

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 03/08/2021.

ALINE FERNANDES

**AVALIAÇÃO TÉCNICO E ECONÔMICA DO USO DIRETO DE BIORREMEDIADOR
E AMIDO COMERCIAL NOS DEJETOS DE BOVINOS LEITEIROS SUBMETIDOS
À DIGESTÃO ANAERÓBIA**

Botucatu

2020

ALINE FERNANDES

**AVALIAÇÃO TÉCNICO E ECONÔMICA DO USO DIRETO DE BIORREMEDIADOR
E AMIDO COMERCIAL NOS DEJETOS DE BOVINOS LEITEIROS SUBMETIDOS
À DIGESTÃO ANAERÓBIA**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Energia na Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Lucas Júnior

Botucatu

2020

F363a	Fernandes, Aline Avaliação técnico e econômica do uso direto de biorremediador e amido comercial nos dejetos de bovinos leiteiros submetidos à digestão anaeróbia / Aline Fernandes. -- Botucatu, 2020 92 p. : tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientador: Jorge de Lucas Júnior 1. Energia de fontes alternativas. 2. Biorreatores. 3. Enzimas. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

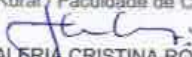
TÍTULO DA TESE: "AVALIAÇÃO TÉCNICO E ECONÔMICA DO USO DIRETO DE BIORREMEIADOR E AMIDO COMERCIAL NOS DEJETOS DE BOVINOS LEITEIROS SUBMETIDOS À DIGESTÃO ANAERÓBIA"

AUTORA: ALINE FERNANDES

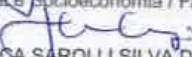
ORIENTADOR: JORGE DE LUCAS JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JORGE DE LUCAS JÚNIOR
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP


Prof.ª Dr.ª VALÉRIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN
Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof.ª Dr.ª MONICA SAROLLI SILVA DE MENDONÇA COSTA
Engenharia Agrícola / Universidade Estadual do Oeste do Paraná


Prof.ª Dr.ª LAURA VANESSA CABRAL DA COSTA
Engenharia Agrônômica / Universidade de Araraquara

Botucatu, 03 de agosto de 2020

*À minha mãe por ser meu maior exemplo
de vida e por sempre estar disposta a fazer
tudo para eu alcançar meus objetivos.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sua infinita misericórdia. Por todas as bênçãos a mim concedidas! Por sempre estar presente na minha vida, fortalecendo e iluminando meu caminho.

Ao professor Dr. Jorge de Lucas Júnior pela confiança e parceria na minha caminhada na pós-graduação. Pelas oportunidades, contribuições e ensinamentos para meu desenvolvimento pessoal e como pesquisadora.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de estudo concedida.

A empresa pela confiança e gentileza em ceder o produto comercial utilizado nessa pesquisa.

A FCA, ao Programa Energia na Agricultura, aos Professores da Pós-graduação por possibilitarem a realização desse trabalho e pelos ensinamentos. Aos funcionários da Seção de Pós-graduação por toda atenção e ajuda.

Aos professores doutores Valéria C. Rodrigues Sarnighausen e Marco Antônio Martin Biaggioni membros da banca examinadora da minha qualificação pela disponibilidade e contribuições, assim como a eles e aos demais professores membros da banca examinadora da minha defesa de tese.

A FCAV pelo suporte, aos professores e funcionários, em especial, aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Davi, Marquinhos, João, Sílvia, Ailton, Luiz Claudio, Tiãozinho e Maranhão por todo apoio, ajuda e companhia durante a condução do experimento.

Aos amigos de equipe: Alex, Luana e João que participaram da minha rotina no laboratório e se fizeram muito especiais pela ajuda, troca de experiências e momentos de descontração. A Stela pelo auxílio na realização da análise de viabilidade econômica.

Aos amigos, os quais foram essenciais nesta jornada: Paula, Ayla, Izabela, Isabella, Professor Amaral, Márcia, Nathalia e Mariana por todo carinho e palavras de incentivo transmitidas a mim.

As funcionárias do “orfã”, pelo carinho e, em particular, as crianças que tive o privilégio de conhecer e que de maneira muito especial me motivaram durante todos esses anos de pesquisa.

Aos meus pais e minhas irmãs pelas palavras e atos de amor, por me ensinarem os verdadeiros valores da vida que foram imprescindíveis para que eu concluísse essa etapa.

Aos meus familiares e amigos de longa data que entenderam minha ausência, por todo carinho, torcida e orações para que tudo desse certo.

RESUMO

A digestão anaeróbia (DA) é uma técnica notória na destinação dos dejetos do setor da bovinocultura, no entanto, buscaram-se métodos de aprimoramento para esse processo. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação direta de biorremediador e amido comercial na DA de dejetos de bovinos leiteiros (DBL) diluídos em água e peneirados (2mm). Foram conduzidos dois ensaios em temperatura ambiente. Inicialmente, o ensaio em biodigestores batelada foi conduzido para se encontrar quais das doses de 0,5; 1,0 e 10 mL do biorremediador seriam as mais adequadas. Para tanto, utilizaram-se biodigestores de 2,0L com quatro tratamentos e quatro repetições. As doses 0,5 e 1,0 mL do biorremediador mostraram-se ser as mais eficientes por terem apresentado os maiores potenciais de produção de biogás e remoções de sólidos ($p < 0,05$). Em seguida, com as doses determinadas, foi desenvolvido um segundo ensaio em biodigestores semicontínuos tubulares de 60L com tempo de retenção hidráulica de 30 dias. Para tanto, aplicaram-se as doses 1,0 e 0,5 mL do biorremediador e, também, a aplicação direta do amido comercial (0,025 kg), com a finalidade de entender o efeito do biorremediador em substratos de maior biodegradabilidade. Para melhor condução o ensaio foi dividido em dois períodos, determinados, testando-se a aplicação direta, das doses 1,0 mL e 0,5 mL, respectivamente. Foram avaliados quatro tratamentos com quatro repetições distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 representados pelos fatores amido (com e sem aplicação) e biorremediador (com e sem aplicação). Com base nos resultados obtidos dos tratamentos com a aplicação isolada do biorremediador, pertencentes aos dois períodos, foram definidos cenários em escala real com objetivo de avaliar a viabilidade econômica da aplicação do biorremediador. No 1º período, a aplicação do amido e do biorremediador apresentaram as maiores médias dos potenciais de produção de biogás e reduções de sólidos ($p < 0,05$) quando comparados ao tratamento sem suas aplicações, entretanto, para a produção de metano a aplicação do biorremediador apresentou melhor resultado ($p < 0,05$). No 2º período a aplicação do amido apresentou as maiores médias de potenciais de produção biogás e reduções de sólidos ($p < 0,05$) quando comparado aos tratamentos sem aplicação e com aplicação do biorremediador, entretanto para produção de metano a aplicação de amido apresentou a menor média ($p < 0,05$). Nos dois períodos avaliados o uso conjunto dos fatores não potencializou o efeito do biorremediador e não se observaram grandes variações nas concentrações de nutrientes no biofertilizante. Dos cenários avaliados, somente o tratamento sem a aplicação do biorremediador demonstrou ser financeiramente atrativo. Ainda, a Análise de Componentes Principais traz o agrupamento dos tratamentos com a aplicação dos aditivos e o isolamento do tratamento sem a aplicação deles. Finalmente, conclui-se que a DA de dejetos bovinos pode ser melhor com a aplicação direta de aditivos sendo a dose de 1,0 mL do biorremediador eficiente em relação a viabilidade técnico, porém não em relação a viabilidade econômica.

