



Biodigestão anaeróbia da manipueira gerada na casa de farinha no município de Branquinha/AL, Brasil

Anaerobic digestion of manipueira generated in the flour house in the municipality of Branquinha/AL, Brazil

Fernanda da Silva Gonçalves⁽¹⁾; Antonio Ricardo dos Santos Ramalho⁽²⁾

⁽¹⁾ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-3107-9941>, Graduada em Engenharia Florestal; Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, UFAL/CECA; Rio Largo, AL; Brazil. E-mail: fernanda.gon6060@gmail.com;

⁽²⁾ORCID n° <https://orcid.org/0000-0003-3054-3447>, Mestre em Ciências Ambientais; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB; Itapetinga, BA; Brazil. E-mail: riczootec@gmail.com

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 12 de setembro de 2020; Aceito em: 23 de setembro de 2020; publicado em 31 de 01 de 2021. Copyright© Autor, 2021.

RESUMO: A manipueira é um dos resíduos gerados no processamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) durante a produção de farinha, sendo esse subproduto potencialmente tóxico devido à presença de ácido cianídrico (HCN). Para reduzir esse composto químico, levando em conta os riscos do descarte irregular no solo e curso d'água, a manipueira pode ser tratada a partir da fermentação ou digestão anaeróbia por um determinado período. O objetivo do trabalho foi avaliar o biodigestor de sistema descontínuo (batelada) como possível alternativa de reaproveitamento deste resíduo líquido, além de analisar a possibilidade de produzir biogás para contribuir com o desenvolvimento sustentável dos pequenos produtores do Assentamento Eldorado dos Carajás, Branquinha, AL. Foram realizadas coletas e análises com intuito de averiguar o comportamento da manipueira quando sujeita ao processo anaeróbio, considerando as variáveis temperatura e pH (acidez e alcalinidade) antes e após o confinamento do material residual no biodigestor. O modelo tipo batelada apresentou resultados satisfatórios quanto ao desempenho e viabilidade econômica, pois todos os materiais utilizados são de custo mínimo e de fácil manuseio. É necessário o aprimoramento de fontes alternativas para destinar e tratar os resíduos gerados nas casas de farinha do estado de Alagoas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo líquido da mandioca, Fermentação, Fontes alternativas.

ABSTRACT: Manipueira is one of the residues generated in the processing of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) during the production of flour, this by-product being potentially toxic due to the presence of hydrocyanic acid (HCN). To reduce this chemical compound, taking into account the risks of irregular disposal in the soil and watercourse, the manipueira can be treated from fermentation or anaerobic digestion for a certain period. The objective of this work was to evaluate the biodigester of discontinuous system (batch) as a possible alternative for the reuse of this liquid waste, besides analyzing the possibility of producing biogas to contribute to the sustainable development of small producers of the Eldorado dos Carajás Settlement, Branquinha, AL. Collections and analyses were performed in order to ascertain the behavior of the manipueira when subjected to the anaerobic process, considering the variables temperature and pH (acidity and alkalinity) before and after the confinement of the residual material in the biodigester. The batch type model presented satisfactory results in terms of performance and economic viability, because all materials used are of minimal cost and easy to handle. It is necessary to improve alternative sources to allocate and treat the waste generated in flour houses in the state of Alagoas.

KEYWORDS: Liquid cassava residue, Fermentation, Alternative sources.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e o consumo sob forma de farinha destacam-se no Norte e Nordeste, levando em conta os fatores edafoclimáticos dessas regiões. Segundo Oliveira et al. (2012), a mandioca, pertencente à família Euphorbiaceae, é a raiz tuberosa que apresenta importância econômica em regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo utilizada no processamento industrial e na alimentação humana e animal. Em Alagoas, a mandioca de mesa faz parte da dieta dos habitantes do interior do estado, sendo proveniente da agricultura familiar. A farinha é o subproduto da mandioca mais vendido em feiras livres, associado aos hábitos de consumo do homem do campo, além de trazer benefícios para a saúde.

A manipueira resultante da fabricação de farinha ou extração de fécula, também denominada água vegetal, que corresponde à água de constituição da raiz de mandioca, é considerada despejo líquido industrial (FARIAS et al., 2005). De acordo com Andrade et al. (2013), a manipueira quando produzida em alta escala pode ser aproveitada no setor rural, já que o manejo incorreto pode causar problemas ambientais e financeiros. O sistema de digestão anaeróbia mostra-se como uma alternativa viável para tratar a manipueira e reduzir as propriedades poluidoras do resíduo, podendo contribuir na cadeia energética.

