

Codigestão de efluentes agropecuários em uma usina de biogás

Artículo largo



André Cestonaro do Amaral^{1,3*}; Deisi Cristina Tápparo²; Leidiane Ferronato Mariani³; Ricardo Luis Radis Steinmetz⁴; Airton Kunz⁴

¹Consultor em biogás, ²Universidade Estadual do Oeste do Paraná, ³Instituto 17/BEP, ⁴Embrapa Suínos e Aves.

*andrec.doamaral@gmail.com

Resumo

Foi avaliada a Usina de Biogás Biokohler, a qual conta com um biodigestor CSTR de 900 m³ e uma lagoa coberta de 2.500 m³. Foram utilizados dejetos de suínos, bovinos de leite e aves de postura como substrato, com recebimento diário. O biogás foi utilizado na geração de energia elétrica. Na Etapa I a usina recebeu 648 m³ de dejetos suíno, 270 m³ de bovino e 8 m³ de aves de postura, produzindo 25.039 Nm³biogás.mês⁻¹ e 41.400 kWh.mês⁻¹. Na Etapa II a usina recebeu 630 m³ de dejetos suíno e 396 m³ de bovino, com uma produção de 23.064 Nm³biogás.mês⁻¹, resultando em 37.850 kWh.mês⁻¹. Na Etapa III a usina recebeu 378 m³ de dejetos suíno, 144 m³ de bovino e 66 m³ de aves de postura, produzindo 27.966 Nm³biogás.mês⁻¹ e 32.830 kWh.mês⁻¹. A operação da usina apresentou desafios como a variabilidade e característica dos resíduos, mesmo assim, esse modelo é uma alternativa para gestão de efluentes agropecuários.

Palavras-chave:

Codigestão; Dejetos suíno; Dejetos bovinos; Dejetos de aves de postura CSTR.

Co-digestion of agricultural waste in a biogas plant

Abstract

A Biokohler Biogas Plant, which has a 900 m³ CSTR biodigester and a 2,500 m³ covered lagoon biodigester, was evaluated. Swine, cattle dairy, and poultry manure were used as substrate. Biogas was used to electricity generation in a 120 kva CHP unit. In Step I, the plant received 648 m³ of swine, 270 m³ of cattle dairy and 8 m³ of laying hen manure. The plant produced 25,039 Nm³biogas.month⁻¹, generating 41,400 kWh.month⁻¹. In Step II, the plant received 630 m³ of swine and 396 m³ of cattle dairy manure. The plant produced 23,064 Nm³biogas.month⁻¹ and 37,850 kWh.month⁻¹. In Step III, the plant received 378 m³ of swine, 144 m³ of cattle and 66 m³ of laying hen manure, producing 27,966 Nm³_{biogas}. month⁻¹ and 1,059 kWh.month⁻¹. The operation of the plant presented some challenges such as the variability in the availability and characteristics of the residues, even so, this model is an alternative for the livestock residues management.

Keywords:

Codigestion; Swine manure; Bovine manure; Laying hen manure.

Forma de citar: Cestonaro do Amaral, A., Tápparo, D. C., Ferronato Mariani, L., Radis Steinmetz, R. L., e Kunz, A. Codigestão de efluentes agropecuários em uma usina de biogás. RedBioLAC, 5, 82-86.

Introdução

As questões ambientais das diferentes cadeias de produção agropecuária têm se tornado cada vez mais importantes e desafiadoras em função das transformações dos sistemas de produção pelo aumento de escala e concentração de animais. Com isso se faz necessário pensar em estratégias para sustentabilidade ambiental do sistema produtivo. Considerando as características dos efluentes, recomenda-se que esse material seja adequadamente gerenciado para evitar impactos ambientais (Viancelli *et al.*, 2012).

Dentre as alternativas disponíveis para tratamento dos efluentes, a digestão anaeróbia é uma tecnologia bastante competitiva, e vem apresentando boa aceitação pelos usuários devido ao custo de implementação, operação e manutenção, possibilitando a produção de biogás e biofertilizante (Kunz *et al.*, 2019). A digestão anaeróbia de dois ou mais substratos diferentes, recebe o nome de codigestão, esse processo se torna cada vez mais popular, visto que pode auxiliar na produção do biogás e estabilidade do processo (Zhang *et al.*, 2016).

