

## **PROPOSTA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E GERAÇÃO DE ENERGIA POR MEIO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO/UEMA**

Emmerson Xavier Lima (UEMA) emmersonxavierlima@gmail.com

Guilherme Mendes Tavares (UEMA) guilherme\_engenharia@outlook.com

### **Resumo**

Este trabalho trata da proposta de implantação do sistema de produção de biogás e geração de energia elétrica para o Restaurante Universitário (RU) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), através do reaproveitamento de resíduos orgânicos utilizando um biodigestor. Sendo que esses resíduos são considerados biomassa, e essa, quando não passa por um processo adequado de destinação final, provoca efeitos nocivos ao meio ambiente, liberando gases prejudiciais não só ao ambiente, mas a saúde humana também. Nesse sentido, o presente estudo busca fazer uma análise da proposta, do ponto de vista energético, do destino e, conseqüentemente, o gerenciamento dos resíduos orgânicos, por meio da proposta de implantação de um sistema de biodigestão anaeróbia (biodigestor) e de um sistema de geração de energia elétrica a partir da queima do biogás (gerador de energia a gás). A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica, documental e entrevista com dirigentes do RU, com o intuito de levantar dados, bem como a análise de gráficos em relação a quantidade de resíduos desperdiçados e também a comparação do antes e depois da eventual implantação da proposta. Os resultados obtidos não foram muito significativos por conta dos valores de redução de consumo que foram baixos, conseguindo uma diminuição em torno de 2,24% com a utilização do biogás. Depreende-se que mesmo com resultados não muito satisfatórios, teremos uma pequena redução no consumo de energia elétrica, bem como uma destinação mais adequada dos resíduos orgânicos, corroborando assim para uma economia e também preservação do meio ambiente.

**Palavras-Chaves:** biogás; energia; restaurante universitário; meio ambiente

### **1. Introdução**

Segundo Benítez (2016), um pouco mais de 25% (cerca de 1,300 bilhões de toneladas) dos alimentos produzidos para o consumo humano são desperdiçados, gerando não só um impacto econômico, mas também social. Tal desperdício também é uma realidade para o Brasil, e

principalmente para São Luís, que contribui (de forma negativa) com 80 toneladas por ano de alimentos jogados fora.

Neste contexto, surge a necessidade de encontrar meios para o aproveitamento desse desperdício. Dessa forma, o biodigestor apresenta-se como um equipamento capaz de realizar tal função, pois o mesmo é responsável por gerar energia elétrica e biofertilizante, a partir de resíduos orgânicos.

Sendo assim, o presente trabalho busca apresentar uma proposta de implantação de um biodigestor no Restaurante Universitário do Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão a fim de aproveitar os resíduos orgânicos desperdiçados diariamente para geração de energia elétrica para a própria universidade, e após o período de produção máxima de biogás, utilizar a biomassa para criação de biofertilizantes, que podem ser utilizados nos diversos projetos envolvendo ciências agrárias, que existem no Campus.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1. Gestão energética**

Hoje, um dos pilares da sociedade é a energia elétrica. Com relação a indústria e desenvolvimento econômico, essa importância pode ser refletida na relação apresentada entre a variação do consumo de energia e o Produto Interno Bruto (PIB), onde o aumento do consumo energético significa um aquecimento da economia. Entretanto, desde 1970, os derivados do petróleo (que são fontes não renováveis) são a maior fonte de consumo, indicando que deve-se procurar por fontes alternativas e/ou meios de diminuir o consumo. Tal necessidade é intensificada pelo fato de o consumo de energia ser algo crescente e preocupante (LIMA, 2014).