Objetivou-se, com esse estudo, analisar o comportamento da manipueira no biodigestor de sistema descontínuo (batelada), realizando procedimentos laboratoriais para favorecer o desenvolvimento dos agentes anaeróbios (bactérias) e produzir biogás como fonte de energia para os moradores do assentamento Eldorado dos Carajás, no município de Branquinha, AL.

REFERENCIAL TEORICO

Manipueira

De acordo com Barana (2000), a manipueira é um dos resíduos gerados no processamento da mandioca no setor industrial, sendo obtido da etapa de prensagem em casas de farinha. Ainda com base no autor, a manipueira é um resíduo poluente por conta da quantidade de matéria orgânica encontrada em sua composição, podendo

chegar a elevados valores de demanda química de oxigênio (DQO), além do potencial tóxico que está ligado a presença do glicosídeo cianogênico linamarina, podendo alcançar quantidades consideráveis de cianeto.

Biodigestor

Segundo Oliver et al. (2008), biodigestor é um equipamento fechado e responsável pela decomposição da matéria orgânica. A ausência de ar no seu interior depende dos materiais que forem utilizados para o dimensionamento e da vedação externa do biodigestor. Para Junqueira (2014), os tipos de biodigestores são variados e adequados para determinadas situações. O modelo a ser selecionado deve atender requisitos, como: condição do local, tipo de matéria orgânica a ser inserida no processo e a relação de custo-benefício.

Modelo tipo batelada

Segundo Comastri Filho (1981), o biodigestor do tipo batelada recebe uma única carga de matéria orgânica para realizar o processo de fermentação anaeróbica. O gás produzido pode ser armazenado em um gasômetro ou continuar na câmara de biodigestão. Em seguida, com o término da produção de biogás, o biodigestor é esvaziado (retirada dos resíduos existentes) e submetido a limpeza. Após os procedimentos de higienização, o reator é reabastecido para iniciar um novo processo de biodigestão.

Biodigestão Anaeróbia

Para Salomon & Filho (2007), a digestão anaeróbia é um processo que consiste na atuação das bactérias anaeróbias para desintegrar materiais orgânicos complexos, onde haverá a produção de compostos menos complexos como metano (CH_4), dióxido de

carbono (CO₂), água (H₂O), entre outros. Além disso, a energia e os compostos essenciais são extraídos para favorecer seu crescimento.

Com base em EEB Ltd (2017), esse processo envolve as seguintes etapas: Hidrólise - nesta fase ocorre a atividade das bactérias hidrolíticas que transformam as proteínas em peptídeos e aminoácidos, polissacarídeos em monossacarídeos e gorduras em ácidos graxos. Acidogênese - os produtos da fase 1 são rompidos pelas bactérias fermentativas. Sua estrutura é degradada em ácidos orgânicos e álcoois, bem como gás carbônico e hidrogênio. O produto formado dependerá da concentração de hidrogênio. A formação do ácido acético diminuirá se a pressão do hidrogênio for maior. Além disso, haverá a transformação das ligações orgânicas de nitrogênio e enxofre em amônia e ácido sulfídrico. Acetogênese - fase responsável pela transformação dos ácidos orgânicos e álcoois em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono. Metanogênese - uma parcela das bactérias metanogênicas transforma o hidrogênio e o dióxido de carbono em metano, enquanto a outra parcela forma metano a partir do acetato.

Fatores que interferem o processo de biodigestão

Temperatura - Segundo Carrasco (1992), existem duas categorias diferentes de temperatura no processo anaeróbio: Mesofílico - entre 10 e 42° C e Termofílico - acima de 42° C. As condições de temperatura dos biodigestores anaeróbios, normalmente, estão no nível termofílico.

pH - O pH é uma medida para avaliar as condições do material que será adicionado no biodigestor. De acordo com Pereira et al. (2009), a faixa ideal de pH para a biodigestão anaeróbia encontra-se entre 6,5 e 8,0, no qual os ácidos orgânicos estão ionizados.

Acidez e alcalinidade - Para Sampaio (1996), existe uma relação importante na fase acidogênica conhecida como AV/AT (acidez volátil/alcalinidade total). Esta relação apresenta valores superiores a 1,0 devido a concentração de ácidos graxos. Além disso, é determinante no processo anaeróbio, pois antecipa e evita a queda de pH.