O desenvolvimento de biodigestores tipo CSTR (do inglês *Continuous Stirred Tank Reactor*) combina inúmeras vantagens em relação aos processos convencionais (biodigestores lagoa coberta), principalmente no que diz respeito a suportar elevadas cargas orgânicas volumétricas (COV) consequência da disponibilidade de agitação e aquecimento. Possibilita assim, maior contato entre substrato e microrganismos e maior velocidade de produção de biogás por aplicação de condições mesofílicas (Kunz *et al.*, 2019).

O biogás produzido pode ser utilizado para geração de energia elétrica, em projetos conectados a rede de distribuição. Em Abril de 2012, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) publicou a Resolução Normativa nº 482/2012 que estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração (≥ 75 kW) e minigeração (entre < 75 kW e 5 MW) distribuída aos sistemas de distribuição e compensação de energia elétrica no Brasil. Essa normativa foi atualizada na Resolução nº 687/2015. Com isso foi autorizada a compensação de energia gerada por meio de condomínios, consórcios e cooperativas, permitindo arranjos que geram retorno financeiro ao produtor (Freitas *et al.*, 2019).

Esse estudo de caso irá apresentar informações sobre a Usina de biogás Biokohler, que recebe efluentes agropecuários de diferentes propriedades para tratamento em biodigestor CSTR, gerando biogás e energia elétrica. Serão apresentados os indicadores técnicos e operacionais da planta, bem como os desafios que envolvem a codigestão anaeróbia.

Descrição do caso

O estudo de caso foi desenvolvido na usina de biogás Biokohler (**Figura 1**), localizada em Toledo/PR, Brasil. Os substratos utilizados na usina de biogás foram dejetos de suínos, bovinos de leite e aves de postura. Os dejetos foram produzidos em propriedades vizinhas e transportados diariamente para a usina (raio de 10 km) com o auxílio de caminhão tanque. Os dejetos ficam em um tanque de recebimento e são bombeados para o biodigestor, de forma semi-contínua.

A usina conta com um tanque de recebimento, um biodigestor CSTR de 900 m³, seguido de um biodigestor lagoa coberta (BLC) com 2.500 m³ (**Figura 1**). O biodigestor CSTR é operado continuamente, com sistema de agitação (10 minutos/hora – agitador Brasuma BG2 – 7,5 kW) e aquecimento (40 °C). Apresenta um formato circular, com fundo cônico. É revestido internamente com geomembrana PEBDL de 1,25 mm, com cúpula dupla de PVC. O biofertilizante é utilizado nas propriedades rurais vizinhas à usina, suplementando NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) em lavouras de soja e milho, seguindo as recomendações agrônômicas.

O biogás produzido é micro aerado dentro do próprio biodigestor (dessulfurização biológica). Na sequência ocorre a retirada de umidade por criogenia a 4 °C, seguido de filtragem em carvão ativado. O biogás foi utilizado na geração de energia elétrica, com um motorgerador de 120 kVA, conectado à rede de distribuição.

A concentração de CH₄ e H₂S no biogás foi medida em linha (medidor ME-LE Energietechnik GmbH). Durante o monitoramento da usina foram coletadas amostras semanais dos substratos e realizadas análises laboratoriais (Apha, 2012) de alcalinidade, nitrogênio amoniacal total (NAT), relação AI/AP (Alcalinidade Intermediária / Alcalinidade Parcial, calculada com base em Mézes *et al.*, 2011), pH e séries de sólidos (ST, SF e SV). Também foi feito acompanhamento diário do volume de alimentação de substratos, volume de biogás produzido, qualidade do biogás e geração de energia elétrica durante 3 meses. A amônia livre foi calculada de acordo com Anthoniesen *et al.*, 1978.

A caracterização média dos efluentes brutos é apresentada na **Tabela 1**, sendo dejetos de suínos em terminação, bovino de leite e aves de postura.

A usina de biogás Biokohler foi monitorada pelo período de 3 meses. Cada mês foi dividido em uma etapa do estudo, permitindo comparações e observações das diferentes respostas.



Figura 1 | Usina Biokohler, composta de biodigestor CSTR e um BLC.

Tabela 1 | Caracterização dos resíduos utilizados na usina durante o período de avaliação.

