

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/308305395>

# Produção de biogás por dejetos de ruminantes e monogástricos co-digeridos com manipueira.

Thesis · April 2016

DOI: 10.13140/RG.2.2.11531.90402

---

CITATIONS

0

---

READS

16

1 author:



[Willian Rufino Andrade](#)

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

8 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA  
CURSO DE ZOOTECNIA

WILLIAN RUFINO ANDRADE

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR DEJETOS DE RUMINANTES E  
MONOGÁSTRICOS CODIGERIDOS COM MANIPUEIRA**

AQUIDAUANA  
2016

WILLIAN RUFINO ANDRADE

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR DEJETOS DE RUMINANTES E  
MONOGÁSTRICOS CODIGERIDOS COM MANIPUEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para a  
obtenção do título de Zootecnista, pelo Curso  
de Zootecnia da Universidade Estadual de  
Mato Grosso do Sul

Orientadora: Profa. Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos

AQUIDAUANA  
2016

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus Pais dedico...

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter realizado grandiosas obras em minha vida. Agradeço a Deus também por ter colocado em minha jornada pessoas maravilhosas, os quais tem me ajudado a construir o que sou hoje.

As peças chaves de toda essa jornada, e principalmente, desse trabalho vem sendo meus fiéis parceiros, Sueli Aparecida Rufino Andrade e Januário Andrade, os quais tem me apoiado incondicionalmente.

Porém, amigos, colegas e professores foram essenciais para superação de desafios diários. Sou grato a pesquisadora Dr.<sup>a</sup> Cristiane de Almeida Neves Xavier (Cris) pela orientação, conhecimento compartilhado, sincera amizade e companheirismo ao longo de minha jornada não só pela UEMS, mas também quando estive em intercâmbio no Canadá, sempre prestativa e orientado-me por e-mails.

Agradeço a minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Tânia Mara Baptista dos Santos por sempre ter creditado em mim confiança, além de seus puxões de orelha, incentivos e valiosos conselhos. Também, a Prof.<sup>a</sup> Nanci Cappi por ter oferecido a oportunidade de trabalhar com o grupo de pesquisa em resíduos.

Aos meus companheiros de laboratório por sempre terem colaborado para meu desenvolvimento como profissional e pessoa, eles são: Paula Fatori, Fabiane Coca, Kelly Carvalho, Daiana Arruda, Jessica Evangelista, Elaine Rosa, Simone, Stanley Avalo e Larissa Vaso.

Aos meus amigos de turma: Jonathan Santos, Cris Luana Nunes, Kheyciane Viana, Thainara Batista, Mayqueli Dorna, Paloma Franciscate, Talita Rocha e Anderson Ramires pelo apoio e companheirismo.

Agradeço à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul pela oportunidade de poder concluir meus estudos e realizar pesquisas, assim como agradeço ao CNPq pela fomentação do projeto desenvolvido.

Recue, mas só para pegar impulso!

## EPÍGRAFE

*“Find out who you are and do it on purpose”*

Dolly Parton

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição dos dejetos utilizados nos substratos para os abastecimentos diários dos biodigestores.....	3
Tabela 2.	Componentes dos substratos (kg) utilizados nos abastecimentos.....	4
Tabela 3.	Reduções de sólidos de substratos de biodigestores contendo dejetos de ruminantes e monogástricos codigeridos com manipueira .....	5
Tabela 4.	Produção acumulada semanal e rendimentos de biogás de dejetos de animais ruminantes e monogástricos com manipueira em biodigestores semicontínuos .....	6
Tabela 5.	Valores médios de pH, nitrogênio (N) amoniacal (mg/L) e alcalinidade devida a bicarbonatos (AP) ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}^{-1}$ ) nos substratos e efluentes de biodigestores semicontínuos operados com dejetos de ruminantes e monogástricos em codigestão com manipueira .....	8

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produções médias diárias de biogás ( $m^3$ ) em biodigestores semicontínuos operados com dejetos de ruminantes e monogástricos codigeridos com manipueira..... 7

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
Introdução .....	1
Material e Métodos .....	2
Resultados e Discussão .....	5
Conclusão .....	9
Referências Bibliográficas .....	10