Dessa forma, como já se sabe, diariamente a indústria busca formas de diminuir os gastos. Neste contexto, a gestão energética apresenta-se como fundamental. A gestão da energia pode ser definida como um conjunto de fundamentos, técnicas e ferramentas de ordenamento e conservação de energia, visando seu melhor aproveitamento com base em ideias sustentáveis. (SAIDEL, 2005, apud CASTRO, 2015)

### **2.2. Biogás**

Resíduo orgânico é um componente biológico resultante de origem animal ou vegetal, que recentemente fez parte de um ser vivo, tendo como resultado desse processo a matéria orgânica. Esse resíduo é considerado poluente e propício para o desenvolvimento de microrganismos nocivos à saúde. Ele constitui uma fonte geradora de gases e odores, quando iniciam sua decomposição. (ENESEP, 2007, apud GARZA, 2014).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela lei nº 12.305/10, estabelece instrumentos necessários para o avanço do país em relação aos problemas gerados pelos resíduos sólidos. Portanto, para a solução desse problema temos a gestão e o gerenciamento destes, que consiste em atividades intrínsecas ao controle, transporte e processamento. (GARZA, 2014).

A digestão anaeróbica tem sido um processo usado como uma forma alternativa para a remoção de altas concentrações de matéria orgânica presente em vários tipos de resíduos. Essa digestão é dada em dois estágios: o primeiro com bactérias anaeróbias e facultativas, formadoras de ácidos e o segundo atuam bactérias exclusivamente anaeróbias que convertem ácidos orgânicos em metano ( $\text{CH}_4$ ) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) (GARZA, 2014).

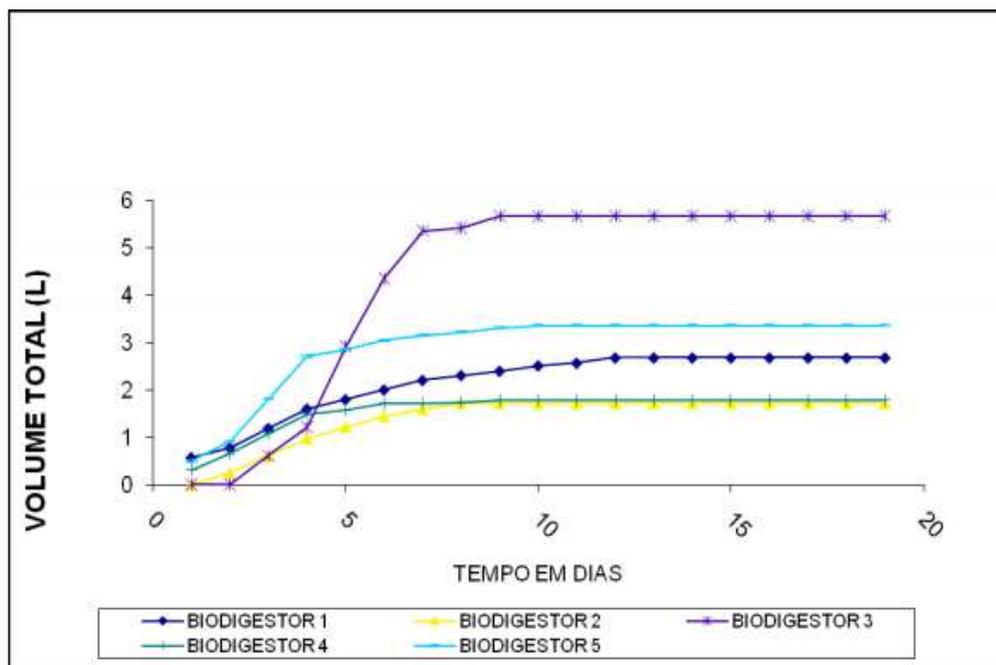
O biogás é um gás formado pela mistura de outros gases, a proporção desses vai depender de alguns parâmetros como tipo do biodigestor e o substrato a digerir. Independente disso, essa mistura é formada essencialmente por metano. O poder calorífico do biogás depende diretamente da quantidade de metano existente na mistura (GARZA, 2014).