Parâmetros analisados	Dejeto Suíno	Dejeto Bovino	Dejeto Aves
Alcalinidade (gCaCO ₃ .L ⁻¹)	9,00	4,80	30,60
NAT (g N-NH ₃ .L ⁻¹)	1,96	0,392	4,83
pH	6,89	6,76	7,3
ST (g.L ⁻¹)	31,37	38,99	142,61
SF (g.L ⁻¹)	9,35	8,67	49,59
SV (g.L ⁻¹)	22,05	30,33	93,02

Resultados e lições aprendidas

Na etapa I a usina recebeu 648 m³ de dejeto suíno, 270 m³ de dejeto bovino e 8 m³ de dejetos de aves de postura. A concentração média dos substratos para sólidos totais (ST) e NAT foram de 34,6 kgST.m⁻³ e 2.227 mgN-NH₃.L⁻¹, respectivamente. Foi estimada a concentração de amônia livre de 250 mgN-NH₃.L⁻¹ a pH 7,81. Durante o período avaliado, o CSTR operou com um tempo de retenção hidráulico (TRH) médio de 30,1 dias e carga orgânica volumétrica de 0,83 kgSV.m⁻³reator.d⁻¹. A usina alcançou a produção de 25.039 Nm³.mês⁻¹ de biogás, resultando na geração de 1.335 kWh.mês⁻¹ de energia elétrica, ou seja, 1,65 kWh.m⁻³_{biogás}. O biogás apresentou em média 51,6 % (± 0,7) de metano e 16,9 ppm (± 15,2) de H₂S. A eficiência de remoção média de sólidos voláteis (SV) foi de 69 %, indicando estabilidade no processo. Outro fator observado foi a eficiência do sistema de agitação, através do acompanhamento das concentrações de sólidos fixos (SF). Observou-se concentração similares de SF entre entrada (9,50 ± 0,21 gSF.L⁻¹) e saída (9,02 ± 0,33 gSF.L⁻¹), indicando um bom funcionamento do sistema de agitação. Na etapa II a usina recebeu 630 m³ de dejeto suíno e 396 m³ de dejeto bovino. A concentração média dos substratos para ST e de NAT no CSTR foram de 34,31 kg.m⁻³ e de 2.705 mgN-NH₃.L⁻¹, respectivamente. Foi estimada a

concentração de amônia livre, sendo 330 mgN-NH₃.L⁻¹, a pH de 7,85. O TRH foi de 26,3 dias, com COV de 0,96 kgSV.m⁻³reator.d⁻¹. A usina produziu 23.064 Nm³.mês⁻¹ de biogás, resultando na geração de 1.220 kWh.mês⁻¹ de energia elétrica, ou seja, 1,64 kWh.m⁻³_{biogás}. O biogás apresentou em média 53 % (± 1,8) de metano e 16,9 ppm (± 14,9) de H₂S. A usina operou com eficiência de remoção média de 76 % de SV. Observou-se concentração próxima de SF na entrada (9,09 ± 0,11 gSF.L⁻¹) e saída (9,30 ± 0,13 gSF.L⁻¹), indicando um bom funcionamento do sistema.

Apesar do aumento da COV, em relação a Etapa I, observou-se na Etapa II a diminuição da produção de biogás e de energia elétrica. Esse fator pode estar relacionado com alguns fatores, como diminuição do TRH (de 30,1 para 26,3 dias) e aumento da concentração de amônia livre (de 250 para 330 mgN-NH₃.L⁻¹). Concentrações de amônia livre acima de 100 mgN-NH₃.L⁻¹ podem causar alguma inibição e consequente diminuição na produção de biogás (Kunz *et al.*, 2019).

Na etapa III a usina recebeu 378 m³ de dejeto suíno, 144 m³ de dejeto bovino e 66 m³ de dejeto de aves de postura. A concentração média dos substratos para ST e NAT no CSTR foram de 45,72 kg.m⁻³ e 3.201 mgN-NH₃.L⁻¹, respectivamente. Foi estimada a concentração de amônia

livre de 356 mgN-NH₃.L⁻¹, em pH de 7,91. O TRH foi de 47,4 dias, com COV de 0,68 kgSV.m⁻³reator.d⁻¹. Como resposta, a usina produziu 27.966 Nm³.mês⁻¹ de biogás, resultando na geração de 1.059 kWh.mês⁻¹ de energia elétrica, ou seja, 1,17 kWh.m⁻³biogás. O biogás apresentou em média 51 % (± 0,8) de metano e 17,9 ppm (± 13,6) de H₂S. A eficiência de remoção de SV caiu para 41 %, podendo indicar alguma inibição pelo aumento da concentração de amônia livre. Houve grande variação na concentração de SF na entrada (13,70 ± 0,52 gSF.L⁻¹) e saída (8,16 ± 0,71 gSF.L⁻¹), indicando tendência de acúmulo de SF no biodigestor. Evidencia-se a necessidade de mudança na estratégia de agitação, provavelmente devido ao aumento de inclusão de dejetos de aves, com elevada concentração de sólidos (**Tabela 1**).

Apesar da redução na COV e aumento do TRH, a produção de biogás foi maior do que nas etapas I e II. Em contrapartida, a produção de energia foi menor. Esse fato pode ser relacionado a problemas operacionais e a instabilidade da rede de distribuição de energia. A estabilidade de tensão é um assunto de grande importância para os sistemas de distribuição devido ao aumento significativo da demanda e da inserção de fontes de energia renováveis através da geração distribuída.

Na **Tabela 2** são apresentados os indicadores encontrados durante o monitoramento na usina de biogás. A relação AI/AP (< 0,3), pode indicar que a usina pode suportar uma carga orgânica volumétrica maior (Mézes *et al.*, 2011), porém é necessário cuidados com a concentração de amônia livre e possíveis efeitos inibitórios.

Tabela 2 | Visão geral do monitoramento da usina Biokohler durante as 3 etapas do estudo.

Parâmetros analisados	Etapa		
	I	II	III
Vazão de alimentação (m ³ .mês ⁻¹)	926	1.026	588
ST (kg m ⁻³)	34,6	34,3	45,7
COV (kgSV m ⁻³ reator d ⁻¹)	0,83	0,96	0,68
TRH (dias)	30,1	26,3	47,4
NAT (mgN-NH ₃ .L ⁻¹)	2.227	2.705	3.201
AL (mgN-NH ₃ .L ⁻¹)	250	330	356
Eficiência de remoção de SV (%)	69	76	41
Relação AI/AP	0,04	0,05	0,06
Geração de biogás (m ³ .mês ⁻¹)	25.039	23.064	27.966
Geração de energia elétrica (kWh.mês ⁻¹)	41.400	37.850	32.830

Conclusões e recomendações

A operação da usina com codigestão anaeróbia de três diferentes substratos apresentou alguns desafios como a variabilidade na disponibilidade e característica dos resíduos. A elevada concentração de nitrogênio amoniacal em relação a concentração de sólidos voláteis, pode indicar baixa relação C/N. Sendo assim, é necessário o uso de estratégias de controle para inibição bioquímica, principalmente por amônia livre, e ajustes operacionais, devido a elevada concentração de sólidos. A relação entre o volume de biogás produzido com a quantidade de energia gerada pode indicar instabilidade na rede de geração distribuída, sendo um desafio para projetos rurais com resíduos agropecuários.

Esse modelo de planta de biogás pode ser alternativa para gestão compartilhada de resíduos. Pode ser aplicado em regiões com elevada concentração de pequenas propriedades para a viabilização de projetos energéticos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa Biokohler pela disponibilidade e compartilhamento das informações presentes nesse estudo.

Referências

- Anthonises, A. C., Loehr, R. C., Prakasam, T. B. S., e Srinath, E. G. (1976). Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. *Journal Water Pollytuin Control Federation*, 48(5), 835-852. <https://www.jstor.org/stable/25038971>
- APHA (2012). *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

- Freitas, F. F., Souza, S. S., Ferreira, L. R. A., Otto, R. B., Alessio, F.J., Souza, S. N. M., Venturini, O. J., & Ando Junior, O. H. (2019). The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 146-157.
- Kunz, A., Steinmetz, R. L. R., e Amaral, A. C. (2019). Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia:Sbera:Embrapa. Embrapa Suínos e Aves-Livro científico (ALICE).
- Lili, M., Biró, G., Sulyok, E., Petis, M., Borbély, J., & Tamás, J. (2011). Novel approach on the basis of FOS/TAC method. *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula Protecţia Mediului*, 17, 713-718.
- Viancelli, A., Garcia, L. A. T., Schiochet, M., Kunz, A., Steinmetz, R., Ciacci-Zanella, J. R., ... & Barardi, C. R. M. (2012). Culturing and molecular methods to assess the infectivity of porcine circovirus from treated effluent of swine manure. *Research in Veterinary Science*, 93(3), 1520-1524.
- Zhang, L., Zhang, K., Gao, W., Zhai, Z., Liang, J., Du, L., & Feng, X. (2016). Influence of Temperature and pH on Methanogenic Digestion in Two-phase Anaerobic Co-digestion of Pig Manure with Maize Straw. *Journal of Residuals Science & Technology*, 13(1), S27-S32.