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o uso de manipueira na co-digestão anaeróbia com dejetos de animais ruminantes e monogástricos por meio de parâmetros de monitoramento do processo e da produção de biogás. Foram utilizados oito biodigestores semicontínuos com volume útil de 7,8 l de substrato em fermentação operados com tempo de retenção hidráulica de 30 dias. Realizou-se análises de pH, nitrogênio amoniacal, alcalinidade parcial (AP), sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), e rendimento do biogás ( $\text{m}^3 \text{kg SV}_{\text{adicionados}}^{-1}$ ). Os valores de pH e concentrações de AP apresentaram-se na faixa ideal para a ocorrência do processo de digestão, de 6,0 a 8,0 e acima de  $1.200 \text{ mg/CaCO}_3/\text{L}^{-1}$ , respectivamente. Durante o processo não houve risco de falência por concentrações de nitrogênio amoniacal. As produções médias de biogás acumuladas semanais foram de 0,00676; 0,1167; 0,01515 e  $0,01856 \text{ m}^3$ , respectivamente para substratos formados por dejetos de bovinos de leite, ovinos, aves e/ou suínos codigeridos com manipueira. Os rendimentos para os respectivos substratos foram 0,122; 0,275; 0,535 e  $0,843 \text{ m}^3 \text{ kg SV}_{\text{adicionados}}^{-1}$ . Maiores produções de biogás são obtidas na co-digestão anaeróbia de dejetos de suínos com 10% (volume/volume) de manipueira.

**Palavras-chave:** alcalinidade, amônia, biodigestor, mandioca, pH

## ABSTRACT

The primary aim of this study was to evaluate ruminant and monogastric animal manure co-digested with 10% of manipueira through monitoring parameters and biogas production. In this study were used eight semi-continuous digesters with capacity of 7.8 liters (l) of substrate on fermentation operated with 30 days of hydraulic retention time. Monitoring analyses were performed in order to assess: pH, total ammonia nitrogen (TAN) concentration, partial alkalinity (PA), total and volatile solids content and the biogas yield ( $\text{m}^3 \text{ kg VS}_{\text{added}}^{-1}$ ). There was no statistic difference for all pH values, which reached values around 6.8 to 8.0. For PA all substrates reached values higher than  $1.200 \text{ mg/CaCO}_3/\text{L}^{-1}$  as recommended. During the process, there was no risk of failure based on TAN concentration. The average biogas productions accumulated per week were 0.00676; 0.01167; 0.01515 and  $0.01856 \text{ m}^3$  for substrates composed by dairy cattle, sheep, poultry and swine manure co-digested with manipueira, respectively. The biogas yield for those respective substrates were 0.122; 0.275; 0.535 e  $0.843 \text{ m}^3 \text{ kg VS}_{\text{added}}^{-1}$ . Highest biogas yield was obtained in anaerobic co-digestion of swine manure with 10% (volume/volume) of manipueira.

**Keywords:** alkalinity, ammonia, digester, cassava, pH

## **Introdução**

O setor agrícola brasileiro produziu aproximadamente 24 milhões de toneladas de mandioca na safra de 2015 (IBGE, 2015). Tal raiz tuberosa é considerada um produto popular na alimentação dos brasileiros, com importância cultural, econômica e nutricional.

Tanto doméstica como industrialmente, o processamento e beneficiamento da mandioca para geração de subprodutos, como a farinha de mandioca, tem gerado resíduos em grandes quantidades (Souza & Otsubo, 2002), um dos quais, é conhecido popularmente como manipueira. Segundo Ribas & Barana (2003) esse resíduo proveniente da prensagem da mandioca ralada e lavada pode conter elevados teores de matéria orgânica, e sua geração pode atingir a marca de 450 litros por tonelada de raiz processada.

Resíduos da agroindústria como os dejetos de animais, palhas, cascas, polpas e águas residuária (ex.: manipueira) são passíveis de reciclagem para o aproveitamento da energia e dos nutrientes neles contidos. Uma das formas de reciclagem de resíduos é o processo de digestão anaeróbia, que é uma alternativa por meio da qual se obtém o biogás e o biofertilizante. O biogás pode ser utilizado para produção de calor ou energia elétrica e o biofertilizante para a adubação e condicionamento de solo no cultivo de gramíneas e cereais.