Segundo a Agência Embrapa de Tecnologia e Informação (AGEITEC), para vegetais e resíduos orgânicos, a cada 1 kg de resíduos é possível produzir cerca de 0,04 m<sup>3</sup> de biogás. Sendo que existe um percentual de metano de 60% a 80% no biogás e quanto maior o teor mais puro é o biogás.

Em termos teóricos, o potencial de geração de energia é baseado na produção diária de biogás, na qual cerca de 1m<sup>3</sup> pode gerar cerca de 1,3 kWh. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamentou em 1996 a compra de energia produzida por biodigestores (SANTOS e NARDI, 2013).

Em relação a quantidade de biogás produzido, podemos fazer uma estimativa. Segundo Parzianello (2011), a produção de biogás não está associada a estabilização da matéria orgânica. Observa-se em experimentos que a partir do 19º dia houve uma parada de produção para alguns tipos de biodigestores. A figura 1 apresenta os níveis de produção de biogás por um período de 20 dias.

Figura 1 – Volume total de biogás produzido



Fonte: Adaptado de Parzianello (2011)

### 2.3. Biodigestor

Um biodigestor é basicamente um tanque fechado onde os microrganismos entram em contato com o resíduo em condições anaeróbias, os mesmos se alimentam de matéria orgânica e outros nutrientes contidos nos resíduos orgânicos (SANTOS, 2000, apud GARZA, 2014).

Pode-se classificar os biodigestores em dois tipos: batelada e contínuo. No de batelada o resíduo orgânico é introduzido de uma só vez, em seguida a câmara é selada para que o processo de digestão anaeróbia inicie. A produção de biogás atinge um pico e depois os valores vão decrescendo, sendo necessário desabastecer o biodigestor para carregá-lo com outra matéria orgânica. No contínuo a carga é feita quase que diariamente, tendo como efeito uma eficiência maior, além de dispensar limpezas frequentes (ANTUNES, 1981, apud GARZA, 2014).

## **2.4. Biofertilizantes**

Além do biogás, outro subproduto gerado pelos biodigestores é um biofertilizante rico em nutrientes essenciais as plantas. Segundo Fornari (2002 apud BARBOSA e LANGER, 2011), esse fertilizante possui teores de nutrientes iguais e até maiores que o do material original. Sendo assim, esse produto final é utilizado como adubo em cultivos de culturas e pastagens. Também apresentam a vantagem de ter um baixo custo, além de não gerarem problemas quanto a acidez e degradação do solo, diferente do que ocorre com parte dos fertilizantes de origem química.

Estoppey (2010 apud Reis, 2012) realizou um estudo com os resíduos das cozinhas de algumas comunidades da Índia e observou, por meio de análises, que o efluente (biofertilizante) gerado era rico em nitrogênio e fósforo, o que aumenta a viabilidade para utilização como fertilizante. Porém, notou-se, também, a presença de coliformes, o que implica sua utilização em culturas que não serão comidas cru.

Já Haraldsen *et al.* (2011 apud Reis, 2012), ao tratar resíduos de alimentos em escala laboratorial, analisaram o efluente gerado, que foi utilizado em uma cultura de cevada levando a um rendimento maior dessa espécie, quando comparado a um fertilizante industrial.

Esse aproveitamento do subproduto dos biodigestores contribui ainda mais para aumentar a sustentabilidade do sistema produtivo.

## **3. Metodologia**

Para estipular a quantidade de biogás a ser gerado foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental na revista do campus Paulo VI da UEMA, no município de São Luís, e também uma entrevista com o gerente do restaurante do campus a fim de obter a quantidade de resíduos desperdiçados diariamente ao final das refeições (sendo que é servido apenas uma refeição diária).

A partir dessa metodologia, o método adotado para o presente artigo foi:

- a) Obter a quantidade de resíduos desperdiçados;
- b) Cálculos para estimativa de produção do biogás a partir das informações obtidas em a);
- c) Consumo o médio mensal de energia elétrica do R.U;

- d) Comparação do consumo energético com o início da proposta de implantação do sistema de energia elétrica a partir do biogás.