Palavras-chave: Biorreatores. Energia de fontes alternativas. Enzimas.

ABSTRACT

Anaerobic digestion (AD) is a notorious technique for the disposal of manure from the cattle industry, however, improvement methods are sought for this process. Thus, the objective was to evaluate the effect of the direct application of bioremediator and commercial starch on the AD of dairy cattle manure (CM) diluted in water and sieved (2mm). Two tests were conducted at room temperature. Initially, the batch biodigestors test was conducted to find which of the doses of 0.5; 1.0 and 10 mL of the bioremediation would be the most appropriate. For this purpose, 2.0L biodigesters were used with four treatments and four replications. The 0.5 and 1.0 mL doses of the bioremediation proved to be the most efficient because they had the greatest potential for biogas production and removal of solids ($p < 0.05$). Then, with the doses determined, a second test was developed in 60L semi-continuous tube digesters with hydraulic retention time of 30 days. For this purpose, doses of 1.0 and 0.5 mL of the bioremediator were applied, as well as the direct application of commercial starch (0.025 kg), in order to understand the effect of the bioremediator on substrates of greater biodegradability. For better conduction the test was divided in two periods, determined, testing the direct application, of the doses 1.0 mL and 0.5 mL, respectively. Four treatments were evaluated with four replications distributed in a completely randomized design, in a 2x2 factorial scheme represented by the starch (with and without application) and bioremediation (with and without application). Our results from the treatments with the isolated application of the bioremediator, belonging to the two periods, scenarios were defined on a full scale in order to assess the economic viability of the application of the bioremediator. In the 1st period, the application of starch and bioremediation showed the highest averages of the potentials for biogas production and reductions in solids ($p < 0.05$) compared to the treatment without its applications, however, for the production of methane the application of the bioremediator showed the best result ($p < 0.05$). In the 2nd period, the application of starch showed the highest averages of biogas production potentials and reductions in solids ($p < 0.05$) when compared to treatments without application and with application of the bioremediator, however for methane production the application of starch presented the lowest mean ($p < 0.05$). In both periods evaluated, the combined use of the factors did not enhance the bioremediation effect and there were no great variations in the concentrations of nutrients in the biofertilizer. Of the scenarios evaluated, only the treatment without the application of the bioremediator proved to be financially attractive. Still, the Principal Component Analysis brings the grouping of treatments with the application of additives and the isolation of the treatment without their application. It is concluded that the AD of bovine manure can be optimized with the direct application of additives, being the 1.0 mL dose of the bioremediation efficient in relation to technical viability, but not in relation to economic viability.

Keywords: Bioreactors. Energy from alternative sources. Enzymes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura - 1	Pesagem e peneiramento do substrato	35
Figura - 2	Produto biorremediador e sua aplicação no substrato.....	35
Figura - 3	Amido de milho comercial.....	36
Figura - 4	Representação do biodigestor tipo batelada.....	37
Figura - 5	Representação do biodigestor tipo semicontínuo.....	38
Figura - 6	Potencial de produção de biogás e teor de metano dos tratamentos do ensaio batelada.....	47
Figura - 7	Produção acumulada de biogás dos tratamentos nos 40 dias de processo.....	50
Figura - 8	Interação dos fatores amido <i>versus</i> biorremediador sobre os teores de ST aflu (A), ST eflu (B), SV aflu (C), SV eflu (D), ST red (E) e SV red (F) (1º período)	54
Figura - 9	Interação dos fatores amido <i>versus</i> biorremediador para o teor de CH ₄ (1º período).....	57
Figura - 10	Interação dos fatores amido <i>versus</i> biorremediador para o potencial de produção por sv red ⁻¹ (1º período).....	59
Figura - 11	Interação dos fatores amido <i>versus</i> biorremediador sobre teor de NKT no afluente (A), NKT no efluente (B), P no afluente (C) e P no efluente (D) (1º período).....	61
Figura - 12	Gráfico biplot da análise de componentes principais do ensaio semicontínuo (1º período).....	64
Figura - 13	Interação dos fatores amido <i>versus</i> biorremediador sobre os teores de ST eflu (A), SV eflu (B), ST red (C) e SV red (D) (2º período).....	67
Figura - 14	Interação dos fatores amido <i>versus</i> biorremediador sobre a produção de biogás (2º período).....	68
Figura - 15	Interação dos fatores amido <i>versus</i> biorremediador sobre potenciais de produção de biogás por dejetos (A), por ST adicionados (B) e por SV adicionados (C) (2º período)	70
Figura - 16	Interação dos fatores amido <i>versus</i> biorremediador sobre teor de NKT no afluente (A), NKT no efluente (B), P no afluente (C) (2º período).....	71 73
Figura - 17	Gráfico biplot da análise de componentes principais do ensaio semicontínuo (2º período).....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela- 1	Composição dos substratos nos tratamentos do ensaio batelada.....	38
Tabela - 2	Composição dos substratos dos tratamentos avaliados no ensaio semicontínuo durante 1º e 2º período.....	40
Tabela - 3	Teores de sólidos totais e voláteis e suas reduções do ensaio batelada.....	50
Tabela - 4	Potenciais de produção de biogás no ensaio batelada.....	51
Tabela - 5	Valor do pH no afluente e efluente dos tratamentos do ensaio semicontínuo (1º período).....	53
Tabela - 6	Teores de sólidos totais e voláteis no afluente e efluente e suas reduções em função dos fatores amido e biorremediador (1º período).....	53
Tabela - 7	Potencial de produção de biogás e teor de CH ₄ em função dos fatores amido e biorremediador (1º período).....	56
Tabela - 8	Potenciais de produção de biogás e metano em função dos fatores amido e biorremediador (1º período).....	58
Tabela - 9	Teores dos macronutrientes primários, NKT, P e K, no afluente e efluente em função dos fatores amido e biorremediador (1º período).....	61
Tabela - 10	Valor do pH no afluente e efluente dos tratamentos do ensaio semicontínuo (2º período).....	65
Tabela - 11	Teores de sólidos totais e voláteis no afluente e efluente e suas reduções em função dos fatores amido e biorremediador (2º período).....	66
Tabela - 12	Potencial de produção de biogás e teor de CH ₄ em função dos fatores amido e biorremediador (2º período).....	68
Tabela – 13	Potenciais de produção de biogás e metano em função dos fatores amido e biorremediador (2ºperíodo)	70
Tabela – 14	Teores dos macronutrientes, NKT, P e K, no afluente e efluente em função dos fatores amido e biorremediador (2º período).....	72
Tabela – 15	Fluxo de caixa para os cenários analisados.....	76
Tabela – 16	Indicativos econômicos dos cenários avaliados.....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Contribuição da bovinocultura na geração de resíduos.....	21
2.2	Digestão anaeróbia, condições ideais e possíveis inibições ao de Digestão anaeróbia.....	23
2.3	Biodigestores e produção de biofertilizante e biogás.....	25
2.4	Substratos de difícil biodegradabilidade.....	27
2.5	Técnicas de otimização da digestão anaeróbia.....	28
2.6	Viabilidade econômica.....	32
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1	Substrato e aditivos	34
3.2	Descrição do ensaio e do biodigestor batelada.....	36
3.3	Descrição do ensaio e do biodigestor semicontínuo.....	38
3.4	Análises realizadas	40
3.4.1	Parâmetros operacionais	40
3.4.2	Teores de sólidos totais e sólidos voláteis.....	40
3.4.3	Determinação do volume de biogás e cálculos dos potenciais de produção de biogás	41
3.4.4	Mensuração de metano do biogás.....	42
3.4.5	Determinação dos macronutrientes primários: nitrogênio (NKT), fósforo (P), potássio (K)	42
3.4.6	Análise de viabilidade econômica	43
3.5	Análises estatísticas do ensaio batelada	45
3.6	Análises estatísticas do ensaio semicontínuo.....	45
4	RESULTADOS.....	47
4.1	Resultados do ensaio batelada.....	47