A produção de biogás com o uso de dois ou mais resíduos é chamada de codigestão anaeróbia e apresenta as seguintes vantagens: a) balanceamento mais adequado de nutrientes (Molinuevo-Salces et al., 2013); b) reduz o efeito de compostos tóxicos já presentes nos resíduos ou formados durante o processo (Mao et al., 2015); c) pode aumentar o poder de tamponamento do meio (Holm-Nielsen et al., 2009); d) e aumentar o rendimento de biogás (Xavier et al., 2015).

O uso de manipueira em processos de digestão anaeróbia para produção de biogás pode ser limitado por teores elevados de compostos facilmente solúveis (Panichnumsin et al., 2012) levando ao acúmulo de ácidos graxos voláteis e instabilidade do processo. A digestão anaeróbia de manipueira como substrato único nem sempre é conduzida com sucesso e, quase sempre, são necessários o acréscimo de neutralizadores de pH, longos tempos de retenção hidráulica, diluição em água, codigestão com outros resíduos e/ou separação de fases.

Por outro lado, dejetos provenientes da produção pecuária, são ricos em compostos com degradabilidade mais tardia em relação àqueles apresentados por resíduos como manipueira, vinhaça e soro de leite. Além disso, contribuem para o aumento do poder de tamponamento dos substratos (Molinuevo-Salces et al., 2013). Esses dejetos, quando

utilizados como substratos únicos de biodigestores dificilmente apresentam falência do processo.

A utilização de manipueira e dejetos de animais como substratos de biodigestores, numa proporção adequada que não ofereça risco ao desenvolvimento do processo, pode facilitar o aproveitamento da manipueira e agregar a ela valor econômico, ambiental e social, uma vez que a maior parte de produtores e processadores de mandioca são de unidades do tipo familiar em pequenas comunidades rurais (Bringhenti & Cabello, 2005).

Portanto, objetivou-se avaliar o processo de codigestão anaeróbia e a produção de biogás por dejetos de ruminantes e de monogástricos com manipueira em biodigestores semicontínuos.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Resíduos de Origem Animal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/Unidade de Aquidauana (Latitude 20°28'S; Longitude 55°48'W). O experimento foi conduzido durante o período chuvoso, no qual a temperatura média foi de 29,02°C.

O ensaio foi conduzido em duas fases, as quais consistiram de 35 dias para a partida e 90 dias de abastecimentos diários, totalizando 125 dias. Os substratos das fases de partidas continham 2% de sólidos totais (ST) e para os abastecimentos diários foram de 4% de ST. Para a fase de abastecimentos diários adotou-se o tempo de retenção hidráulica de 30 dias.

Os dejetos utilizados para a partida e as cargas diárias dos biodigestores foram obtidos no setor de Bovinocultura Leiteira, Ovinocultura e Avicultura de postura da referida unidade e no setor de Suinocultura da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

As vacas eram da raça “Pantaneira” em lactação, que recebiam dietas formuladas com 60% de volumoso e 40% de concentrado (contendo milho, soja, ureia e suplementação mineral). Os ovinos eram da raça Santa Inês e mestiços, mantidos em sistema de pastejo rotacionado com dieta a base de capim Piatã, Massai e suplementação mineral.

As aves de postura eram da linhagem Hy Line mantidas em sistema de gaiolas convencionais, recebendo dietas formuladas a base de farelo de milho e soja. Os suínos eram da linhagem Pietran/Duroc x Large White/Landrace, mantidos em baias recebendo dietas formuladas a base de milho e soja.

Os dejetos dos animais ruminantes foram colhidos por raspagem do piso das instalações logo após serem produzidos. Destaca-se que os dejetos de ovinos coletados para a fase de partida forma diferentes daqueles de cargas diárias. Os dejetos de suínos foram provenientes de animais mantidos em cama sobreposta, coletados logo após serem produzidos.

Para os dejetos de aves foram realizadas duas coletas, para a fase de partida, onde foi utilizado sacos plásticos alocados abaixo das gaiolas por um período de 24 horas, sendo possível portanto, coletar apenas os dejetos. Já para a fase de abastecimentos diários, os dejetos das aves de postura foram colhidos na Fazenda da Granja Suzuki, no município de Terenos – MS. Os dejetos foram colhidos após decorrido um tempo de produção quando se apresentavam na forma de “castelos”, típicos de dejetos obtidos em sistemas de produção convencionais.. A manipueira foi obtida em casa de produção de farinha na Zona Rural de Anastácio – MS. Todo o material colhido foi embalado em sacos plásticos, identificados conforme a espécie animal e acondicionados em freezer até o momento do uso.

