 diferentes de genótipos de aptidão mista como é o caso da SNT e PAN. São
15 infindas as possibilidades de experimentação com os dejetos da ovinocultura,
16 bem como dos possíveis materiais e técnicas a serem utilizados nos estudos de
17 DA.

GLOSSÁRIO

Afluente	Em manejo de dejetos, o afluente corresponde a toda mistura que aflui dentro de um sistema de tratamento; é a entrada do material a ser processado. O afluente é geralmente constituído de água, dejetos ou outros resíduos orgânicos.
Amônia	Amônia (NH_3), amoníaco ou nitrogênio amoniacal é uma molécula composta de um nitrogênio e três hidrogênios, incolor e de odor característico.
Amônio	Amônio ou NH_4 é um cátion monovalente de um nitrogênio e quatro hidrogênios que podem ser reduzidos à amônia.
Biocombustível	É todo combustível derivado de fonte orgânica e não fóssil, como exemplo, o álcool etanol, a biomassa ou o biodiesel.
Biodigestão anaeróbia/anaeróbica	Termo em desuso que vem sendo substituído por “digestão anaeróbia”. É um processo bioquímico que envolve quatro fases (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese), nas quais a matéria orgânica é degradada e transformada em biogás e biofertilizante.
Biodigestor anaeróbio/anaeróbico	Termo em desuso que vem sendo substituído por “reator anaeróbio”. É um tanque protegido do contato com o ar atmosférico, em que a matéria orgânica é metabolizada por microrganismos anaeróbios (que se desenvolvem em ambiente sem oxigênio), obtendo, ao final do processo, biogás e biofertilizante.
Bioenergia	É a energia renovável obtida pela transformação química da biomassa.
Biofertilizante	É o subproduto obtido pós-fermentação anaeróbia, rico em nutrientes e destinado à aplicação em culturas vegetais, favorecendo a multiplicação de microrganismos e proporcionando saúde e vida ao solo.
Biogás	O biogás é composto majoritariamente por metano (CH_4), com cerca de 60% da composição, 35% de dióxido de carbono (CO_2) e 5% de outros gases como hidrogênio, nitrogênio e amônia (NH_3).
Biomassa	Toda matéria orgânica produzida e destinada à promoção de energia.

Biossegurança	Conjunto de estudos e procedimentos que visam evitar ou controlar os riscos provocados pelo uso de agentes químicos, físicos e biológicos à biodiversidade.
Concentrado	Em zootecnia, o concentrado refere-se ao alimento não-fibroso fornecido aos animais pelo homem. É um suplemento balanceado podendo conter vitaminas, minerais, proteína e/ou energia.
Cordeiro	Categoria animal da espécie ovina que se caracteriza pela dentição de leite; produto que se destina a engorda, abate e consumo. É a categoria animal mais desejada nos mercados tradicionais pelo sabor e aspecto <i>sui generis</i> .
Dejeto	Todo resíduo orgânico precipitado ao piso no processo criatório diário. Fezes, urina, pelos, lã, resíduos de alimentos, poeira e água desperdiçada de bebedouros tornam-se dejetos.
Desdobramento	Em estatística, o desdobramento serve para revelar uma interação quando há interferência de um ou mais fatores sobre o respectivo resultado encontrado.
Dieta	É tudo o que o animal consome: alimentos e água.
Digestato	É o material que passou por processo de digestão anaeróbia, o qual possui características fertilizantes muito semelhantes ao dejetos maturado.
Efluente	Refere-se ao material líquido que sai de uma estação de tratamento.
Esterco	Excremento de animal.
Estrume	O estrume de origem animal é, em geral, uma mistura de fezes e material orgânico proveniente das camas utilizadas nos estábulos. São os dejetos, propriamente ditos.
Eucarionte	Células eucarióticas, eucariontes ou eucélulas são mais complexas do que as procarióticas, pois possuem membrana nuclear individualizada e vários tipos de organelas. Uma célula eucariótica possui verdadeiro núcleo; ou seja, possui um envoltório nuclear (carioteca) que protege o material genético com um ou mais nucléolos.
Fator	É a combinação linear das variáveis (estatísticas) originais.
Fertirrigação	É a técnica de adubação via irrigação. A utilização de efluentes de qualquer natureza é passível de exigência tanto de licenças ambientais quanto de

monitoramento ambiental periódico da área. O uso da fertirrigação pelo produtor, em grande parte dos casos, proporciona economia de fertilizantes e de mão-de-obra.

