

USO DE DEJETOS AGROINDUSTRIAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA

Bruna Santos Verzolla¹
Ieda Maria Viana Ribeiro²
Katiane Isabela Silva³
Milena Leandra Silveira Morais⁴
Claudiomir Silva Santos⁵
Generci Dias Lopes⁶

Resumo

O objetivo deste trabalho foi elaborar uma revisão integrativa a fim de trazer informações sobre uso de dejetos agroindustriais na geração de energia. Foram realizadas pesquisas na plataforma SciELO e Google Acadêmico e em seguida, trabalhos com dados sobre o tema foram selecionados. Como há uma geração de resíduos líquidos e sólidos, o desafio da parte socioambiental é fazer com que haja um destino correto para esses materiais. Um destino promissor é a produção de energia elétrica a partir de biomassas residuais, este processo supriria a demanda de energia do Brasil. Os resultados obtidos a partir desta pesquisa, determinou que o uso de dejetos para produzir energia é viável, pois reduz os custos e não causa efeitos prejudiciais ao meio ambiente.

Palavras-chave: (Resíduos; Biomassa; Agroindustriais; Geração de Energia; BioEnergia)

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Campus Muzambinho – verzollab@gmail.com.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Campus Muzambinho – iedaviana119@gmail.com.

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Campus Muzambinho – katianesilva9804@gmail.com.

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Campus Muzambinho – milenamorais.bjp@gmail.com.

⁵Docente do IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

⁶Técnico Administrativo do IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, generci.lopes@muz.ifsuldeminas.edu.br

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de destaque no setor do agronegócio. Com o avanço das tecnologias, a produtividade agrícola e pecuária teve um aumento expressivo e isso implicou no aumento da geração de resíduos destas atividades (ROSA et al., 2011). A produção agropecuária está ligada à produção agroindustrial e conseqüentemente na geração de resíduos (COSTA FILHO et al., 2017) que são oriundos do beneficiamento e processamento dos produtos como alimentos, couro ou indústria sucroalcooleira (MATOS, 2014).

O agronegócio brasileiro tem crescido a cada ano e no ano de 2022, há registros de aumento de 78,8% em relação a 2021 (SOTTEMS, 2022). Com o aumento da produção, gera-se ainda mais resíduos que aceleram a poluição de solos e corpos hídricos, afetando também a saúde pública (ROSA et al., 2011).

Os resíduos rurais incluem todos os tipos gerados pelas atividades produtivas nas zonas rurais, quais sejam: resíduos agrícolas, florestais e pecuários, sendo este último constituído por esterco e outros produtos resultantes da atividade biológica dos caprinos, bovinos, suínos, e outros, da qual justifica seu aproveitamento energético (AVACI, 2013).

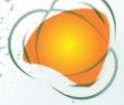
Além do potencial poluidor da biomassa residual proveniente das indústrias de grãos, madeira, papel, entre outras, destaca-se também a importância e necessidade de uma matriz energética mais limpa e renovável (PEREIRA et al., 2015).

As biomassas residuais provenientes do processamento agroindustrial possuem poder calorífico e são compostas de celulose, hemicelulose e lignina, que indica se o material é um bom gerador de energia (RAMOS E PAULA et al., 2011; ROCHA et al., 2017).

O aproveitamento de resíduos agroindustriais é benéfico, pois diminui o desperdício de alimentos e proporciona o desenvolvimento de subprodutos a partir do processamento destes, agregando valor e sustentabilidade, (COSTA FILHO et al., 2017) além do potencial de geração de energia.

Realização

Apoio



Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo abordar o aproveitamento de resíduos agroindustriais na geração de energia, apresentar exemplos e uma breve abordagem econômica deste aspecto.

METODOLOGIA

O trabalho refere-se a uma revisão integrativa sobre uso de dejetos agroindustriais na geração de energia. Para seu desdobramento foram realizadas pesquisas nas plataformas SciELO e Google Acadêmico utilizando o tema em questão, similares e palavras-chave.

Após a realização das pesquisas, foram selecionados alguns trabalhos que sintetizam o tema e demonstram dados experimentais sobre a geração de energia a partir de dejetos agroindustriais. Com base nestes documentos, foram apresentados os resultados e discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido ao descompasso entre o crescimento da demanda e a incapacidade de a oferta acompanhar o ritmo de expansão do Produto Interno Bruto (PIB) mundial, em especial do petróleo, que é base da matriz energética nacional, há perspectivas de crise no setor energético para as próximas décadas. Diante disso, países buscam de alguma forma, impedir que suas economias caiam diante da crise energética, estimulando as fontes energéticas renováveis, como biomassa solar e eólica.