Além disso, foi avaliado qual seria o destino final da biomassa pós-produção do biogás.

## 4. Resultado e discussão

### 4.1 Delimitação do universo de estudo

Atualmente o RU possui dois tipos de resíduos que são desperdiçados diariamente: resíduos de cozinha, gerados na preparação da refeição; e os resíduos de bandeja, que são deixados nas bandejas após o termino das refeições dos usuários (alunos e servidores). Antigamente o restaurante tinha uma parceria com a Fazenda Escola – UEMA, que consistia em levar os resíduos orgânicos para compostagem dos mesmos, com intuito de produzir adubo orgânico, em parceria com Agencia de Gestão Ambiental (AGA – UEMA), que gerenciava e monitorava parte dos resíduos destinados da Fazenda Escola. Porém, tal parceria não existe mais.

A gerência do RU, realiza diariamente o controle de todo o desperdício orgânico. Com base nos dados fornecidos para a realização do presente estudo, foi feito a Figura 2, onde é possível visualizar o desperdício orgânico total em 1 mês letivo (no caso, 23 dias). No período analisado houve um total de 4200 kg, com uma média diária de aproximadamente 182 kg.

Figura 2: Desperdício orgânico diário

1

Fonte: Produzido pelos autores

### 4.2 Estimativa do potencial energético de biogás

Para fazer uma estimativa mensal do potencial a ser produzido e posteriormente e gerar energia elétrica a partir dos resíduos orgânicos, foram usados os dados da tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas para a estimativa mensal de biogás

Variável	Descrição da Variável	Valor
$\bar{K}_{CH_4}$	Concentração média-teórica de metano (CH <sub>4</sub> ) no biogás	60%

$PCI_{CH_4}$	Poder calorífico inferior do metano	35.739 kJ/m <sup>3</sup>
TP	Taxa de produção do volume de biogás (m <sup>3</sup> ) por cada kg de resíduo orgânico	0,04m <sup>3</sup> /kg
Qtd	Quantidade média de resíduos orgânicos totais gerados mensalmente no RU – UEMA, no período acadêmico	4200 kg/mês
$\eta$	Eficiência do gerador	40%

Fonte: Adaptado de Bueno *et al*, 2016

Por meio da quantidade média de resíduos orgânicos totais desperdiçados mensalmente no RU e da taxa de produção do volume de biogás por cada quilograma de resíduo orgânico desperdiçado, um biodigestor dimensionado projetado para receber essa carga de biomassa pode produzir um volume aproximado de biogás, conforme a eq.(1):

$$TP \times Qtd = 0,04 \times 4200 = 168 \text{ m}^3 \text{ de biogás} \quad (1)$$

Sendo que esse valor de 168 m<sup>3</sup> de biogás é a produção por um período de incubação e biodigestão anaeróbia de cerca de 15 a 30 dias, que no final das contas representa uma produção mensal de biogás.

Portanto teremos que a produção mensal, de um único biodigestor, aproximada de biogás será de 168 m<sup>3</sup>/mês

Para poder estimar a quantidade de energia elétrica que pode ser gerada a partir da queima do biogás, temos que obter a quantidade ou a concentração de metano contida no biogás produzido, que é encontrada pela eq.(2):

$$168 \text{ m}^3/\text{mês} \times \bar{K}_{CH_4} = 100,8 \text{ m}^3/\text{mês} \quad (2)$$

Agora usando o  $PCI_{CH_4}$  e a quantidade de metano contida no biogás, mensalmente, temos pela eq.(3):

$$PCI_{CH_4} \times 100,8 \text{ m}^3/\text{mês} = 3.602.491,2 \text{ kJ}/\text{mês} \quad (3)$$

Diante desse resultado, podemos dizer que em 1 mês de produção de biogás e a eventual queima do mesmo, pode nos proporcionar um ganho energético (térmico) de 3.602.491,2 kJ, e que transformando para ganho energético elétrico, teremos um valor aproximado de 1000,64 kWh/mês.