Fezes	Produto final do metabolismo da Energia Bruta (EB) excretado pelo ato da defecação.
Forragem	São todas as plantas – leguminosas ou gramíneas – que são cultivadas e/ou fornecidas aos animais.
Gás purificado	É o gás lavado, pós-lavagem, ou, o metano (CH_4). O biogás oriundo do processo anaeróbio que, após passar por um filtro de hidróxido de sódio, reage com a solução, extraíndo apenas o CH_4 .
Metano	Gás de grande interesse zootécnico, incolor, inodoro, oriundo do processo anaeróbio, de pouca solubilidade na água e destinado como fonte de energia alternativa. É o mais simples dos hidrocarbonetos, sua molécula é tetraédrica e apolar (CH_4); quando adicionado ao ar se transforma em mistura de alto teor inflamável.
Procarionte	As células procariontes são formadas por citoplasma, ribossomos e material genético. Elas possuem apenas membrana plasmática com ausência da carioteca que divide o núcleo celular.
Raça	É manifestada por um conjunto de características congêntas que expressam determinado fenótipo e que melhor se desempenham para determinada finalidade de produção (carne, leite, lã ou pelos).
Rejeito	Tipo específico de descarte não degradável (inorgânico); aquele para o qual ainda não existe nenhuma possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem.
Resíduo	É todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade. Os resíduos podem ser orgânicos (degradáveis) ou inorgânicos (não degradáveis) na forma sólida ou líquida.
Substrato	É toda substância orgânica destinada à decomposição via digestão anaeróbia ou compostagem.
Variável	Em estatística, uma variável é a característica dos elementos da amostra que interessa ser averiguada estatisticamente.

Volumoso Em zootecnia, o volumoso refere-se ao alimento fibroso ofertado aos animais. O volumoso pode ser desidratado (feno), fermentado (silagem), ou ofertado *in natura* (na forma natural).

ANEXO I

Engenharia Agrícola
Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering
ISSN: 0100-6916 (impresso) | 1809-4430 (on-line).
Diretrizes aos autores / instructions to authors
<http://www.engenhariaagricola.org.br/autores.html>

1. General guidelines

Manuscripts may be submitted in English, Portuguese or Spanish. The text should be sent through the ScholarOne system by accessing the address (<https://mc04.manuscriptcentral.com/eagri-scielo>). The Editorial board checks the text for plagiarism, scope and format. Each article is submitted to at least three reviewers.

By submitting the manuscript, the corresponding author should fill in the system form with all the required information, including ORCID (see how to create in <https://orcid.org/>), and also send a message to contato.sbea@gmail.com assuming responsibility for the other authors, if any, as co-responsible for the scientific content of the article, according to Article 5 of the Brazilian Law No. 9610/98, which treats of the Copyright Law (please see item 4, at the end of this topic).

The authors should see also COPE (Committee on Publication Ethics, <http://publicationethics.org>) guidelines in their endeavor to preserve and promote the integrity of the scholarly record through policies and practices that reflect the current best principles of transparency and integrity, by prevention of plagiarism, malpractice, fraud and possible ethical violations.

The correspondent author should also send to contato.sbea@gmail.com a declaration form stating that the article sent to Engenharia Agrícola have not been submitted for publication to another agency, nor have been previously published, except in abstract form at scientific meeting (please see the form in item 4, at the end of this topic).

2. Translation and review

Once accepted, the articles submitted in Portuguese and Spanish should be translated into English by companies indicated by the Editorial Board. Manuscripts submitted in English should be revised by those companies. The recommended translator or reviewer companies are:

- Academic Editing Service (<http://www.academic-editing-services.com>)

- American Journal Experts (<https://www.aje.com/en/services/translation>)
- Editage (<https://www.editage.com.br/>)
- Elsevier (<http://webshop.elsevier.com/languageservices/>)
- Enago (<https://www.enago.com.br/>)
- Proof-Reading-Service.com Ltda (<https://www.proof-reading-service.com/>)
- STTA - Serviços Técnicos de Tradução e Análises (<http://www.stta.com.br/>)
- Write Science Right (<http://www.writescienceright.com/>)

The translation of the articles submitted in Portuguese and Spanish and the review of the articles submitted in English will be paid by the author directly to the companies indicated by the editorial committee.