A geração de resíduos em uma agroindústria, tanto líquidos quanto sólidos, é inerente diante de qualquer setor produtivo e com essa realidade nota-se a importância e o desafio socioambiental de destinar corretamente essa biomassa (COSTA FILHO et al., 2017). Esses resíduos podem apresentar problemas como poluição e perdas de biomassa e de nutrientes de alto valor (LAUFENBERG, 2003).

Os resíduos agroindustriais são gerados no processamento de alimentos, fibras, couro, madeira, produção de açúcar e álcool, etc., e as águas residuárias podem ser o resultado da lavagem do produto, escaldamento, cozimento, pasteurização, resfriamento e lavagem do equipamento de processamento e das instalações. Os resíduos sólidos são constituídos pelas sobras de processo, descartes e lixo proveniente de embalagens, lodo de

Realização

Apoio

sistemas de tratamento de águas residuárias, além de lixo gerado no refeitório, pátio e escritório da agroindústria (MATOS, 2005).

Outros exemplos comuns de aproveitamento de dejetos agroindustriais são em indústrias de produção de queijos, que utilizam o resíduo do soro lácteo na produção de bebidas fermentadas ou na incrementação de ração animal e indústrias sucroalcooleiras que utilizam o bagaço oriundo da produção de etanol, para fornecimento de energia nos fornos industriais das usinas (COSTA FILHO et al., 2017).

Resíduos de biomassa são considerados fonte de energia disponível embora possa causar grave degradação ambiental. A recuperação do biogás através da digestão anaeróbia é vista como forma ideal de tratamento de resíduos da biomassa. Diferentes tipos de resíduo têm potencial de produção de biogás tais como: dejetos de bovinos, de suínos, lodo de esgoto, resíduos de frutas e vegetais, entre outros. Conforme a característica dos dejetos torna-se imprescindível o tratamento prévio dos resíduos suínos para depois aproveitá-los no solo. A biodigestão anaeróbia pode ser usada como tratamento, reduzindo o poder de poluição e gerando subprodutos como o biogás e o biofertilizante (AVACI, 2013).

Uma das possíveis utilizações é o uso da biomassa, que é qualquer material passível de ser decomposto sob causas biológicas, ou seja, pela ação de diferentes tipos de bactérias. A biomassa decomposta por bactérias metano gênicas produzem biogás em maior ou menor quantidade, em virtude da temperatura, presença ou não de oxigênio, nível de umidade, quantidade de bactérias devido ao volume e ao tipo de biomassa, entre outros (COLATTO; LANGER, 2011).

A produção de energia elétrica a partir de biomassas residuais é uma vertente promissora para suprir a demanda por energia no Brasil que é produzida principalmente através do ciclo de *Rankine* (Figura 1), que é um ciclo termodinâmico reversível, capaz de converter calor em trabalho (ROCHA et al., 2017). O setor sucroalcooleiro brasileiro utiliza esse tipo de sistema que emprega o bagaço de cana-de-açúcar como principal biomassa residual (ROCHA et al., 2017).

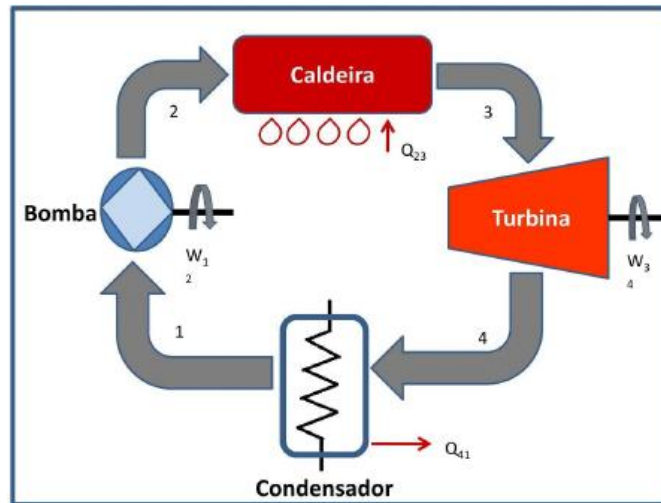
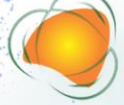


Figura 01: Ciclo Rankine (ROCHA et al., 2017).