4.2	Resultados do ensaio semicontínuo.....	52
4.2.1	Resultados do ensaio semicontínuo (1º período).....	52
4.2.2	Resultados do ensaio semicontínuo (2º período).....	65
4.2.3	Análise de viabilidade econômica.....	75
5	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

Os setores do agronegócio são imprescindíveis para suprir a demanda por alimento, bem como capacidade para proporcionar energia renovável e para tanto estão em constante desenvolvimento. Vale ressaltar que dentre esses setores a bovinocultura leiteira brasileira é também vista com relevância por apresentar potencial para geração de emprego e distribuição de renda.

É fato, porém, que as produções dos setores do agronegócio geram grandes quantidades de biomassa residual, as quais se não forem direcionadas a um tratamento adequado torna as fontes causadoras de impactos ambientais.

A bovinocultura leiteira por muitas vezes é vista como atividade de alto impacto ambiental, no entanto, a submissão dos resíduos à digestão anaeróbia (DA) garante ao setor redução eficaz do seu potencial poluidor sobre o solo, o ar e os corpos hídricos, minimizando impactos ao meio e a saúde.

O processo de DA é uma biotecnologia atrativa, pois de forma simultânea trata e converte os resíduos em biogás com diferentes aplicabilidades energéticas e em biofertilizante caracterizado pela reciclagem de nutrientes.

Entretanto, por mais que diversos resíduos orgânicos são passíveis ao processo anaeróbio, há também os que podem apresentar características limitantes para alguma de suas fases. Em especial, na fase inicial, no qual as bactérias fermentativas participam da hidrólise do composto orgânico de ligações mais complexas.

O dejetos de bovinos leiteiros tem grande potencial para ser usado como substrato na DA, contudo, devido conter maiores teores de fibras apresenta rendimentos inferiores a outros dejetos (ORRICO et al., 2016).

As técnicas de pré-tratamentos, codigestão, aplicação de aditivos orgânicos, entre outras, são alternativas para o uso dos substratos mais complexos, por propiciar condições mais adequadas ao processo anaeróbio o que garante produção eficiente de biogás (ZHANG et al., 2018). De acordo, com vários autores, o emprego de culturas energéticas e pré-tratamentos indicam efeito significativo sobre a produção de biogás e metano dos dejetos de bovinos leiteiros submetidos a DA (KALAMARAS et al., 2014; MONTORO et al., 2019; VIEIRA et al., 2015; ŞENOL et al., 2019).

A aplicação de enzimas é vista como ambientalmente correta e funcional, além de oferecer melhorias nas condições do substrato para fermentação, assim mostra-se propícia a aumentar a disponibilidade de açúcares fermentáveis o que acarreta melhor rendimento na produção de biogás (CORDOVA et al., 2017; ROMANO et al., 2009).

Desse modo, é possível inferir que a aplicação do amido comercial como aditivo na DA de dejetos bovino ocasionará efeitos semelhantes aos obtidos da codigestão dos dejetos com culturas energéticas amiláceas e, assim, ser capaz a avaliação do efeito do biorremediador testado sobre esses substratos co-digeridos.

Contudo, dentro do nosso conhecimento, faltam estudos sobre a aplicação direta de biorremediador em biodigestores usando dejetos de bovinos leiteiros como substrato. Além do mais, falta informações da submissão dos resultados técnicos à análise de viabilidade econômica.

Uma vez que, para o uso de enzimas comerciais ser considerado viável ao processo anaeróbio é necessário que esse atenda as questões de seletividade e eficiência e acima de ser viável economicamente (ZHENG et al., 2014).

Diante do exposto, neste trabalho objetivou-se avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso do biorremediador na produção de biogás e teor de metano de dejetos bovinos leiteiros.

5 CONCLUSÕES

No ensaio batelada as doses de 0,5 e 1,0 mL do biorremediador aplicado na DA dos dejetos de bovinos apresentaram maiores produções de biogás, o que mostra que mesmo o dejetos de bovino leiteiro submetido ao pré-tratamento mecânico (peneira) as menores frações de fibras que não ficam retidas na peneira ao sofrerem a ação das enzimas resultam maior conversão em biogás. A dose de 10 mL foi ineficiente para aumentar a produção de biogás, apresentado maior pico inicial de produção (hidrólise mais intensa) e, em seguida, teve uma queda e seguiu estável entre os tratamentos.