Biogás

O biogás é um gás natural resultante da fermentação anaeróbia de resíduos orgânicos como dejetos de animais, resíduos vegetais, lixo industrial ou residencial em condições adequadas (COLDEBELLA, 2006). Segundo RAGE (2003), o biogás é constituído e composto essencialmente de metano (55%), de gás carbônico (40%) e de nitrogênio e outros gases (5%). Em relação ao efeito estufa, o metano é aproximadamente 21 vezes mais nocivo que o dióxido de carbono.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O trabalho foi realizado no Assentamento Eldorado dos Carajás localizado no município de Branquinha, situado no estado de Alagoas. O município está inserido na região norte-nordeste, ocupa 190,99 km², com altitude de 100 m, latitude de 09°14'45,6" S e longitude de 36°00'54,0" W. Localiza-se, aproximadamente, a 56 km da capital estado, Maceió (MASCARENHAS; BELTRÃO; SOUZA JUNIOR, 2005). O assentamento, que antes era um imóvel rural pertencente a Usina São Simeão Açúcar e Álcool Ltda, foi ocupado por famílias ligadas a reforma agrária e reconhecido como assentamento rural em 1996. A construção da casa comunitária para o beneficiamento da mandioca ocorreu entre 2000 e 2002, através de recursos do governo.

As coletas ocorreram na casa de farinha em duas etapas e as análises do parâmetro físico-químico da manipueira foram realizadas no laboratório de Agroecologia do Instituto Federal de Alagoas, Campus Murici, iniciando em 2016 e finalizando em 2017.

Na primeira etapa, a manipueira foi coletada e armazenada em 3 garrafas PET (polietileno tereftalato) com volume de 2 L cada, sendo duas inoculadas com esterco bovino (EB) e esterco caprino (EC), além da testemunha. A diluição foi feita da seguinte forma: 100 g de EB em 100 mL de água e 80 g de EC em 80 mL de água, após isso, EB diluído foi adicionado a 1.500 mL de manipueira e EC diluído a 1.300 mL de manipueira. Na segunda etapa, foi construído um reator com volume de 20 L, utilizando tubos de PVC com diâmetro de 25 mm e comprimento de 50 cm, mangueira transparente flexível com diâmetro de 2,5 mm, massa epóxi, além de uma bexiga na saída de ar do

equipamento. Este, por sua vez, recebeu cerca de 15 L de resíduo líquido sem a adição de inóculo. A expansão da bexiga era a única forma de acompanhar a produção de gás no biodigestor, pois não foi possível instalar o sistema adequado de estocagem gasosa (Figura 1).

Para acompanhar os níveis de acidez e/ou alcalinidade, foi utilizado o pHmetro de marca No Brand modelo Other. Quanto a correção do pH, foi utilizada a solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 20% para obter valores desejáveis entre 6,5 e 8,0, faixa ideal para o crescimento de bactérias anaeróbicas.

No caso da temperatura, foi usado um termômetro digital Lcd a fim de verificar apenas a temperatura interna do biodigestor de 20 L. Para garantir a atividade dos organismos anaeróbios, os biodigestores foram monitorados diariamente, conferindo os componentes estruturais do equipamento para evitar a entrada de ar no sistema. O tempo de fermentação foi diferente em ambas as etapas, sendo 14 dias na primeira e 20 dias na segunda.

Figura 1. Biodigestores: (a) garrafas PET com manipueira inoculada e testemunha, (b) Biodigestor final, Branquinha, AL.



(a)



(b)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho foram obtidos através de análises do material residual antecedendo e procedendo o processo da biodigestão anaeróbia, nesse último caso, quando o reator estava em regime estacionário, conforme Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Valores comparativos de pH antes e após a biodigestão da manipueira inoculada e sem o inóculo.

Garrafas PET	pH inicial	pH final
Testemunha (sem esterco)	4,3	3,8
Manipueira + EC	7,5	5,9
Manipueira + EB	7,2	5,5

Verificou-se que o pH proveniente da mistura de manipueira com esterco bovino e caprino apresentou leitura inicial acima 7,0, sendo que a testemunha atingiu pH abaixo de 5,0. Essa diferença ocorre devido a presença de amido na manipueira e sua simples estrutura molecular dada pelos açúcares de fácil decomposição, que geram ácidos, tornando-se um substrato impróprio para o desenvolvimento das bactérias metanogênicas (SILVA et al. 2013).

Conforme Quadros et al. (2010), que fizeram um estudo sobre biodigestão anaeróbia com esterco caprino em biodigestor modelo Canadense (PVC flexível), obtiveram pH médio de 6,13 devido a mistura de esterco e água. O valor resultante pode ter relação com o uso da água para a diluição do esterco, apresentando em sua composição sais minerais, que juntamente com o esterco, acabou gerando um ambiente propício as bactérias.