Várias culturas geram resíduos em seu processamento, como o milho que produz cerca de 180 kg de sabugo (TORRE et al., 2008) e 700 kg de palha (HORST, 2013) para cada tonelada do grão; o arroz que para cada tonelada de grãos são gerados em média 220 kg de casca (EMBRAPA, 2012); a soja que gera 80 kg de casca para cada tonelada de grão; o trigo que gera 1,36 toneladas de palha para cada tonelada de grãos (HORST, 2013) e a cana-de-açúcar que para cada tonelada processada gera cerca de 140 kg de palha e 140 kg de bagaço em base seca, ou seja, 12 toneladas de palha e 12 toneladas de bagaço por hectare (SANTOS et al., 2014).

Verifica-se a grande quantidade de resíduos gerados no setor agroindustrial e o potencial de utilização desse material em larga escala para fins promissores (ROCHA et al., 2017). Números do relatório do balanço energético nacional da Empresa de Pesquisa Energética demonstram que a oferta de energia interna no âmbito das renováveis tem crescido já que cerca 18,5% do consumo foi a partir do bagaço de cana-de-açúcar representando 16,2 Mtep (mega tonelada equivalente de petróleo). No caso do setor energético, o bagaço de cana-de-açúcar denota um valor expressivo de 45,4% (12,5 mil tep) e no setor de transportes, 15,1% do consumo de energia foi a partir de etanol (13,0 Mtep) (Tabela 01).

Realização

Apoio

Tabela 01: Poder calorífico superior (PCS) de diversas biomassas ignocelulósicas.
(ROCHA et al., 2017)

Resíduo	PCS (Mtep)	Referência
Palha de Milho	24,73	Santos, 2014
Sabugo de Milho	6,60	Santos, 2014
Casca de Arroz	0,89	Horst, 2013
Casca de Soja	3,34	Ramos e Paula et al., 2011
Palha de Trigo	3,30	Horst, 2013
Casca de Coco	1,47	Esteves, 2014
Palha de Cana-de-açúcar	41,80	Santos et al., 2014
Bagaço de Cana-de-açúcar	41,57	Santos et al., 2014

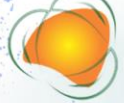
*Mtep: mega tonelada equivalente de petróleo

A partir da Tabela 01, observa-se que as biomassas apresentadas tem poder calorífico diversificado e os resíduos provenientes da cana-de-açúcar são os mais promissores visto que apresentam elevado valor. A palha de milho também oferece um PCS atrativo, apesar de inferior ao da palha e bagaço de cana, demonstrando que são biomassas promissoras e com potencial energético (ROCHA et al., 2017).

As fábricas de laticínios, matadouros, esgoto doméstico são alguns dos motivos para se ter grandes volumes de resíduos orgânicos, e esse tipo de resíduo é muito promissor para ser fonte de energia renovável, com grande potencial como geração de energia a partir do biogás (CANDIANI et al., 2015).

Uma opção necessária no futuro da economia serão os biocombustíveis, o que valoriza o uso sustentável de recursos de biomassas gerada por digestão anaeróbia. Neste processo os microrganismos anaeróbios que pertencem ao grupo de bactérias hidrolíticas fermentativas, degradam a matéria orgânica (SALOMON et al., 2005).

O biogás pode ser produzido com esses resíduos agroindustriais e é uma importante fonte energética, que pode substituir o petróleo por exemplo (FERRAREZ et al., 2010). O sul do Brasil tem se destacado em atividades no ramo de alimentos e de biogás, gerado a partir da digestão anaeróbia, e variam de acordo com cada resíduo adicionado ao biodigestor e a diluição obtida (DAL SOLER, 2012; HIDALGO et al., 2014).



No estudo, utilizaram-se substratos como lodos, sangue e dejetos suínos, e a produção de biogás e metano indicou que quanto maior o teor de dejetos suínos, menor o volume produzido, mas para o aproveitamento energético é uma boa opção. A codigestão de substratos é vantajosa e aperfeiçoa a digestão anaeróbia, promovendo também estabilidade no processo de digestão (HASAN et al., 2017).

Tabela 02: Quantificação de biomassas geradas pela Cooperativa (HASAN et al., 2017).

Resíduo/Origem	Quantidade Gerada (ton/mês)	%
Lodo Flotado (Frigorífico de Suínos)	653	31,95
Lodo Ativado desidratado (Frigorífico de Suínos)	18	0,88
Sangue (Frigorífico de Suínos)	172	8,42
Lodo Flotado (Laticínios)	183	8,95
Lodo Ativado (Laticínios)	183	8,95
Lodo Flotado e Ativado (Frigorífico de Aves)	625	30,58
Sangue (Frigorífico de Aves)	210	10,27
Total	2.044	100

Os autores concluíram que a codigestão de biomassas residuais foi capaz de promover um melhor rendimento na produção de biogás, para o aproveitamento como fonte renovável de energia, surgindo como etapa para o tratamento de lodos e subprodutos agroindustriais, tendo como uma possibilidade a redução das cargas orgânicas (HASAN et al., 2017).