No ensaio semicontínuo conduzido no primeiro período a aplicação isolada dos fatores amido e biorremediador apresenta efeito positivo, fato que mostra ser possível a aplicação direta desses aditivos e assim a vantagem de eliminar a aquisição de equipamentos auxiliares e seus custos operacionais com o emprego da aplicação desses aditivos como técnica de pré-tratamento.

No ensaio semicontínuo conduzido no segundo período com a aplicação da menor dose do biorremediador, ou seja, 0,5 mL não resultou melhoria na DA dos dejetos de bovinos leiteiros. Por outro lado, o amido apresentou as maiores médias de produção de biogás sem proporcionalidade com a produção de metano.

A aplicação do biorremediador em conjunto ao amido, simulando a técnica de codigestão do dejetos de bovinos com culturas energéticas amiláceas, não resultou melhorias técnicas em relação a produção de biogás devido a biodegradabilidade natural apresentada pelo amido.

A dose de interesse de viabilidade técnica de 1,0 mL, no entanto, não correspondeu positivamente a análise de viabilidade econômica, o que leva necessidade do seu preço comercial ser ajustado.

Análise de Componentes Principais apresentou o agrupamento dos tratamentos com a aplicação direta dos aditivos correlacionados com as variáveis de potenciais de produção por biogás e metano, além das reduções de sólidos assegurando a possibilidade de se melhorar a DA de dejetos bovinos, mesmo após pré-tratamento mecânico.

REFERÊNCIAS

- ACHINAS, S.; ACHINAS, V.; EUVERINK, G. J. W. A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste. **Engineering**, v. 3, n.3, p.299-307, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eng.2017.03.002>
- AFONSO, E. R.; NACIMENTO, R. A.; ALVES, L. K. S.; PALHARES, P. J. C.; GAMEIRO, A. H. **Viabilidade econômica na construção e implantação de biodigestor e esterqueira na suinocultura**. v. 13 n. 12, p. 162, 2019. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n12a470.1-16>.
- AHMAD, F.; SILVA, E. L.; VARESCHE, M. B. A. Hydrothermal processing of biomass for anaerobic digestion – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.98, p.108-124, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.008>
- AMIN, F. R.; KHALID, H.; ZHANG, H.; RAHMAN, S. U; ZHANG, R.; LIU, G.; CHEN, C. Pretreatment methods of lignocellulosic biomass for anaerobic digestion. **AMB Express**, v.72. p.1-12, 2017. <http://dx.doi.org/10.1186/s13568-017-0375-4>
- ANDRADE, T. C.; SIQUEIRA, L. N.; SOUZA, D. A.; SILVA, F. V.; GUARDA, P.; GUARDA, E. A. Análise da influência do pré-tratamento químico e físico sob a caracterização das frações celulose e lignina de diferentes biomassas e seu potencial para produção de etanol de segunda geração. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR), v. 11, p. 955-974. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n3p955-974>
- ANGELIDAKI, I.; BOE, K.; ELLEGAARD, L. Effect of operating conditions and reactor configuration on efficiency of full-scale biogas plants. **Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research**. V.52, p.189-94, 2005. <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0516>.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. Tarifa Média por Classe de Consumo e por Região. 2020.
- APHA. AWWA. WPCF. - American Public Health Association. **Standart methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington, 2005.
- ARIF, S.; LIAQUAT, R.; ADIL, M. Applications of materials as additives in anaerobic digestion technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.97, p.354–366, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.039>
- BARBIERI, R. S.; CARVALHO, J. B.; SABBAG, O. J. Economic viability analysis of feedlot beef cattle. **Interações** (Campo Grande) [online]. 2016, v.17, n.3, p.357-369. ISSN 1518-7012. [https://doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.17-n.3\(01\)](https://doi.org/10.20435/1984-042X-2016-v.17-n.3(01)).
- BARBOSA, G.; LANGER, M. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental**. **Unoesc & Ciência – ACSA**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96, jan./jun. 2011
- BHATNAGAR, N.; RYAN, D.; MURPHY, R.; ENRIGHT, A.-M. Trace element supplementation and enzyme addition to enhance biogas production by anaerobic

digestion of chicken Litter. **Energies**, v.13, p.3477, 2020. <https://doi:10.3390/en13133477>

BINNER, R.; MENATH, V.; HUBER, H.; THOMM, M.; BISCHOF, F.; SCHMACK, D.; REUTER, M. Comparative study of stability and half-life of enzymes and enzyme aggregates implemented in anaerobic biogas processes. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v.1, n.1, p. 1–8, 2011. <http://dx.doi:10.1007/s13399-010-0002-y>.

BONILLA, S.; CHOOLAEI, Z.; MEYER, T.; EDWARDS, E. A.; YAKUNIN, A. F.; ALLEN, D. G. Evaluating the effect of enzymatic pretreatment on the anaerobic digestibility of pulp and paper biosludge. **Biotechnology Reports**, v.17, p. 77–85, 2018. <http://dx.doi:10.1016/j.btre.2017.12.009>

BOONTIAN, N. Conditions of the anaerobic digestion of biomass. **World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering**. v.8, n.9, p. 1036-1040, 2014.

BRADFORD, S. A., SEGAL, E., ZHENG, W., WANG, Q., HUTCHINS, S. R. Reuse of concentrated animal feeding operation wastewater on agricultural lands. **Journal of Environment Quality**, v. 37, n. 5, p.97, 2008. <http://dx.doi:10.2134/jeq2007.0393>

BRÉMOND, U.; DE BUYER, R.; STEYER, J. P.; BERNET, N.; CARRERE, H. Biological pretreatments of biomass for improving biogas production: an overview from lab scale to full-scale. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.90, p. 583–604, 2018. <http://dx.doi:10.1016/j.rser.2018.03.103>

BRIJWANI, K; OBEROI, H.S; VADLANI, P. V. Production of a cellulolytic enzyme system in mixed-culture solid-state fermentation of soybean hulls supplemented with wheat bran. **Process Biochem**, v.45, p.120–128, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2009.08.015>

BRUNI, E.; JENSEN, A. P.; ANGELIDAKI, I. Steam treatment of digested biofibers for increasing biogas production. **Bioresource Technology**, v.101, n.19, p. 7668–7671, 2010. <http://dx.doi:10.1016/j.biortech.2010.04.064>

CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.

CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 17, p. 2195–2210, 2006. <http://dx.doi:10.1016/j.biortech.2006.02.030>

CARLSSON, M.; LAGERKVIST, A.; MORGAN-SAGASTUME, F. The effects of substrate pre-treatment on anaerobic digestion systems: A review. **Waste Management**. v.32. p. 1634–1650, 2012.