Com base em Araújo et al. (2007), que utilizaram biofertilizante de bovino, com 30 dias de fermentação, o pH analisado foi de 6,4. Enquanto Campos et al. (2008), utilizando biofertilizante de bovino em fermentação anaeróbica, observaram o pH com valor de 6,8. Segundo Moura (2012), biodigestores que operam com esterco bovino acabam apresentando valores ótimos de operação entre 6,6 e 7,6 com limites de 6,5 a 8,0.

A adição dos esterco surtiu efeito durante a correção do pH, no entanto, esse parâmetro foi alterado ao decorrer das duas semanas de biodigestão, tornando-se uma alternativa inviável. Além disso, o gás constatado acabou sendo submetido ao teste de chama com auxílio do bico de Bunsen, contudo, o material gasoso identificado não era inflamável. Dessa forma, como a variável temperatura não foi verificada nessa etapa, provavelmente a atividade das bactérias foi comprometida.

Tabela 2. Valores correspondentes ao desempenho do biodigestor quanto as variáveis pH e temperatura.

Biodigestor final	pH inicial	pH final	Temperatur a interna (C°)	Temperatura externa (C°)
Manipueira (sem inóculo)	8,0	6,0	23	26 a 31

Os valores de pH e temperatura interna apresentados são da avaliação feita antes de inserir a manipueira no biodigestor e no 20° dia da biodigestão, pois o modelo adotado (tipo batelada) foi projetado para ficar devidamente fechado e, por fim, passar por análises. O balão usado na saída de ar expandiu de forma significativa nos últimos dias de operação, indicando que havia produção de gás. A geração de metano a partir do sistema descontínuo é um aspecto que exige materiais específicos para confirmar sua presença ao término da digestão anaeróbia. No entanto, devido à ausência destes, o teste de chama não foi efetuado. Posteriormente, retirou-se uma amostra do biodigestor para analisar as variáveis pH e temperatura – acompanhadas do início ao término da digestão e, conseqüentemente, registradas.

Conforme Hobson & Wheatley (1993), uma forma de monitorar a partida (início do processo) é medir a produção de gás, verificando se o mesmo é inflamável ou não, além de analisar os componentes do gás e medir a produção de ácidos e o pH. Já Smith et al. (1977) iniciaram o teste de chama queimando o biogás e verificando se havia formação de uma chama azul. Após isso, uma nova alimentação era iniciada com um maior índice de carga, alcançando assim o valor de carga desejado.

Segundo Nogueira (1986), caso não seja inserido inóculo no processo, recomenda-se alimentar o biodigestor com o substrato a ser tratado, objetivando a obtenção de flora bacteriana desejável. Como prevenção, deve-se também partir com um

tempo de retenção hidráulica elevado, diminuindo-o gradativamente de modo que os ácidos voláteis não se acumulem no reator (Craveiro, 1982).

Fernandes Jr. (1989), em seu estudo, ressalta há instabilidade da digestão anaeróbia de fase única no tratamento de manipueira. O autor ainda sugere a separação das fases, acidogênica e metanogênica, como meio de tratamento para o resíduo líquido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O contato com a cadeia produtiva da farinha de mandioca e, conseqüentemente, com a manipueira permitiram a condução das atividades, além da aplicação de técnicas mais simples. Os estudos laboratoriais foram de grande relevância para alcançar, em pouco tempo, resultados significativos com o equipamento desenvolvido.

O biodigestor de sistema descontínuo (batelada), com relação ao seu desempenho operacional, mostrou-se eficiente na produção de gás a partir da manipueira. Contudo, devido à ausência de dispositivos e equipamentos específicos, não foi possível confirmar a presença de metano (CH₄) e de outros gases em sua composição.

Com base nos resultados obtidos, seria importante elaborar trabalhos futuros e buscar o aprimoramento de fontes com potencial alternativo para os problemas ambientais causados pelo despejo inadequado da manipueira, além de expandir o estudo para outras farinheiras na região da zona da mata alagoana.