Segundo Colatto e Langer (2011), com a revolução industrial, passou a emitir muitos gases para o meio ambiente, por meio das modificações realizadas pelo homem, onde todas as atividades humanas demandam energia, e com isso, a emissão de gases poluentes. Portanto, uma alternativa para a redução destes gases é a utilização dos biodigestores como forma de novas fontes de energia que possam controlar os gases do efeito estufa e contribuir para a destinação correta dos dejetos dos animais, diminuindo as esterqueiras.

Os biodigestores surgiram no Brasil na década de 70, e vem sendo uma alternativa para amenizar estes problemas, contribuindo para um desenvolvimento sustentável. É um método em que os produtores aceitaram muito bem, a fim de atender sua demanda energética e agregar valores e benefícios sociais, ambientais e econômicos. Este se dá a partir de resíduos orgânicos, transformados por digestão anaeróbica e resultando em gás

combustível com teores de metano e dióxido de carbono, possibilitando a geração de energia. Com o uso desta alternativa, há a diminuição da capacidade poluidora das fezes dos animais e também o volume diário emitido pelos mesmos (COLATTO; LANGER, 2011).

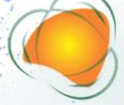
Conforme Colatto e Langer, (2011), os bovinos produzem em média 10 kg de dejetos por dia, produzindo cerca de $270 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$ de biogás, podendo ser considerados uma fonte para a produção de energia renovável, desde que a propriedade tenha uma alta produção de dejetos bovinos.

A implantação de biodigestores nas propriedades rurais criadoras de suínos, podem representar medidas eficazes no combate à poluição dos rios, uma vez que os dejetos serão transformados em gás e poderão também serem utilizados como fertilizante (COLATTO; LANGER, 2011).

Os biodigestores são estruturas projetadas e construídas a fim de produzir a degradação da biomassa residual sem que haja qualquer tipo de contato com o ar, proporcionando condições favoráveis para que as bactérias provoquem uma degradação mais acelerada da matéria. Eles recebem alguns efluentes líquidos, criando um ambiente sem oxigênio e propiciando a liberação de biogás, que fica armazenado na área livre da cúpula do biodigestor, que neste caso é transformado em gasômetro ou com função de acumulação do gás no gasômetro, após isso, o biogás é canalizado e pode ser utilizado para vários usos, como processos de aquecimento ou resfriamento e geração de energia elétrica. O fato do Brasil ser um país tropical se torna favorável a ciclos biológicos que promovem a degradação anaeróbia (COLATTO; LANGER, 2011).

Com isso, Colatto e Langer (2011) informam que a área rural passa a ser vista com mais cuidado quando se refere à preservação do meio ambiente, pois o biodigestor é uma boa alternativa para obtenção de energia limpa e biofertilizante, reduzindo tanto os gases para o efeito estufa, os impactos ambientais sobre o solo, água e ar da região, o contato do humano com os dejetos dos animais, e com isso, reduzindo as contaminações e o cheiro desagradável, além dos gastos com fertilizantes.

O fato de o metano ser um gás que contribui para o efeito estufa mais intensamente que o dióxido de carbono e sua queima para a geração de energia contribui grandemente



para a redução de seu efeito como tal, mostra-se vantajoso o aproveitamento do biogás (AVACI, 2013).

Sem tratamento, os dejetos poluem rios e emitem gases que aumentam o efeito estufa. O biogás proveniente da suinocultura vem-se tornando fonte de energia renovável. Além da produção de energia elétrica para suprir as necessidades dos produtores, contribui também para a diminuição de danos ambientais; ainda assim, há aspectos desta produção que devem ser analisados cuidadosamente, como a questão financeira. A análise financeira de projetos de implantação de plantas de biogás é de fundamental importância, visto que consiste em analisar os fatores econômicos essenciais para a obtenção de êxito no projeto, analisando o tempo de retorno do investimento (AVACI, 2013).

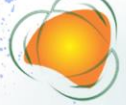
Segundo Avaci (2013), os benefícios de energia gerada pelo biogás consistem em:

- Economia no custo da energia elétrica comprada;
- Economia com combustível quando o biogás é usado para esse fim;
- Economia com a compra de gás natural para aquecimento de água e outras instalações;
- Evita-se o custo com fertilizantes comerciais usando o esterco bruto para fertilização e mais a receita de crédito carbono nos mercados de gases de efeito estufa.