CARRERE, H.; ANTONOPOULOU, G.; AFFES, R.; PASSOS, F.; BATTIMELLI, A.; LYBERATOS, G.; FERRER, I. Review of feedstock pretreatment strategies for improved anaerobic digestion: From lab-scale research to full-scale application.

Bioresource Technology, v.199, p. 386–397, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.007>

ČATER, M.; ZOREC, M.; MARINŠEK LOGAR, R. Methods for improving anaerobic lignocellulosic substrates degradation for enhanced biogas production. **Springer Science Reviews**, v.2, n.1-2, p 51–61, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s40362-014-0019-x>

CHEN, J. L.; ORTIZ, R.; STEELE, T. W. J.; STUCKEY, D. C. Toxicants inhibiting anaerobic digestion: A review. **Biotechnology Advances**, v.32, n. 8, p.1523–1534, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.005>

CHERNICHARO, C.A.L. Reatores Anaeróbios. 2 ed. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5, 380 p. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

COSTA, L. V.; MOGHRABI, J. A.; SAGULA, A. L.; JUNIOR, J. L. Tratamento anaeróbico da água residuária de frigorífico com uso de biodigestores: utilização de remediadores biológicos para produção de biogás. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.7, n.2, p. 77-85, 2013.

CREMONEZ, P. A.; TELEKEN, J. G.; FEIDEN, A.; ROSSI, E.; SOUZA, S. M.; TELEKEN, J.; DIETER, J.; ANTONELLI, J. Biodigestão anaeróbia de polímero orgânico de fécula de mandioca. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 1, p. 122-133, 2016. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15028>

DAMACENO, F. M.; CHIARELOTTO, M.; RESTREPO, J. C. P. S.; BULIGON, E. L.; COSTA, L. A. M.; DE LUCAS JUNIOR, J.; COSTA, M. S. S. M. Anaerobic co-digestion of sludge cake from poultry slaughtering wastewater treatment and sweet potato: Energy and nutrient recovery. **Renewable Energy**, v. 133, p. 489-499, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.070>

DONOSO-BRAVO, A., & FDZ-POLANCO, M. Anaerobic co-digestion of sewage sludge and grease trap: Assessment of enzyme addition. **Process Biochemistry**, v.48, n.5-6, p. 936–940, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2013.04.005>

DONOSO-BRAVO, A.; ORTEGA-MARTINEZ, E.; RUIZ-FILIPPI, G. Impact of milling, enzyme addition, and steam explosion on the solid waste biomethanation of an olive oil production plant. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v.39, n.2, p. 331–340, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s00449-015-1519-z>

EMBRAPA. Anuário leite 2019: novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, p. 104, 2019.

FAGBOHUNGBE, M. O.; HERBERT, B. M. J.; HURST, L.; IBETO, C. N.; LI, H.; USMANI, S. Q.; SEMPLE, K. T. The challenges of anaerobic digestion and the role of biochar in optimizing anaerobic digestion. **Waste Management**, v. 61, p. 236–249, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.028>

FANG, C.; BOE, K.; ANGELIDAKI, I. Biogas production from potato-juice, a by-product from potato-starch processing, in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) and expanded granular sludge bed (EGSB) reactors. **Bioresource Technology**, v.102, n.10, p. 5734–5741, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2011.03.013>

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1993. cap. 6, p. 416-536

FRANKE-WHITTLE, I. H.; WALTER, A.; EBNER, C.; INSAM, H. Investigation into the effect of high concentrations of volatile fatty acids in anaerobic digestion on methanogenic communities. **Waste Management**, v.34, n.11, p. 2080–2089, 2014. <http://dx.doi:10.1016/j.wasman.2014.07.020>

FERREIRA, L. R. A.; OTTO, R. B.; SILVA, F. P.; DE SOUZA, S. N. M.; DE SOUZA, S. S.; ANDO JUNIOR, O. H. Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 94, p. 440–455, 2018. <http://dx.doi:10.1016/j.rser.2018.06.034>

GABALLAH, E. S.; EL-FATAH A. A.; XU, C.; ELSAYED, M.; KH ABDELKADER, T.; LIN, J.; YUAN, Q. Enhancement of biogas production from rape straw using different co-pretreatment techniques and anaerobic co-digestion with cattle manure. **Bioresource Technology**, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123311>

GARCIA, N. H.; BENEDETTI, M.; BOLZONELLA, D. Effects of enzymes addition on biogas production from anaerobic digestion of agricultural biomasses. **Waste and Biomass Valorization**, v.10, p. 3711–3722, 2019. <http://dx.doi:10.1007/s12649-019-00698-7>

GERHARDT, M.; PELENC, V.; BÄUML, M. Application of hydrolytic enzymes in the agricultural biogas production: Results from practical applications in Germany. **Biotechnology Journal**, v. 2, n.12, p. 1481–1484, 2007. <http://dx.doi:10.1002/biot.200700220>

GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, L. M.; CORREA, D. F.; RYAN, S.; JENSEN, P. D.; PRATT, S.; SCHENK, P. M. Integrated biodiesel and biogas production from microalgae: Towards a sustainable closed loop through nutrient recycling. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p.1137–1148, 2018. <http://dx.doi:10.1016/j.rser.2017.09.091>

GRAHAM, J. R.; HARVEY, C. R. The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field. **Journal of Financial Economics**, v. 60, n. 2-3, p. 187-243, 2001.

GROTHUSEN, M. A.; BOHLE, E. S.; VICUÑA, A. E.; ROSENBERG, F. C. Biogás de recursos agropecuarios en la región de los ríos: Aspectos Generales, Experiencias y Potencial de Producción. **Valdivia: Imprenta América de Osorno**, p.100, 2016.

HAGOS, K.; ZONG, J.; LI, D.; LIU, C.; LU, X. Anaerobic co-digestion process for biogas production: progress, challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p.1485–1496, 2017. <http://dx.doi:10.1016/j.rser.2016.11.184>

HERCULANO, M. C. R.; & SOUZA, A. D. Biodigestores: cartilha de manejo. Boletim Técnico IFTM, Uberaba-MG, ano 2, n.1, p.14-19, jan./abr., 2016.

HÖLKER, U.: Was leisten Zusatzstoffe & Hilfsmittel zur Optimierung der Biogasproduktion. FNR, ed. Gülzower Fachgespräch Tagungsband Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven v. 32, p.108–119, 2009.

HRIBAR, C. & SCHULTZ, M. Understanding concentrated animal feeding operations and their impact on communities. **National Association of Local Boards of Health**. Ohio, p. 30, 2010.