Foram utilizados oito biodigestores contínuos de bancada, construídos em policloreto de polivinila (PVC), com volume útil de 7,8 litros de substrato em fermentação. Os biodigestores possuíam duas partes distintas, uma câmara de fermentação e o gasômetro, os quais foram dispostos em bancada e mantidos em temperatura ambiente, abrigados de luz solar e chuva.

Para a fase de partida dos biodigestores utilizou-se dejetos de bovinos, ovinos, aves e suínos que apresentaram teores de sólidos totais (ST) de 19,46; 36,74; 6,05 e 37,99%, respectivamente. Para os abastecimentos diários, os biodigestores receberam dejetos de bovinos, ovinos, aves e suínos cujos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição dos dejetos utilizados nos substratos para os abastecimentos diários dos biodigestores.

	Sólidos totais (%, na matéria natural)	Sólidos voláteis (%, na matéria seca)	Sólidos voláteis (%, na matéria natural)
Bovinos	19,46	79,46	15,46
Ovinos	37,03	76,49	28,32
Suínos	37,99	60,66	23,04
Aves	60,21	59,31	35,71

Na Tabela 2 estão apresentados os componentes dos substratos utilizados para a fase de partida e de abastecimentos diários.

Tabela 2. Componentes dos substratos (kg) utilizados nos abastecimentos.

	Dejetos	Água	Manipueira	Bicarbonato de sódio
Partida				
Bovinos	0,79	6,71	0,000	0,039
Ovinos	0,42	7,08	0,000	0,039
Suínos	0,41	7,09	0,000	0,039
Aves	2,58	4,92	0,000	0,039
-----				
Cargas diárias				
Bovinos	0,05	0,21	0,026	0,0013
Ovinos	0,03	0,23	0,026	0,0013
Suínos	0,03	0,23	0,026	0,0013
Aves	0,02	0,24	0,026	0,0013

O percentual de manipueira como cosubstrato foi determinado em ensaios preliminares. A manipueira acrescida nos substratos das cargas diárias (10%, massa/massa) continha teores médios de ST de 5,5%, pH de 4,87 e concentração de nitrogênio amoniacal de 175 mg/L<sup>-1</sup>.

Nos ensaios preliminares verificou-se a necessidade de uso de bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) em ambos substratos contendo dejetos de monogástricos e ruminantes para a manutenção de pH em faixa ótima devido o acréscimo de manipueira cuja natureza é ácida. Buscando a imparcialidade, em todos os substratos foi adicionado NaHCO<sub>3</sub> (0.5% massa/massa).

As determinações dos teores de ST e SV foram realizadas segundo metodologia descrita por APHA, AWWA, WEF (2012).

Para determinação dos volumes de biogás produzidos diariamente, mediu-se o deslocamento vertical dos gasômetros. O resultado foi multiplicado pela área da secção transversal interna dos gasômetros de 0,00785 m<sup>2</sup>.

Para a correção do volume de biogás à pressão e temperatura de 1atm e 25°C, respectivamente, utilizou-se a equação resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac como descrito por Caetano (1985), onde:

$V_0$  = volume do biogás corrigido, m<sup>3</sup>;

$P_0$  = pressão do biogás corrigida, 10332,72 mm de H<sub>2</sub>O;

$T_0$  = temperatura do biogás corrigida, 298,15 (Kelvins);

$V_1$  = volume do biogás no gasômetro;

$P_1$  = pressão do biogás no momento de leitura, 22 mm de coluna d'água;

$T_1$  = temperatura do biogás no momento de leitura K.

Considerando a pressão atmosférica de 10293 mm de coluna d'água, obteve-se como resultado a seguinte equação para correção do volume do biogás

$$V_0 = \frac{V_1}{T_1} \times 297,6515$$

Os rendimentos de biogás foram calculados utilizando-se dos dados de produção de biogás diária de cada biodigestor e as quantidades de sólidos voláteis adicionados. Os valores foram expressos em m<sup>3</sup> de biogás por SV adicionados.

As variáveis avaliadas semanalmente foram a produção acumulada semanal de biogás, os potenciais de produção de biogás, as reduções de sólidos totais (ST) e de sólidos voláteis (SV), pH, N amoniacal e alcalinidade parcial (AP). Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA pelo delineamento de blocos, onde o principal fator avaliado foi o tipo de dejetos codigeridos com a manipueira, tendo como cofator as semanas de análises. Quando necessário, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Resultados e Discussão

Houve diferença quanto às reduções de ST e SV para os diferentes tipos de dejetos codigeridos com manipueira (Tabela 3). As maiores reduções de ST e SV ocorreram nos biodigestores que receberam dejetos de animais monogástricos e manipueira.

Tabela 3. Reduções de sólidos de substratos de biodigestores contendo dejetos de ruminantes e monogástricos codigeridos com manipueira

Substratos	Reduções (%)	
	Sólidos totais	Sólidos voláteis
Dejetos de bovinos + manipueira	39,20 b	41,85 b
Dejetos de ovinos + manipueira	37,60 b	44,56 b
Dejetos de suínos + manipueira	61,01 a	68,30 a
Dejetos de aves + manipueira	60,40 a	69,90 a
Valor de P	<0,001	<0,001
Coefficiente de variação (%)	18,90	14,75

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As diferenças nas reduções de SV dos diferentes dejetos com manipueira podem ser explicadas pela diferença na composição dos dejetos. Dejetos de ruminantes são ricos em

lignina, composto fenólico de difícil degradação que complexada com a celulose e a hemicelulose impede a conversão desses compostos em precursores de metano ([Angelidaki & Ahring, 2000](#); [Vanholme et al., 2010](#); [Sawatdeenarunat et al., 2015](#); [Xavier et al., 2015](#)). Em dejetos de monogástricos, os nutrientes estão mais prontamente disponíveis e a formação de metano pode ocorrer mais rapidamente e em taxas maiores. Além disso, a codigestão anaeróbia desses dejetos com manipueira pode ter melhorado a relação carbono: nitrogênio (C:N) do substrato, o que contribui para maiores rendimentos de biogás.

Maiores reduções de SV estão correlacionadas com maiores produções de biogás. De fato, maiores produções e potenciais de produção de biogás foram obtidos com dejetos de animais monogástricos codigeridos com manipueira (Tabela 4). Dentre estes, os dejetos de suínos codigeridos com manipueira apresentaram o maior potencial para produção de biogás ( $0,843 \text{ m}^3/\text{SV}_{\text{adicionados}}^{-1}$ ). Dejetos de ovinos apresentaram os maiores rendimentos de biogás ( $0,275 \text{ m}^3/\text{SV}_{\text{adicionados}}^{-1}$ ) entre os dejetos de ruminantes codigeridos com manipueira.

Tabela 4. Produção acumulada semanal e rendimentos de biogás de dejetos de animais ruminantes e monogástricos com manipueira em biodigestores semicontínuos

Substratos	Produção semanal	Rendimento
	de biogás	de biogás
	$\text{m}^3$	$\text{m}^3 \text{ kg SV}_{\text{adicionados}}^{-1}$
Dejetos bovinos + manipueira	0,00676 d	0,122 d
Dejetos ovinos + manipueira	0,01167 c	0,275 c
Dejetos suínos + manipueira	0,01856 a	0,843 a
Dejetos aves+ manipueira	0,01515 b	0,535 b
Valor de P	<0,001	<0,001
Coefficiente de variação (%)*	8,34	12,09

Coefficiente de variação; Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* Fator principal.

De acordo com a literatura, os rendimentos de produção de biogás para dejetos de cabras (similar ao de ovinos), suínos, vacas leiteiras e aves de postura como único substrato de biodigestores são em média  $0,218$ ;  $0,645$ ;  $0,254$  and  $0,627 \text{ m}^3 \text{ kg de SV}_{\text{adicionados}}^{-1}$  ([Orrico et al., 2004](#); [Xavier et al., 2010](#); [Sakar et al., 2009](#); [Miranda et al., 2012](#)), respectivamente. Portanto, a manipueira incrementou nos rendimentos de biogás em 26 e 31% quando codigerida com dejetos de ovinos e suínos, respectivamente. No entanto, uma redução de 52% e 15% foi encontrada para dejetos de bovinos e aves codigeridos com manipueira comparando com os dados da literatura. Ressalta-se que valores de produção e

potenciais de produção de biogás são afetados diretamente pela composição do dejetos como espécie animal, conteúdo energético, proteico e fibroso na dieta, digestibilidade, estágio fisiológico, idade, sistema de produção, condições ambientais (Sakar et al., 2009), assim como a adição de outro substrato (codigestão anaeróbia).