3. Guidelines for manuscript preparation

3.1. Configuration

- Manuscripts should have no more than five authors.
 - Suppress author names and affiliation;
 - Color figures are allowed (photos, graphs, diagrams, etc) limited to 2.0 Mb;
 - Measurement units should follow the International Unit System
- <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/pml/div684/fcdc/sp330-2.pdf>;
- Processor: MSWord 7.0 or later
 - Paper size: A4 (21 x 29.7 cm)
 - Maximum number of pages: 20
 - Line Spacing: 2
 - Font for the text: Times New Roman 12
 - Font for the header / footnote: Times New Roman 9
 - Margins: 2 cm on all sides of the paper
 - Number lines on the pages: file / page setup / layout / number of lines / numbering lines /continuous
 - Paragraph: 1.0 cm
 - Maximum file size: 2.0 Mb
 - Identification of the authors: upon advised on the acceptance of the article, the corresponding author shall submit to ScholarOne system a document containing: final manuscript title, followed by the full names of authors in the same order of publication. Authors should be the same as those registered in the system at the time of submission. They cannot be changed, except with express written consent of each of the original authors.

Each name must be followed by a superscripted numbers in a sequence. Below the corresponding author's name, separated by double space, his affiliation and email address shall be included, and, for the remaining authors, only the institution is required.

3.2 Category

The manuscripts can be Scientific article, Technical article, and Review article.

3.2.1 Scientific Article

Scientific articles refer to reports of original research, with a well-defined hypothesis and innovation issues. The text should include the items, always highlighted in capital letters and bold unnumbered paragraph and, leaving two spaces (ENTER twice) after the previous item and a space (ENTER once) to begin the text, in the following order: Title, name of the authors, abstract, keywords, Material and methods, Results, Conclusion, Acknowledgments and References.

Title: Centralized, should be clear and concise, allowing prompt identification of the content of the study, trying to avoid words like: analysis, study and evaluation.

Abstract: The text, containing a maximum of 14 lines, should start on the same line of the item, be sufficiently clear to be presented alone and include five points: 1) Justify (1 or 2 sentences) – why the research was considered necessary?, 2) Objectives (1 sentence) – what was done to achieve the need for research, 3) Methods (up to 3 sentences) – a brief summary of what and which parameters were measured, 4) Results (up to 5 sentences) – what was found? , 5) Conclusions/recommendations (1 sentence) – what should be done in response to those findings. Below should appear the keywords (six at most, trying not repeating the title) written in lowercase.

Introduction: Should be concise, in at most 50 lines, using recent literature (preferably peer reviewed articles published over last 5 years) and appropriate to formulate the problems addressed and the justification of the importance of the subject. On the last paragraph, the weak points of the reviewed literature should be clearly mentioned, pointing what is missing and describing what is novel in the proposal research that makes the article to deserve to be published in Engenharia Agrícola.

Material and methods: Depending on the nature of the study, a characterization of the experimental area must be inserted, making clear the conditions under which the research was conducted. When the public domain methods are used only the reference will

be sufficient, otherwise is required description of the procedures used, adjustments promoted, etc. Measurement units and symbols should follow the International System.

Results and discussion: The results should be compared with those of the literature presented in the Introduction and with others pertinent to the field of work, and discussed in the light of established knowledge, agreeing or disagreeing with scientific or technical explanations, but highlighting the importance and originality of such data. The wording of this item should be elaborated not only by reporting that the results obtained agree with or disagree with the results obtained by other researchers, but also, in a clear and concise way, seek to explain why the results were those and why they agree or disagree with the results presented in the literature

Conclusions: These should be based exclusively on the results of the study. Avoid repetition of results in subsequent listing, confronting what was obtained with the goals initially set. The conclusions should be written to facilitate interpretation of the article, without consulting other items of it.

Acknowledgments: Enter it, if any, after conclusions, succinctly.