HU, Y.; CHENG, H.; TAO, S. Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation. *Environment International*, v.107, p.111-130, 2017. <http://dx.doi:10.1016/j.envint.2017.07.003>

IMENI, S. M.; PUY, N.; OVEJERO, J.; BUSQUETS, A. M.; BARTROLI, J.; PELAZ, L.; COLÓN, J. Techno-economic assessment of anaerobic co-digestion of cattle manure and wheat straw (raw and pre-treated) at small to medium dairy cattle farms. **Waste and Biomass Valorization**, 2019. doi:10.1007/s12649-019-00728-4

JAIN, S.; WOLF, I. T.; LEE, J.; TONG, Y. W. A comprehensive review on operating parameters and different pretreatment methodologies for anaerobic digestion of municipal solid waste. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.52, p.142–154, 2015. <http://dx.doi:10.1016/j.rser.2015.07.091>

KALAMARAS, S. D., KOTSOPOULOS, T. A. Anaerobic co-digestion of cattle manure and alternative crops for the substitution of maize in South Europe. *Bioresource Technology*, n. 172, p. 68–75, 2014. <http://dx.doi:10.1016/j.biortech.2014.09.005>

KASSAMBARA, A & MUNDT, F. Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.6. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>. 2019.

KARUPPIAH, T. & AZARIAH, V. E. (January 18th 2019). Biomass Pretreatment for Enhancement of Biogas Production [Online First], IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.82088. Available from: <https://www.intechopen.com/online-first/biomass-pretreatment-for-enhancement-of-biogas-production>

KAUFMANN, T. Sustainable livestock production: Low emission farm – The innovative combination of nutrient, emission and waste management with special emphasis on Chinese pig production. **Animal Nutrition**, v.3, p.104–112, 2015. <http://dx.doi:10.1016/j.aninu.2015.08.001>

KUMAR, P.; BARRETT, D. M.; DELWICHE, M. J.; STROEVE, P. Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. **Industrial & Engineering Chemistry Research**. v.48, p. 3713–3729, 2009.

KUNZ, A.; & OLIVEIRA, P. A. V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, v.14, n. 3, 2006.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. **FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis**. *Journal of Statistical Software*, v. 25, p. 1-18, 2008.

LEONEL, M.; CARMO, E. L.; LEONEL, S.; FRANCO, C. M. L.; CAMPANHA, R. B. Extração e caracterização do amido de diferentes genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. spe1, p. 599-605, Oct. 2011 . <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500082>

LIMA, D. M. F.; RODRIGUES, J. A. D.; BOE, K.; ALVARADO-MORALES, M.; ELLEGAARD, L.; ANGELIDAKI, I. Anaerobic modeling for improving synergy and robustness of a manure co-digestion process. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.33, n.4, p. 871–883, 2016. <http://dx.doi:10.1590/0104-6632.20160334s20150314>

LORIN, H. E. F.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PEREIRA, D. C.; CARNEIRO, L. J. Stabilization of confined beef cattle manure: characteristics of produced fertilizers. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n. 5, p. 877-885, 2016 . <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p877-885/2016>.

LÜBKEN, M.; GEHRING, T.; WICHERN, M. Microbiological fermentation of lignocellulosic biomass: current state and prospects of mathematical modeling. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.85, n.6, p.1643–1652, 2009 <http://dx.doi:10.1007/s00253-009-2365-1>

MAGDALENA, J.; BALLESTEROS, M.; GONZÁLEZ-FERNANDEZ, C. Efficient anaerobic digestion of microalgae biomass: proteins as a key macromolecule. **Molecules**, v. 23, n.5, p. 1098, 2018. <http://dx.doi:10.3390/molecules23051098>

MAO, C.; FENG, Y.; WANG, X.; REN, G. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 540–555, 2018. <http://dx.doi:10.1016/j.rser.2015.02.032>

MARAÑÓN, E.; CASTRILLÓN, L.; QUIROGA, G.; FERNÁNDEZ-NAVA, Y.; GÓMEZ, L.; GARCÍA, M. M. Co-digestion of cattle manure with food waste and sludge to increase biogas production. **Waste Management**, v.32, n.10, p.1821–1825, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.05.033>

MARTIN-RYALS, A.; SCHIDEMAN, L.; LI, P.; WILKINSON, H.; WAGNER, R. Improving anaerobic digestion of a cellulosic waste via routine bioaugmentation with cellulolytic microorganisms. **Bioresource Technology**, v.189, p. 62–70, 2015. <http://dx.doi:10.1016/j.biortech.2015.03.069>

MARTINS, H.; MUYLDER, C.; LOPES, C.; LA FALCE, J. Os impactos da difusão tecnológica na bovinocultura leiteira: um estudo dos integrantes da cadeia agroindustrial do leite em um município de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v.44, p. 1141-1146, 2014. <http://dx.doi: 10.1590/S0103-84782014000600030>.

MARQUES, S. M. A. A.; SILVA JÚNIOR, F. J.; MONTEIRO, M. K. D.; VIEIRA, A. S.; VENTURA, A. F. A.; VENTURA JÚNIOR, R. Produção de biofertilizante, adubo orgânico e biogás para agricultura familiar. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. v. 18, n. 3, Set-Dez, p. 990-999, 2014.

MASEBINU, S. O.; AKINLABI, E. T.; MUZENDA, E.; ABOYADE, A. O. A review of biochar properties and their roles in mitigating challenges with anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 103, p. 291–307, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.048>

MCELROY, K. G. Environmental health effects of concentrated animal feeding operations. **Nursing Administration Quarterly**, v. 34, n.4, p. 311–319, 2010. <http://dx.doi.org/10.1097/naq.0b013e3181f5649c>

MEEGODA, J.; LI, B.; PATEL, K.; WANG, L. A review of the processes, parameters, and optimization of anaerobic digestion. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.15, n. 10, p. 2224 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15102224>

MEGHVANSI, M.K.; KUMAR, P.; VASUDEVAN, V.; TOMAR, A.; KAMBOJ, D.V.; SINGH, L. Biodigester technology for effective and ecofriendly decomposition of nightsoil. In: Varjani S., Gnansounou E., Gurunathan B., Pant D., Zakaria Z. (eds) **Waste Bioremediation**. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore, 2018. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-7413-4_19

MERLIN CHRISTY, P.; GOPINATH, L. R.; DIVYA, D. A review on anaerobic decomposition and enhancement of biogas production through enzymes and microorganisms. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.34, p.167–173, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.010>

MIKI, R. E. Biometano produzido a partir de biogás de ETEs e seu uso como combustível veicular. **Revista DAE**, n. 209, v. 66, 2018. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2017.022>

MØLLER, H. B., SOMMER, S. G., & AHRING, B. K. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. **Biomass and Bioenergy**, v. 26, n. 5, p.485–495, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.08.008>

MONTGOMERY, L.F.R.; & BOCHMANN, G. Book. IEA Bioenergy. British Library. ISBN 978-1-910154-05-2 (electronic version) (2014).

MONTORO, S.B; LUCAS, J; SANTOS, D. F. L; COSTA, M. S. S. M. Anaerobic co-digestion of sweet potato and dairy cattle manure: A technical and economic evaluation for energy and biofertilizer production. **Journal of Cleaner Production**, v. 226, p. 1082-1091, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.148>.

MORALES-POLO, C.; DEL MAR CLEDERA-CASTRO, M.; MORATILLA SORIA, B. Y. Reviewing the anaerobic digestion of food waste: from waste generation and anaerobic process to its perspectives. **Applied Sciences**, v. 8, n.10, p.1804, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/app8101804>

MOURA, R. S.; CARPIO, R. C.; DE CARVALHO MACEDO, C. F.; PINHEIRO, D. S.; FIGUEIREDO, L. S.; FREIRE JÚNIOR, L. C. Análise da viabilidade do uso de biodigestores em propriedades rurais. **ForScience**, v. 5, n. 3, 13 nov. 2017.

- NASCIMENTO, R. C. O uso do biofertilizante em solos agrícolas do cerrado da região do Alto Paranaíba (MG). **Boletim goiano de geografia**, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 55-66, jul./dez. 2010. <http://dx.doi.org/10.5216/bgg.V30i2.13280>.
- NESHAT, S. A.; MOHAMMADI, M.; NAJAFPOUR, G. D.; LAHIJANI, P. Anaerobic co-digestion of animal manures and lignocellulosic residues as a potent approach for sustainable biogas production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.79, p.308–322, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.137>
- NETO, A. C.; VIEIRA, G. H S.; HADDADE, I. R.; ROSADO, T. L.;MELLO, B. L. B. Aplicação de novas tecnologias na bovinocultura leiteira. **Incaper em Revista**, Vitória, v.9, p. 51-65, jan/dez 2018. ISSN 2179-5304
- OLIVA-MERENCIO, D.; PEREDA-REYES, I. P.; ULRIKE SCHIMPF, U.; KOEHLER,S.; SILVA, A. J. Cellulase effect on anaerobic digestion of maize silage under discontinuous operation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal , v. 35, n. 5, p. 951-958, Oct. 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p951-958/2015>.
- ORRICO, J.; MARCO A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Avaliação de parâmetros da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas à base de milho e sorgo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 600-607, 2010.
- ORRICO, A. C. A.; LOPES, W. R. T.; MANARELLI, D. M. P.; SUNADA, N. S. Codigestão anaeróbia dos dejetos de bovinos leiteiros e óleo de descarte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.3, p.537-545, maio./jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p537-545/2016>
- PARAWIRA, W. Enzyme research and applications in biotechnological intensification of biogas production. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 32, n.2, p.172-186, 2012. <http://dx.doi.org/10.3109/07388551.2011.595384>
- PASSOS, F.; HOM-DIAZ, A.; BLANQUEZ, P.; VICENT, T.; FERRER, I. Improving biogas production from microalgae by enzymatic pretreatment. **Bioresource Technology**, n. 199, p.347–351, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.084>.
- PERAZZOLI, M.; & KUNZE, M. A. B. Gestão ambiental aplicada em uma propriedade rural com atividade de bovinocultura de corte. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 704-717, out/dez. 2018.
- PRAES, M. F. F. M.; LUCAS JUNIOR, J.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; HERMES, R. G.; SORBARA, J. O. B.; DUARTE, K. F.; SCHWINGEL, A. W.; SGAVIOLI, S.; DOMINGUES, C. H. F.; SUNADA, N. S. Biogas production: litter from broilers receiving direct-fed microbials and an enzyme blend. **Scientia Agrícola**, v.73, n.5, p. 406-411, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0195>
- PURI, D.J.; HEAVEN, S.; BANKS, C. J. Improving the performance of enzymes in hydrolysis of high solids paper pulp derived from MSW. **Biotechnol Biofuels**. v.6, n.107, 2013.

QIAN, Y.; SONG, K.; HU, T.; YING, T. Environmental status of livestock and poultry sectors in China under current transformation stage. **Science of The Total Environment**, v. 622, p. 702–709, 2018.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.045>

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>. 2017.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>. 2020.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e seu uso Eficiente**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2016. 179 p. Tradução: Alfredo Scheid Lopes. Edição em português, ANDA, São Paulo, Brasil, Setembro 2017.

REGERT, R.; BORGES JÚNIOR, G. M.; BRAGAGNOLO, S. M.; BAADE, J. H. Importância dos indicadores econômicos, financeiros e de endividamento como gestão do conhecimento na tomada de decisão em tempos de crise. **Visão**, Caçador-SC. v. 7, n. 2, p. 67-83, 2018.

RIVAS-SOLANO, O; FAITH-VARGAS, M; GUILLÉN-WATSON, R. Biodigesters: chemical, physical and biological factors related to their productivity. **Tecnología en Marcha**, v. 23, n. 1, p. 47-53, 2016. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i5.2516>.

ROCHA, D. T.; RESENDE, J. C.; MARTINS, P. C. Evolução tecnológica da atividade leiteira no Brasil: Uma visão a partir do Sistema de Produção da Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018. 62 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 212.). ISSN 1516-7453

RODRIGUEZ, C.; ALASWAD, A.; BENYOUNIS, K. Y.; OLABI, A. G. Pretreatment techniques used in biogas production from grass. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p.1193–1204, 2017. doi:10.1016/j.rser.2016.02.022

ROMANO, R. T.; ZHANG, R.; TETER, S.; MCGARVEY, J. A. The effect of enzyme addition on anaerobic digestion of Jose Tall Wheat Grass. **Bioresource Technology**, v.100, n. 20, p. 4564–4571, 2009.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.065>

ROMERO-GÜIZA, M. S.; J. MATA-ALVAREZ; J.; VILA; J. M.; CHIMENOS, S. Astals The role of additives on anaerobic digestion: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 1486-1499, 2016. ISSN: 1364-0321

SANTOS, T. M. B. **Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte**. 2001. 179 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Jaboticabal, 2001.

SANTOS, T. P. R.; FRANCO, C. M. L.; CARMO, E. L.; JANE, J.; LEONEL, M. Effect of spray-drying and extrusion on physicochemical characteristics of sweet potato starch. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 1, p. 376-383, 2019. <http://dx.doi:10.1007/s13197-018-3498-y>

SANTOS, T. P. R., FRANCO, C. M. L., MISCHAN, M. M., LEONEL, M. Behavior of sweet potato starch after spray-drying under different pretreatment conditions. **Starch – Stärke**, 2019. <http://dx.doi:10.1002/star.201800245>

SAWATDEENARUNAT, C.; SURENDRA, K. C.; TAKARA, D.; OECHSNER, H.; KHANAL, S. K. Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities. *Bioresource Technology*, v.178, p. 178–186, 2015. <http://dx.doi:10.1016/j.biortech.2014.09.103>

SCARLAT, N.; DALLEMAND, J.-F.; FAHL, F. Biogas: Developments and perspectives in Europe. **Renewable Energy**, v. 129, p. 457–472, 2018. <http://dx.doi:10.1016/j.renene.2018.03.006>

ŞENOL, H.; AÇIKEL, Ü.; DEMIR, S.; ODA, V. Anaerobic digestion of cattle manure, corn silage and sugar beet pulp mixtures after thermal pretreatment and kinetic modeling study. **Fuel**, 116651, 2019. <http://dx.doi:10.1016/j.fuel.2019.116651>

SIDDIQUE, M. N. I.; & WAHID, Z. A. Achievements and perspectives of anaerobic co-digestion: A review. **Journal of Cleaner Production**, v.194, p. 359–371, 2018. <http://dx.doi:10.1016/j.jclepro.2018.05.155>

SILVA, G. A.; MORAIS, J.R.; ROCHA, E. R. Proposta de procedimento operacional padrão para o teste do Potencial Bioquímico do Metano aplicado a resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.1, p11–16, 2016. <http://dx.doi:10.1590/s1413-41520201600100134484>

SILVA, J. R.; ASSUMPÇÃO, R.; VEGRO, C. L. R. A inserção da fécula de mandioca no mercado de amido. **Informações econômicas**, v. 30, n. 7, p. 31-41, 2000.

SOLARTE-TORO, J. C.; CHACÓN-PÉREZ, Y.; CARDONA-ALZATE, C. A. Evaluation of biogas and syngas as energy vectors for heat and power generation using lignocellulosic biomass as raw material. **Electronic Journal of Biotechnology**, v.33, p. 52–62, 2018. <http://dx.doi:10.1016/j.ejbt.2018.03.005>

SPEDA, J.; JOHANSSON, M. A.; ODNELL, A.; KARLSSON, M. Enhanced biomethane production rate and yield from lignocellulosic ensiled forage ley by in situ anaerobic digestion treatment with endogenous cellulolytic enzymes. **Biotechnology for Biofuels**, v.10, n.1, 2017. <http://dx.doi:10.1186/s13068-017-0814-0>

SURENDRA, K. C., TAKARA, D., HASHIMOTO, A. G., & KHANAL, S. K. Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.31, p. 846–859, 2014. <http://dx.doi:10.1016/j.rser.2013.12.015>

SUTARYO, S.; WARD, A. J.; MØLLER, H. B. The effect of mixed-enzyme addition in anaerobic digestion on methane yield of dairy cattle manure. **Environmental Technology**, v. 35, n.19, p. 2476–2482, 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2014.911356>

TEGHAMMAR, A.; KARIMI, K.; SÁRVÁRI HORVÁTH, I.; TAHERZADEH, M. J. Enhanced biogas production from rice straw, triticale straw and softwood spruce by NMMO pretreatment. **Biomass and Bioenergy**, v.36, p.116–120, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.10.019>

TÖRNWALL, E.; PETTERSSON, H.; THORIN, E.; SCHWEDE, S. Post-treatment of biogas digestate – An evaluation of ammonium recovery, energy use and sanitation. **Energy Procedia**, v.142, p. 957–963, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.153>

UDA, C. F.; PUTAROV, N. B.; BAVELLONI, P. L.; MARCOLINO, V. A. Extração e caracterização do grão de amido de batata, batata-doce e mandioca. **REVISTA UNINGÁ**, [S.l.], v. 17, n. 1, out. 2017. ISSN 2318-0579.

URBANO, L. H.; GARCIA, E. L.; LEONEL, M.; CABELLO, C. Estudo cinético e fermentativo do amido de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 13, n. 1, p. 46-55, 2017. <http://dx.doi.org/10.17766/1808-981X.2017v13n1p46-55>

VAN STAPPEN, F.; MATHOT, M.; DECRUYENAERE, V.; LORIER, A.; DELCOUR, A.; PLANCHON, V.; STILMANT, D. Consequential environmental life cycle assessment of a farm-scale biogas plant. **Journal of Environmental Management**, v.175, p.20–32, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.020>

VIEIRA, A. D.; MIRANDA, V. C.; ALVES, A. F.; TAVARES, A. T. Avaliação agrônômica de clones de batata doce com potencial para produção de etanol. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.8, n.1, p.69-74, 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/PAeT.V8.N1.08>

XAVIER, C. A. N.; LUCAS JÚNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.212-223, 2010.

XAVIER, C. A. N.; SANTOS, T. M. B.; LUCAS JÚNIOR, J. Digestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros: efeito da dieta e da adição de caldo de cana-de-açúcar. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 250, p. 131-138. 2016. <http://dx.doi.org/10.21071/az.v65i250.479>

YU, Q.; LIU, R.; LI, K.; MA, R. A review of crop straw pretreatment methods for biogas production by anaerobic digestion in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.107, p. 51–58, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2019.02.020>

ZHANG, L.; LOH, K.-C.; ZHANG, J. Enhanced biogas production from anaerobic digestion of solid organic wastes: Current status and prospects. **Bioresour. Technology Reports**, v.5, p. 280-296, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biteb.2018.07.005>

ZHENG, Y.; ZHAO, J.; XU, F.; LI, Y. Pretreatment of lignocellulosic biomass for enhanced biogas production. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 42, p. 35–53, 2014. <http://dx.doi:10.1016/j.pecs.2014.01.001>

ZHOU, A.; DU, J.; VARRONE, C.; WANG, Y.; WANG, A.; LIU, W. VFAs bioproduction from waste activated sludge by coupling pretreatments with *Agaricus bisporus* substrates conditioning. **Process Biochemistry**, v. 49, n. 2, p. 283–289, 2014. <http://dx.doi:10.1016/j.procbio.2013.11.005>

ZIEMIŃSKI, K. Methane fermentation process as anaerobic digestion of biomass: Transformations, stages and microorganisms. **African Journal of Biotechnology**, v.11, n.18, 2012. <http://dx.doi:10.5897/ajbx11.054>

ZULKIFLI, Z.; ISMAIL, S. B.; ZAHARI, M. S. M.; UMOR, N. A.; AZIZ, N. I. A. Screening on biogas optimization of lignocellulose-based materials using enzymatic hydrolysis process. **Chemical engineering transactions**, v. 45, p. 1585-1590, 2015. <http://dx.doi:10.3303/CET1545265>.