REFERÊNCIAS

1. ANDRADE, W.R.; SANTOS, T. M B.; TREVIZAN, P. S. F.; XAVIER, C. de A. N.; CARVALHO, K. C. N.; NUNES, C. L de C. Co-digestão anaeróbia de manipueira e dejetos de monogástricos com utilização de dois corretivos de pH. III symposium on agricultural and agroindustrial waste management march 12-14. São Pedro, SP, Brazil, 2013.
2. ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P., CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; CYNTHIA, M. D. L.; SILVA, É. É. Produção do pimentão

- adubado com esterco bovino e biofertilizante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 5, p. 466-470, 2007.
3. BARANA, A. C. *Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica*. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
4. CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F.; MORAIS, T. A.; MENEZES JUNIOR, J. C.; PRAZERES, S. S. Potássio, biofertilizante bovino e cobertura do solo: Efeito no crescimento do maracujazeiro-amarelo. *Revista Verde*. Mossoró, RN, v.1, n.3, p. 78-86 de jan/mar. 2008.
5. CARRASCO, K. I. A. *Balanco de Massa e Energia: Aplicação ao Tratamento de Esgotos Sanitários com Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo (UASB) à Temperatura de 20°C*. 1992. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, 1992.
6. COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELER, A. C. Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bonivocultura de leite. Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural, 2006.
7. COMASTRI FILHO, J. A. Biogás: Independência Energética do Pantanal Matogrossense. EMBRAPA, Corumbá-MS, circular técnica nº 9, out. 1981.
8. CRAVEIRO, A. M. Considerações sobre projetos de plantas de biodigestão. In: Simpósio latino americano sobre produção de biogás a partir de resíduos orgânicos, 1, 1982, São Paulo. Resumos, São Paulo: *Sociedade Brasileira de Microbiologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas*, 1982, 39p.
9. ECO ENERGIA DO BRASIL - BIOGÁS E BIOMETANO LTD – EEB. *Biogás. Etapas do processo anaeróbio*. Rio Grande do Sul, 2017. Disponível em: <http://www.eco-energia-brasil.com/topico/biogas-biometano.html>. Acesso em: 15 maio 2017.
10. FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). Processamento e utilização da mandioca. Cruz das Almas: *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, 2005. p. 45-547.
11. FERNANDES JUNIOR., A. *Ocorrência de instabilidade forma de seu controle na digestão anaeróbia de manipueira, em reator de bancada de mistura completa*. Botucatu,

1989. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1989.
12. HOBSON, P. N., WHEATLEY, A. D. Anaerobic digestion: Modern theory and practice. Londres: *Elsevier Applied Science*, 1993. 269p.
13. JUNQUEIRA, S. L. C. D. *Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso na fazenda aterrado*. 2014. Tese (Bacharelado em engenharia mecânica) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
14. MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Branquinha, estado de Alagoas*. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15224/1/rel_cada_stros_branquinha.pdf. Acesso em: 29 jul. 2020.
15. MOURA, J. P. *Estudo de casos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerado por biodigestor*. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, 2012.
16. NOGUEIRA, L. A. H. Biodigestão: a alternativa energética. São Paulo: *Nobel*, 1986. 93p.
17. OLIVEIRA, N. de T.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. de A. A. de; SOUZA, E. D.; Melville, C. C. Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, v.47, n.10, p.1436-1442, out. 2012.
18. OLIVER, A. P. M.; SOUZA NETO, A. A.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. Manual de treinamento em biodigestão. Salvador: *Winrock*, 2008. 23p.
19. PEREIRA, E. L.; CAMPOS C.M.M.; MOTERANI, F. *Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbico de manta de lodo (UASB) tratamento de efluentes de suinocultura*. *Ambi-Água*, Taubaté, 2009. Disponível em: <http://ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/viewFile/304/379>. Acesso em: 20 maio 2017.
20. QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R. E.; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos

- e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.3, p.326-332, 2010.
21. RELATÓRIO AMBIENTAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA – RAGE. Planta de minimização de gases efeito estufa e aproveitamento energético do biogás gerado no lixão de Marambaia e no aterro sanitário de Adrianópolis - Nova Iguaçu - RJ – Brasil. V.2, abr. 2003.
22. SALOMON, K. R.; FILHO, G. L. T. Biomassa. 1. ed. Itajubá: *CERPCH*, 2007. 36p.
23. SAMPAIO, B. M. L. *Viabilidade do processo de tratamento anaeróbico de resíduos da industrialização da mandioca em sistemas de duas fases*. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 1996.
24. SILVA, C. O.; CESAR, V. R. S.; SANTOS, M. B.; SANTOS, A. S. Biodigestão anaeróbia com substrato formado pela combinação de esterco ovinocaprino, manipueira e biofertilizante. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã*, v.4, n.1, p.88-103, 2013.
25. SMITH, R. E., REED, M. J., KIKER, J. T. Two-phase anaerobic digestion of swine waste. *Trans of the ASAE*, p. 1123-28, 1977.