References: Should be mentioned only the essential related to the manuscript, including only those mentioned in the text and tables, graphs or illustrations, appearing in alphabetical order and in lowercase letters. Avoid quoting abstracts, unpublished articles and personal communication. At least 50% of the references should be in the last 5 years and 90% of periodic articles.

Exceptional cases should be justified and will be reviewed by the Editorial Committee. The references in the text must also appear in capital letters, followed by the date:

Souza & Silva (2005), or (Souza & Silva, 2005); existing other references of the same author in the same year (other publications), it will be identified with lowercase letters (a, b, c) after the year of publication: Souza & Silva (2005 a). For three or more authors, in the text will be quoted only the first author followed by et al., but in the final bibliography list other names should also appear. In quotation from quotation (to be avoided), identifies the directly consulted article, the author and / or the article mentioned in it as indicated: Silva (2000) cited by Pessoa (2006). Following are some examples:

Journals

Pruski FF, Rodrigues RG, Pruski PL, Nunes AA, Rego FS (2016) Extrapolation of regionalization equations for long-term average flow. *Engenharia Agricola* 36(5):830-838.

With DOI (Digital Object Identifier)

1 Pruski FF, Rodrigues RG, Pruski PL, Nunes AA, Rego FS (2016) Extrapolation of
 2 regionalization equations for long-term average flow. Engenharia Agricola 36(5):830-838.
 3 DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p830-838/2016>

4 Books

5 *Complete book, authored*

6 Keller J, Bliesner RD (2012) Sprinkle and Trickle Irrigation. New York, Springer. 652p.

7 *Complete book, only specific pagination (preferred form)*

8 Keller J, Bliesner RD (2012) Sprinkle and Trickle Irrigation. New York, Springer, p140-160.

9 *Book with institutional author*

10 FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016) The state of food
 11 and agriculture: climate change, agriculture and food security. Rome, FAO, 190p.

12 *Book with institutional author, only specific pagination (preferred form)*

13 FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016) The state of food
 14 and agriculture: climate change, agriculture and food security. Rome, FAO, p50-60.

15 *Complete book, edited*

16 Mueller T, Sassenrath GF (2015) GIS Applications in Agriculture. Volume Four:
 17 Conservation Planning. Boca Raton, CRC Press, v4:304p. DOI: 10.1201/b18173-1

18 *Complete book, edited, only specific pagination (preferred form)*

19 Mueller T, Sassenrath GF (2015) GIS Applications in Agriculture. Volume Four:
 20 Conservation Planning. Boca Raton, CRC Press, v4: p28-49. DOI: 10.1201/b18173-1

21 *Book chapter or an article within a book*

22 Buckleiter GW (2007) Irrigation system automation. In: Adamsen F, Hook J, Cardon G, Letey
 23 J, Lascano RJ, Sojka RE. Irrigation of agricultural crops. Madison, American Society of
 24 Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, p181-194.

25 Annals of congress, simposiums, workshops (to be avoided)

26 Hagel H, Hoffmann C, Doluschitz, R (2014) Mathematical programming models to increase
 27 land and water use efficiency in semiarid NE-Brazil. In: World Conference in Computers in
 28 Agriculture. San Jose, International Commission of Agricultural Engineering, Proceedings...

29 Thesis (to be avoided)

1 Schiavone DF (2016) heat mass transfer in ballet switch grass for storage and bioconversion
2 applications. PhD Thesis, Lexington University of Kentuck, College of Engineering.

3 Cartographic documents (map, aerial photography, satellite image, etc.)

4 BRASIL e parte da América do Sul: mapa político, escolar, rodoviário, turístico e regional.
5 São Paulo: Michalany, 1981. 1 mapa, color., 79 cm x 95 cm. Escala 1:600.000.

6 Patents

7 Norman LO (1998) Lightning rods. US Patent 4,379,752, 9 Sept 1998.

8 Online documents

9 Doe J (1999) Title of subordinate document. In: The dictionary of substances and their
10 effects. Royal Society of Chemistry. Available : [http://www.rsc.org/dose/title of subordinate](http://www.rsc.org/dose/title%20of%20subordinate%20document)
11 document. Accessed Oct 19, 2016.