Constatou-se que, logo após o início das cargas diárias, a produção de biogás por dejetos de aves foi maior em relação aos demais substratos e nos próximos 30 dias, semelhante a dos dejetos de suínos codigeridos com manipueira, após o que, houve um declínio e a produção de biogás foi aproximadamente a metade daquela apresentada anteriormente (Figura 1).

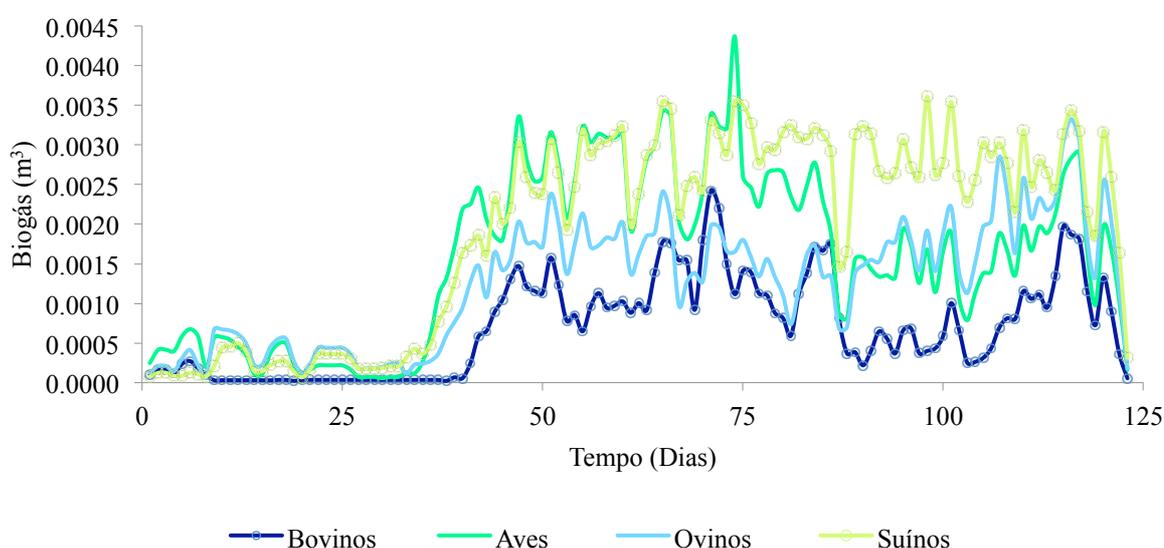


FIGURA 1. Produções médias diárias de biogás ( $m^3$ ) em biodigestores semicontínuos operados com dejetos de ruminantes ou monogástricos codigeridos com manipueira.

As variações na produção de biogás de todos os substratos podem ser explicadas pela variação na temperatura ambiente e variação na qualidade da manipueira ao longo do experimento. A composição e o perfil químico da manipueira pode variar de acordo com a variedade, idade de corte, qualidade do solo, fatores ambientais como temperatura e umidade e também o método de processamento da mandioca nas casas de farinha (Fioretto, 1994).

Durante a maior parte do experimento, substratos contendo dejetos de ruminantes e manipueira apresentaram cerca de metade da produção de biogás em relação àqueles contendo dejetos de monogástricos e manipueira. Dentre eles, os dejetos de bovinos apresentaram os menores rendimentos de biogás, provavelmente porque esses animais aproveitam melhor os nutrientes da dieta em relação aos suínos e aves, excretando dejetos

ricos em fibras de difícil degradabilidade, o que implica em menos nutrientes prontamente disponíveis para os microrganismos da digestão anaeróbia. De fato, a digestão nos ruminantes ocorre de forma mais lenta do que nos monogástricos, mas os substratos são muito mais alterados (Cunningham, 2004).

Os valores médios de pH para os substratos e efluentes dos biodigestores variaram de 6,92 a 7,95 (Tabela 5). Embora os dejetos de aves e de ovinos misturados com manipueira tenham apresentado pH inicial elevados, todos os efluentes apresentaram pH dentro da faixa recomendada para a digestão anaeróbia, de 6,0 a 8,0 (Aragaw et al. 2013). O maior valor médio de pH foi encontrado para os efluentes de biodigestores operados com dejetos de aves e manipueira, de 7,55.

Tabela 5. Valores médios de pH, concentração de nitrogênio amoniacal e alcalinidade parcial de substratos e efluentes de biodigestores semicontínuos alimentados com dejetos de ruminantes e monogástricos codigeridos com manipueira

Substratos	pH		N amoniacal (mg/L)		Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L <sup>-1</sup> )	
	Substrato	Efluente	Substrato	Efluente	Substrato	Efluente
Dejetos bovinos + manipueira	7,18 c	7,39 c	109 c	131 c	3847 b	5293 c
Dejetos ovinos + manipueira	7,95 a	7,42 b	86 c	169 c	5350 a	6527 b
Dejetos suínos + manipueira	6,92 d	7,41 bc	170 b	370 b	3431 c	5603 c
Dejetos aves + manipueira	7,90 b	7,55 a	305 a	719 a	5212 a	7715 a
Valor de P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)*	0,76	0,44	14,95	0,76	0,44	14,95

\*Coeficiente de variação; Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tanto o substrato como o efluente de biodigestores operados com dejetos de aves e manipueira apresentaram maiores concentrações de N amoniacal em relação aos demais tipos de substratos. Entre os substratos contendo dejetos de ruminantes e manipueira, não houve diferença entre as concentrações de N amoniacal. Para todos os substratos, as concentrações de N amoniacal foram abaixo do limite de inibição de microrganismos anaeróbios, de 1.000 mg/L (Chernicharo, 1997).

A alcalinidade parcial é uma medida da concentração de bicarbonatos e pode indicar a estabilidade do processo de digestão anaeróbia (Ward et al., 2011). No presente estudo, a AP presente nos substratos variaram entre 3431 e 7715 mg CaCO<sub>3</sub>/L<sup>-1</sup>, superiores ao limite mínimo operacional para sistemas de digestão anaeróbia, de 1.200 mg CaCO<sub>3</sub>/L<sup>-1</sup> (Jenkins et al. 1991). Os dejetos de aves codigeridos com manipueira apresentaram maiores valores de AP em relação aos demais substratos.

O fato dos dejetos de aves codigeridos com manipueira apresentarem maior pH e maiores concentrações de N amoniacal e AP pode ser decorrente de uma relação C:N diferente nesses substratos, já que os dejetos de aves são ricos em nitrogênio (ácido úrico) e a manipueira é rica em carboidratos solúveis. Normalmente, o pH torna-se elevado com o aumento da concentração de N amoniacal que por sua vez, aumenta a AP devido o aumento da concentração de bicarbonatos de amônio, naturalmente formados durante o processo de degradação anaeróbia da matéria orgânica. Dessa forma utilizada, os riscos de inibição por amônia livre tornam-se reduzidos.

### **Conclusão**

Dejetos de animais monogástricos codigeridos com manipueira apresentaram maiores rendimentos de biogás. Biodigestores abastecidos com dejetos de suínos codigeridos com manipueira alçaram  $0,843 \text{ m}^3 \text{ SV}_{\text{adicionados}}^{-1}$ . Todos substratos apresentaram reduzido risco operacional, com pH, concentrações de nitrogênio amoniacal e alcalinidade parcial dentro dos limites ideais para o processo de codigestão anaeróbia.

## Referências Bibliográficas

- Alvarez, R., Lidén, G. 2009. Low temperature anaerobic digestion of mixtures of llama, cow and sheep manure for improved methane production. *Biomass and Bioenerg*, 33: 527-533.
- Amorim, A.C.; Lucas Júnior, J., Resende, K.T. 2004. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. *Eng Agríc*, 24: 16-24.
- Angelidaki, I., Ahring, B. K. 2000. Methods for increasing the biogas potential from the recalcitrant organic matter contained in manure. *Water Sci Technol*, 4: 189-94.
- APHA.AWWA.WPCF. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22<sup>nd</sup> ed. Washington.
- Aragaw, T; Andargie, M; Gessesse, A. 2013. Co-digestion of cattle manure with organic kitchen waste to increase biogas production using rumen fluid as inoculums. *Int J Physical Sci*, 8: 443-450.
- Bringhentti, L.; Cabello, C. 2005. Qualidade do álcool produzido a partir de resíduos amiláceos da agroindustrialização da mandioca. *Rev Energ Agric*, 20: 36-52.
- Caetano, L. 1985. Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 75 f.
- Chernicharo, C. A. L. 1997. Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. Ed. Belo Horizonte, UFMG, p.379.
- Cunningham, J.G. 2004. Tratado de fisiologia veterinária. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 579 p.
- Fioretto, R. A. 1994. Uso da manipueira em fertirrigação. In: Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo: Paulicéia, pp. 51-80.
- Holm-Nielsen, J. B., Al Seadi, T. and Oleskowicz-Popiel, P. 2009. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technol*, 100: 5478- 5484.
- IBGE. 2015. Levantamento o sistemático da produção agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil.[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa\\_201506.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa_201506.pdf)>. Accessed in: 11/September/2015.
- Jenkins, S.R.; Morgan, J.M.; Zhang,X. 1991. Measuring the usable carbonate alkalinity of operating anaerobic digesters. *J Water Pollut Con F*, 63: 28-34.

- [Mao, C., Feng, Y., Wang, X., Ren, G. 2015. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. \*Renew Sust Energ Revi\*, 45: 540-555.](#)
- [Miranda, A.P.; Lucas Júnior, J.; Thomaz, M.C.; Pereira, G.T.; Fukayama, E.H. 2012. Anaerobic biodigestion of pig feces in the initial, growing and finishing stages fed with diets formulated with corn or sorghum. \*Eng Agric\*, 32: 47-59.](#)
- [Molinuevo-Salces, B.; Gómez, X.; Morán, A.; García-González, M.C. 2013. Anaerobic co-digestion of livestock and vegetable processing wastes: fibre degradation and digestate stability. \*Waste Manage\*, 33: 1332-1338.](#)
- [Panichnumsin, P.; Nopharatana, A.; Ahring, B.; Chaiprasert, P. 2012. Enhanced biomethanation in co-digestion of Cassava pulp and pig manure using a two-phase anaerobic system. \*J Sustain Energ Environ\*, 3: 73-79.](#)
- [Ribas, M.M.F.; Barana, A.C. 2003. Start-up Adjustment of a plug-flow digester for cassava wastewater \(manipueira\) treatment. \*Sci Agric\*, Piracicaba, 60: 223-229.](#)
- [Sakar, S.; Yetilmezsoy, K.; Kocak, E. 2009. Anaerobic digestion technology in poultry and livestock waste treatment—a literature review. \*Waste Manage Res\*, 27: 3-18.](#)
- [Sawatdeenarunat, C., Surendra, K. C., Takara, D., Oechsner, H., Khanal, S. K. 2015. Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities. \*Bioresource Technol\*, 178: 178-186.](#)
- [Souza, J.S.; Otsubo, A.A. 2002. Aspectos do Cultivo da Mandiocaem Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. p.219.](#)
- [Vanholme, R.; Demedts, B.; Morreel, K.; Ralph, J.; Boerjan, W. 2010. Lignin biosynthesis and structure. \*Plant Physiol\*, 153: 895-905.](#)
- [Ward, A.J., Hobbs, P.J., Holliman, P.J., Jones, D.L. 2011. Evaluation of near infrared spectroscopy and software sensor methods for determination of total alkalinity in anaerobic digesters. \*Bioresource Technol\*, 102: 4083-4090.](#)
- [Xavier, C.A.N.; Lucas Júnior, J. 2010. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras. \*Eng Agric\*, 30: 212-223.](#)
- [Xavier, C.A.N.; Moset, V.; Wahid, R.; Møller, H.B. 2015. The efficiency of shredded and briquetted wheat straw in anaerobic co-digestion with cattle manure. \*Biosystems Eng\*, 139: 16-24.](#)