O trabalho mostra a viabilidade da produção de energia elétrica proveniente do biogás da suinocultura. Aponta que com a venda de crédito de carbono o valor da produção de energia reduz drasticamente; com tempo de retorno de 10, 15 e 20 anos gerando 10, 16 e 20 h d⁻¹, há uma redução de custos de aproximadamente 60%, com a venda de crédito de carbono; produzindo 10, 16 e 20 h d⁻¹, ganha-se com crédito carbono R\$ 22.587,00 – R\$ 29.735,06 e R\$ 37.168,83, respectivamente (AVACI, 2013).

Realização

Apoio



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que é viável o uso de dejetos agroindustriais na produção de energia, pois além de minimizar os efeitos causados pelos mesmos no ambiente, também é possível a redução de custos, levantamento de receita, e a oportunidade de uma fazenda sustentável que utiliza fonte de energia renovável.

REFERÊNCIAS

AVACI, A. B. et al. **Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura.** Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/TRCrck9QS3Z997GH6hfCqFD/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 21 jun 2022.

CANDIANI, G.; TORRES, D. C. Análise qualitativa e quantitativa da produção de biogás em aterro sanitário. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.6, n.1, p.285-292, 2015.

COLATTO, L.; LANGER, M. Biodigestor - resíduo sólido pecuário para produção de energia. **Unesc & Ciência - ACET**. Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 119-128, jul./dez. 2011.

DAL SOLER, A. L. **Levantamento de dados da geração e caracterização de dejetos na suinocultura em fase de creche e terminação.** Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2012.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – EMBRAPA. 2012. **Agroenergia.** Produção de briquetes e pêletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento.

FERRAREZ, A. H.; FILHO, D. O.; TEIXEIRA, C. A.. Independência energética de granja suinícola a partir do uso de biogás. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.18, n.3, p.248-257, 2010.

HASAN, C.; MARDER, M.; FEITOSA, A. K.; MACHADO, C. A.; GONÇALVES, T. E.; FELDKIRCHER, T.; KONRAD, O.. Análise da sinergia de resíduos agroindustriais submetidos a biodigestão anaeróbia visando biogás para aproveitamento energético. **Revista IberoAmericana de Ciências Ambientais**, v.8, n.3, p.190-199, 2017.

HIDALGO, D.; MARTÍN-MARROQUÍN, J. M.. Effects of inoculum source and co-digestion strategies on anaerobic digestion of residues generated in the treatment of waste vegetable oils. **Journal of Environmental Management**, v.142, p.17-22, 2014.

HORST, D. J. 2013. Avaliação da produção energética a partir de ligninas contidas em biomassas.



103p. **Dissertação de mestrado** – UTFPR, Ponta Grossa - PR.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROM, M. **Transformation of vegetable waste into value added products.** (A) The upgrading concept; (B) Practical implementations.

MATOS, A. T. **Tratamento de resíduos agroindustriais.** Fundação Estadual do Meio Ambiente. Viçosa, Minas Gerais: ed. UFV, 2005.

MATOS, A. T. **Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos.** Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 2014.

PEREIRA, S. C., MAEHARA L., MACHADO C. M. M., FARINAS, C. S. 2015. 2G Ethanol from the whole sugarcane lignocellulosic biomass. **Biotechnology for Biofuels**, v. 8, p. 1-16.

RAMOS E PAULA, L. E. TRUGILHO, P. F., NAPOLI, A., BIANCHI, M. L. 2011. **Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation.** Cerne, v. 17, p. 237-246.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S.. Estimativa do potencial de geração de energia para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**, v.2, n.1, p.57-67, 2005.

SANTOS, M. S. R. 2014. Estudo de pré - tratamentos de palha e sabugo de milho visando a produção de etanol 2G. 75p. **Dissertação de mestrado** – UFAL, Maceió - AL.

SOTTEMS, L. **Agronegócio brasileiro dispara em 2022.** Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/agronegocio-brasileiro-dispara-em-2022_463677.html>. Acesso em: 10 jun. 2022.

TORRE, P., ALIAKBARIAN, B., RIVAS, B., DOMÍNGUEZ, J. M., CONVERTI, A. 2008. **Release of ferulic acid from corn cobs by alkaline hydrolysis.** Biochemistry Engineering Journal, v. 40, p. 500-506.

Realização

Apoio