12 Figures and tables. Illustrations, graphics and photographs must be submitted with
13 sufficient detail and size for the final composition, preferably in the same position of the text,
14 could be colored and must also present the title in English. Graphics: may have colored
15 parts, and the x and y axes with 1/2 pt, described with the same type and size of letters in
16 the text (Times New Roman 12) and the legend in the lower position of it. They must be
17 numbered in consecutive Arabic numerals. Tables: avoid extensive tables and unessential
18 data, privileging average data; adapt their sizes to the usable space of the paper and place,
19 wherever possible, only continuous horizontal lines, their captions should be concise and
20 self-explanatory and should also display the title in English. Photographs: can be colored.
21 In the discussion, compare the results with the data obtained in the Bibliography.

22 Equations: All equations that are part of the text should be aligned with the paragraph
23 and numbered as follows:

24 $y = ax + b$ (1)

25 in which

26 y - speed m s⁻¹;

27 a - angular coefficient;

28 x - speed, rpm;

29 b - linear coefficient.

30 3.2.2. Technical Article

Should include advances in theories, methodologies and techniques, without a hypothesis presentation. When dealing with a case study, the conclusions should present proposals. It should be written in technical language, easy to understand, on matters of interest to the Agricultural Engineering by author(s) showing experience on the subject dealt, allowing guidance to the different users of Agricultural Engineering. It only justifies submitting articles that bring contribution on the subject and not just personal cases or restricted interest. With freer style than in scientific articles, technical articles should, in most cases, include the following items: Title, Author(s), Abstract, Abstract, Keywords, Introduction, description of the subject, Conclusions and References. The text of the technical articles should follow the same guidelines for scientific articles, with the following particular remarks:

Header: TECHNICAL ARTICLE should appear in the header of the first page, in capital letters, underlined, in bold, centered and spaced 1.1 cm from the top edge.

Introduction: should contain brief background, explaining the importance, the current status of the subject, relying on literature review, and make clear the aim of the article.

Subject description: with different titles that can be divided into sub-items, the matter should be discussed, pointing up the theoretical basis, bringing experiences and recommendations, discussing and criticizing situations, based on the fullest bibliography and technical standards on the subject.

Conclusions: When appropriate, should be written in a clear and concise manner, consistent with the goal established. Should not be a simple resubmission of other paragraphs of the article.

3.2.3. Review Article

It is the presentation, exclusively by a request of the Editorial Committee, of a study by gathering, analyzing and discussing an issue of importance to the Agricultural Engineering, and based on extensive literature search, allowing compilation of existing knowledge. Although with more stylistic freedom than in scientific articles, review articles should contain the following items: Title, Author(s), Abstract, Keywords, Introduction, Review, Conclusions and References. The writing of these items should follow the same guidelines described for scientific articles, with the following particular remarks:

Header: REVIEW ARTICLE should appear on the front page headline in capital letters, underlined, in bold, centered and spaced 1.1 cm from the top edge.

Introduction: should contain brief background, placing the importance, the current status of the subject and purpose of the review.

Review: follow the standards of the journal citation. If necessary, it can be divided by subjects in sub items. The essay should be critical and not just mere exposure of the issues; it must present a logical sequence in order of subjects and / or chronological. Whenever possible, should contain an analysis of comparative studies on the subject dealt.

Conclusions: should be presented clearly and concisely, consistent with the goals established. It should not be a simple restatement of paragraphs of the review.

4. Responsibility and declaration of originality

The following statements that the corresponding author should fill in and send to contato.sbea@gmail.com at the time of submission of the manuscript.

I, "_____", am aware of my authorship of the manuscript entitled "_____", and I assume responsibility for the other authors listed below regarding the authorship of the manuscript submitted to Engenharia Agrícola, in accordance to Article 5 of Law 9,610, which deals with Copyright.

Authors:

_____, _____, _____,
_____.

I declare that the article_____ is of a scientific and original nature and has not been submitted to another journal, either in whole or in part. I further declare that once published in Engenharia Agrícola, it will never be submitted by me or by other authors to any other journal. Through this instrument, in the authors, we assign the copyright of the aforementioned Article to Engenharia Agrícola, pursuant to article 5 of Law 9,610, which deals with copyright.

SUBSCRIPTION

Engenharia Agrícola is published under the Open Access model and is therefore free for anybody to read and download, and to copy and disseminate for academic, scientific, educational and extension purposes.

The online journal is free and open access.

All the content of the journal, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons License