

CIRCULAR TÉCNICA

n. 359 - dezembro 2021

ISSN 0103-4413

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Departamento de Informação Tecnológica
Av. José Cândido da Silveira, 1647 - União - 31170-495
Belo Horizonte - MG - www.epamig.br - Tel. (31) 3489-5000



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



MINAS
GERAIS

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

Codigestão anaeróbia de dejetos de ovinos com inclusões de dejetos de bovinos em biodigestores operando em batelada (parte I)¹

Henrique Clayton Rodrigues²
Neimar de Freitas Duarte³
Hygor Aristides Victor Rossoni⁴

INTRODUÇÃO

O Censo Agropecuário de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontou que o Brasil possui um rebanho de ovinos em torno de 18,43 milhões de cabeças e de, aproximadamente, 218,23 milhões de cabeças de bovinos (IBGE, 2017).

Muitos produtores estão optando pelo sistema de produção de animais em confinamento, especialmente nas regiões próximas aos grandes centros urbanos, tanto de ovinos como de bovinos, pois esse sistema demanda menores áreas de produção, aumenta a eficiência produtiva do rebanho com a redução da idade ao abate e possibilita a produção de carne no período da entressafra (GUIMARÃES *et al.*, 2017). O sistema intensivo caracteriza-se pela produção de grandes quantidades de dejetos em pequenas áreas e, para minimizar os impactos ambientais, os produtores devem dispor de alternativas para a manipulação e manejo dos dejetos, pela possibilidade de estes atuarem como vetores de doenças e por contaminarem a água, o solo e o ar.

A produção média de dejetos in natura de ovinos e caprinos é estimada em 600 kg/animal/ano. Considerando os dados citados pelo IBGE (2017), estima-se a produção de 11,06 milhões de toneladas de dejetos por ano. Utilizando o raciocínio anterior,

a produção média de dejetos in natura de bovinos de corte é de 24 kg/dia. Segundo os dados do IBGE (2017), a produção anual de dejetos é estimada em 1,91 bilhão de toneladas para o rebanho bovino brasileiro.

A disposição inadequada de resíduos de origem animal pode favorecer o desenvolvimento de organismos indesejáveis, como algumas espécies de bactérias, fungos, parasitas e vírus que transmitem doenças para os seres humanos e para outros animais. Pode ainda contaminar o solo e a água, por causa dos teores elevados de nitrogênio (N) e fósforo (P) que, ao lixiviarem, atingem o lençol freático. Durante a degradação desses dejetos, é produzido metano, dióxido de carbono e gás sulfídrico que contribuem para o aumento do efeito estufa e causam odores indesejáveis.

Diante dos problemas que esses resíduos de origem animal podem gerar, surge a necessidade do seu tratamento adequado; dentro dos diversos processos de tratamento, a digestão anaeróbia e a compostagem são os mais utilizados. O seu tratamento é indispensável para a propriedade obter a adequação ambiental de seu empreendimento e a permissão de lançamento de águas residuárias em corpos receptores (ORRICO JÚNIOR; ORRICO; LUCAS JÚNIOR, 2011).

¹Circular Técnica produzida pela EPAMIG Centro-Oeste, (37) 3271-5686, cepi@epamig.br.

²Eng. Agrícola, Especialista em Máquinas Agrícolas, Pesq./Prof. EPAMIG Centro-Oeste-CEPI, Pitangui, MG, henrique@epamig.br.

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. IFMG - Campus Santa Luzia, Santa Luzia, MG, neimar@ifmg.edu.br.

⁴Eng. Florestal, D.Sc., Prof. UFV - Campus Florestal, Florestal, MG, rosconi@ufv.br.

A codigestão permite o aumento do rendimento da produção de biogás, se comparada com a digestão de apenas um substrato. A codigestão é uma forma de tratamento conjunta para diferentes tipos de resíduos, também aumenta a estabilidade do processo, suplementando o meio de digestão com nutrientes que podem estar em falta em um dos substratos. Isso contribui para um bom desempenho do processo de digestão anaeróbia e para a produção de um biofertilizante de melhor qualidade, quando comparado à digestão de apenas um substrato.

A exploração do maior percentual do rebanho de ovinos nacional se desenvolve em estabelecimentos onde predomina o regime de produção familiar. Esses estabelecimentos não se dedicam exclusivamente à criação de ovinos, onde também são criados bovinos de corte e/ou leiteiro, em sistema semi-intensivo ou extensivo (SÓRIO, 2018). Para o desenvolvimento sustentável da ovinocultura e bovinocultura, é imprescindível a busca por novos métodos de gerenciamento e tratamento dos resíduos gerados por essas atividades, visando à máxima redução dos impactos ambientais e à otimização dos insu- mos usados na atividade, por meio de seu reuso ou reciclagem. Os biodigestores tratam e reutilizam os resíduos provenientes de atividades pecuárias, por meio do processo da digestão anaeróbia, gerando digestato (fertilizante) e energia alternativa (biogás).

CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foi desenvolvido um experimento no Campo Experimental de Pitangui (CEPI) da EPAMIG Centro-Oeste, em Pitangui, MG, para disponibilizar um método de manejo e de reutilização dos dejetos de ovinos e bovinos mais eficiente e ambientalmente correto para produtores rurais, utilizando biodigestores. Existe carência de informações sobre o desempenho do processo de digestão anaeróbia de dejetos de ovinos e bovinos mestiços alimentados a pasto, características inerentes à genética e ao manejo do rebanho adotado na maioria das propriedades onde predomina o sistema de exploração familiar.

O experimento consistiu na realização de ensaios em escala laboratorial de biodigestores, operando em batelada para avaliar o desempenho do processo da digestão e codigestão anaeróbia de dejetos de ovinos e bovinos, uma vez que estes permitem avaliar de forma confiável a eficiência do processo e a capacidade de produção de biogás dos substratos.

DIGESTÃO ANAERÓBIA

O processo de digestão anaeróbia ocorre na ausência de oxigênio molecular, em que microrganismos degradam a matéria orgânica (MO) complexa, como carboidratos, proteínas, celulose e lipídios, transformando-os em compostos mais simples, como metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), sulfeto de hidrogênio, água, amônia, hidrogênio (H) e N, extraindo energia e compostos necessários para o seu próprio crescimento (VON SPERLING, 2014).

A digestão anaeróbia tem sido muito utilizada no tratamento de resíduos sólidos e líquidos, incluindo dejetos de animais, fração orgânica de resíduo urbano, fração orgânica de efluentes industriais e lodo de estação de tratamento de esgotos. Durante o processo de digestão anaeróbia, o maior percentual da matéria carbonácea é convertido em biogás (entre 70% e 90%) e pequena parte do material orgânico é convertida em biomassa microbiana que vem a constituir o lodo de fundo (entre 5% e 15%), e entre 10% e 30% de MO deixa o biodigestor sem ter sido digerida. Nos sistemas aeróbios utilizados no tratamento de resíduos, o percentual da matéria carbonácea degradada biologicamente está entre 40% e 50% e entre 30% e 40% da MO é convertida em biomassa, constituindo-se assim o lodo de fundo do sistema; por sua vez, entre 5% e 15% de MO deixa o sistema sem degradação (CHERNICHARO, 2016).

Os processos biológicos de tratamento de esgotos fundamentam-se na capacidade de os microrganismos envolvidos utilizarem os compostos orgânicos biodegradáveis, transformando-os em subprodutos, que se podem apresentar na forma sólida (lodo biológico), líquida e gasosa (metano, gás carbônico, etc.), e que podem ser removidos do meio (CHERNICHARO, 2016).

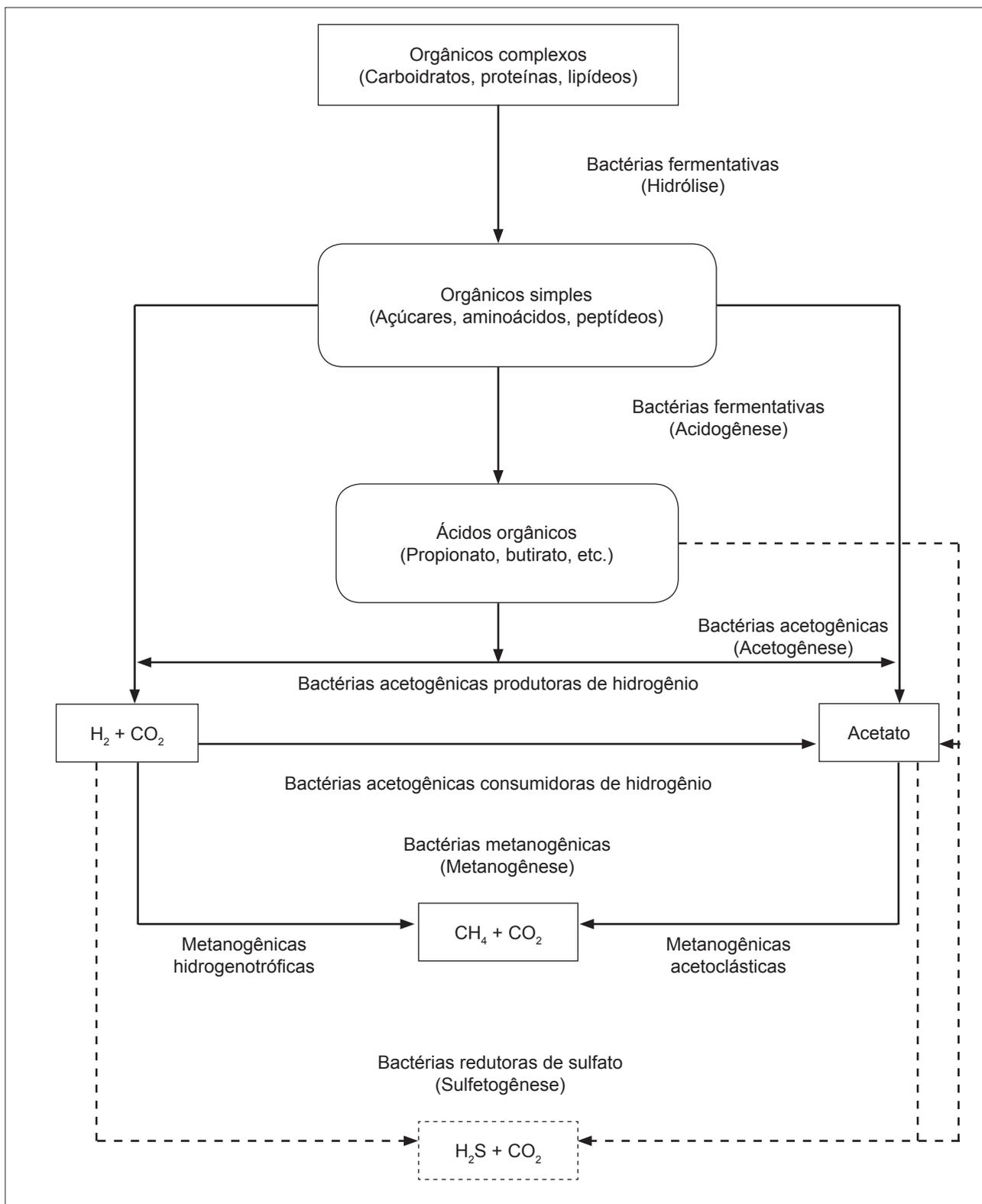
O efluente líquido tratado pode ser utilizado na fertirrigação, pois seu teor de nutrientes é alto. Como desvantagens do processo de digestão anaeróbia, têm-se alta sensibilidade das bactérias ao potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, sobrecargas orgânicas e hidráulicas, necessidade nutricional, compostos tóxicos, além da necessidade do uso de inóculo para diminuir o longo tempo de processo de partida e a produção de fortes odores, caso o biodigestor apresente falhas operacionais (CHERNICHARO, 2016).

Na Figura 1 encontra-se o fluxograma representando as etapas da biodigestão anaeróbia. Os compostos orgânicos mais complexos, como carboidratos, proteínas e lipídios, são hidrolisados

em compostos orgânicos mais simples, como açúcares, aminoácidos e peptídeos que, em seguida, são metabolizados pelas bactérias fermentativas acidogênicas em ácidos orgânicos, como o acético, o propiônico e o butírico. Em seguida as bactérias acetogênicas transformam os produtos da etapa

anterior em hidrogênio (H_2), CO_2 e acetato; na sequência, a metanogênese resultará na formação do CH_4 por dois grupos de bactérias: as metanogênicas acetoclásticas, que utilizam o acetato e o metanol, e as hidrogenotróficas, que metabolizam o H_2 e o CO_2 (CHERNICHARO, 2016).

Figura 1 - Esquema das principais etapas do processo da biodigestão anaeróbia



Fonte: Adaptado de Chernicharo (2016).

FATORES QUE INFLUENCIAM A DIGESTÃO ANAERÓBIA

Existem vários fatores que influenciam a digestão anaeróbia e afetam os processos biológicos de diferentes maneiras. Dentre esses fatores destacam-se: temperatura, pH, nutrientes e toxicidade.

Temperatura

A temperatura é um dos fatores mais importantes na digestão anaeróbia de efluentes líquidos, pois afeta os processos biológicos de diferentes formas. A temperatura determina em parte a taxa de crescimento e, conseqüentemente, a densidade de microrganismos da biomassa, bem como afeta a taxa das reações químicas e bioquímicas envolvidas no processo, influenciando a degradação biológica, o volume de biogás produzido e também o de digestato.

Dependendo da faixa de temperatura em que se encontra o substrato, determinado grupo de bactérias irá permanecer durante o processo de digestão – o que afetará diretamente a eficiência do processo. Essas faixas de temperatura podem ser associadas ao crescimento microbiano e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Faixas de temperatura associadas ao crescimento microbiano

Faixa	Intervalo de temperatura (°C)
Psicrófila	4 a 15
Mesófila	20 a 40
Termófila	45 a 70 e acima

Fonte: Adaptado de Chernicharo (2016).

No Brasil os biodigestores são projetados para operar na faixa mesófila, pois essas temperaturas são as próximas à temperatura ambiente, o que elimina a necessidade de sistema de aquecimento e reduz os custos operacionais, pois não haverá gasto com energia para aquecer o biodigestor. Entretanto, a faixa de operação termófila é bastante eficiente, pois nessa faixa de temperatura é aumentada a taxa e o grau de decomposição do material carbonáceo, resultando em menor tempo de retenção hidráulico (TRH), o que reduz as dimensões necessárias dos digestores (CHERNICHARO, 2016; KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) influencia diversos equilíbrios químicos que ocorrem em processos de tratamento de águas residuárias e é um parâmetro importante nos estudos da digestão anaeróbia. Esse parâmetro influencia diretamente a digestão anaeróbia, pois as bactérias metanogênicas, em meio ácido, anulam as atividades enzimáticas e, em meio alcalino, as bactérias fermentativas produzem anidrido sulfuroso e hidrogênio.

Cada grupo de microrganismo tem um valor diferente de pH ótimo. As archaeas metanogênicas são extremamente sensíveis ao pH, com um valor ótimo entre 6,6 e 7,4, porém consegue estabilidade da produção de CH₄ em uma faixa mais ampla de pH que pode variar entre 6,0 e 8,0. As bactérias fermentativas são menos sensíveis e podem-se adaptar a maiores variações de pH, entre 4,0 e 8,5 (CHERNICHARO, 2016).

O processo de digestão anaeróbia efetua-se entre pH de 6,3 e 7,8, cujo valor ótimo é 7; em valores abaixo de 6,3, a acidez aumenta rapidamente e ocorre a paralisação da etapa de fermentação. Os microrganismos da fermentação ácida são menos sensíveis às variações de pH, então, quando o pH abaixa, a fermentação ácida pode prevalecer sobre a fermentação metanogênica, tendo como resultado o “azedamento” do biodigestor.

Nutrientes

Os esgotos sanitários (domésticos) e os dejetos agropecuários apresentam nutrientes em concentrações adequadas para o crescimento microbiano, com exceção do ferro (Fe). Os efluentes industriais são mais específicos em composição e frequentemente existe a necessidade de adição de nutrientes para que a degradação seja ótima. A baixa taxa de crescimento dos microrganismos anaeróbios, comparada ao dos aeróbios, resulta em um menor requerimento nutricional (CHERNICHARO, 2016).

A presença de concentrações adequadas de macro e micronutrientes é fundamental para que os processos de tratamento de efluentes sejam operados com êxito. As células dos microrganismos anaeróbios são constituídas por N, fósforo (P) e enxofre (S), aproximadamente nas proporções 12%, 2% e 1%, respectivamente, de matéria seca (MS). Para o processo anaeróbio, são necessárias relações de 1.000:5:1 de demanda química de oxigênio (DQO), N e P, respectivamente. Os íons de S, potássio (K),

cálcio (Ca), magnésio (Mg), cloro (Cl) e sulfato são necessários para o bom funcionamento da digestão anaeróbia. Elementos com baixas concentrações como Fe, cobre (Cu), zinco (Zn), Mg, molibdênio (Mo) e vanádio (V) são importantes para o crescimento celular (CHERNICHARO, 2016; KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

O requerimento de P também pode ser estimado como um quinto (1:5) do requerimento de N na base de massa (CHERNICHARO, 2016; KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019). O S também é considerado essencial e sua concentração, em geral, deve ser da mesma ordem de grandeza ou levemente superior à de P (MALINA JR; POHLAND, 1992).

Toxicidade

Com a finalidade que o processo da digestão anaeróbia aconteça de maneira eficiente, é necessário que exista um ambiente propício ao desenvolvimento dos microrganismos, sem a presença de materiais tóxicos em níveis que causem inibição do desenvolvimento microbiano. Um composto, quando presente em concentrações elevadas, pode ser tóxico; então a toxicidade deve ser considerada em termos de concentrações, ao invés da presença de determinado composto (CHERNICHARO, 2016).

Para evitar que os materiais tóxicos interfiram no processo, estes devem ser removidos do substrato. Outra forma de neutralizar esses elementos é a diluição do substrato até que fiquem abaixo do limite de toxicidade (SALOMON, 2007; CHERNICHARO, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o desenvolvimento sustentável da pecuária, é imprescindível a busca por novos métodos de gerenciamento e tratamento dos resíduos gerados por essa atividade, visando à redução dos impactos ambientais e à otimização dos insumos usados, por meio de reúso ou reciclagem. Os biodigestores tratam e reutilizam os resíduos provenientes de atividades pecuárias, por meio do processo da digestão anaeróbia, gerando digestato (fertilizante) e energia alternativa (biogás).

A codigestão permite o aumento da eficiência do processo e, conseqüentemente, da produção de biogás, além da obtenção de um biofertilizante de melhor qualidade.

REFERÊNCIAS

- CHERNICHARO, C.A. de L. **Reatores anaeróbios**. 2.ed. ampl. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG-Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016. 379p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 5).
- GUIMARÃES, L.A; NARDI JUNIOR, G. de; OLIVEIRA, P.A. Análise e viabilidade econômica em um sistema de confinamento para a terminação de gado de corte anelorado. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v.8, n.1, p.42-52, abr. 2017.
- IBGE. **Censo Agropecuário - 2017**: séries históricas. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 10 abr. 2021.
- KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R.; AMARAL, A.C. do (ed.). **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 209p.
- MALINA JR, J.F.; POHLAND, F.G. **Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes**. Lancaster: Technomic, 1992. 214p. (Water Quality Management Library, 7).
- ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J. de. 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, v.31, n.2, p.399-410, mar./abr. 2011.
- SALOMON, K.R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. 2007. 219f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.
- SÓRIO, A. **Diagnóstico da oferta e demanda de ovinos e caprinos para processamento de carne, pele e leite na região central de Tocantins**. [S.l.]: PDRIS, [2018]. 237p. Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável do Tocantins - PDRIS. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/405313/>. Acesso em: 6 fev. 2021.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG-Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014. 452p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 1).