Porém, com o uso de um gerador com eficiência de 40%, temos a energia elétrica gerada para o Campus Paulo VI, que é encontrada pela eq.(4):

$$1000,64 \text{ kWh/mês} \times \eta = 400,27 \text{ kWh/mês} \quad (4)$$

Diante disso podemos dizer que o uso de um biodigestor que recebe a carga de biomassa fornecida pelo RU, tem uma perspectiva de produção de energia elétrica de 400,27 kWh mensal. Isso proporciona uma pequena redução no consumo de energia elétrica do Restaurante Universitário da Universidade Estadual do Maranhão.

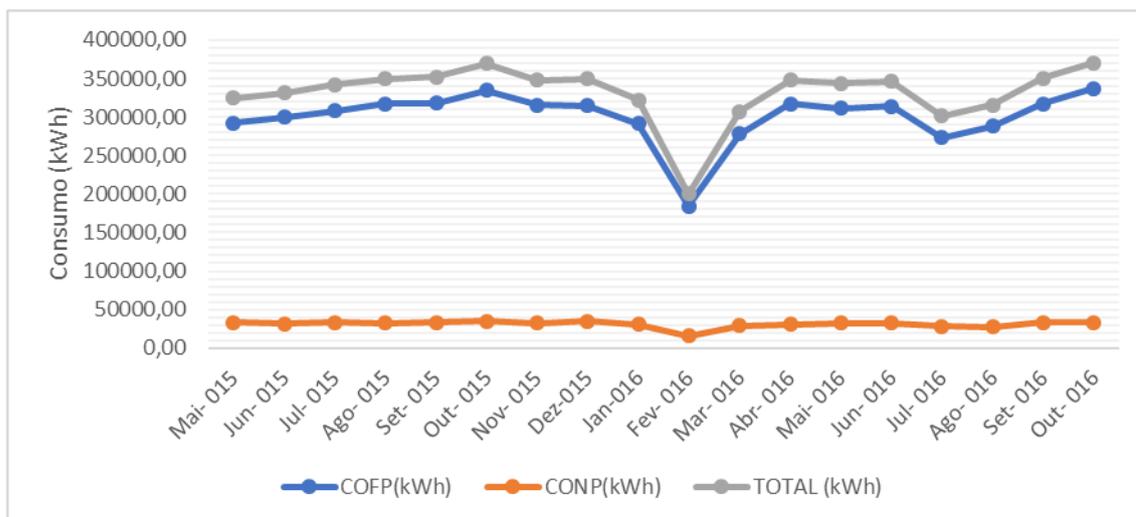
### **4.3 Comparativo energético**

Após encontrado o eventual potencial da geração de energia elétrica a partir do biogás, pode-se realizar uma breve comparação de como seria o consumo de energia elétrica do RU com o biodigestor.

O campus Paulo VI, possui cerca de 27 prédios, onde funcionam os cursos regulares de graduação presencial e a distância, laboratórios, biblioteca, reitoria e pró-reitorias dentre outros, inclusive o próprio R.U., que consomem parte da energia fornecida pela concessionária do estado do Maranhão.

Com base na Figura 3, podemos ter uma certa noção do quão alto o consumo de energia elétrica do Campus Paulo VI, levando em conta o desperdício de energia com certos equipamentos (como por exemplo os ares condicionados) que funcionam sem que haja nenhum usuário.

Figura 3 – Consumo de energia elétrica do Campus VI



Fonte: Produzido pelos autores

Durante o período analisado podemos observar que apenas no mês de fevereiro houve uma atenuação do consumo, por ser um mês de poucos dias úteis.

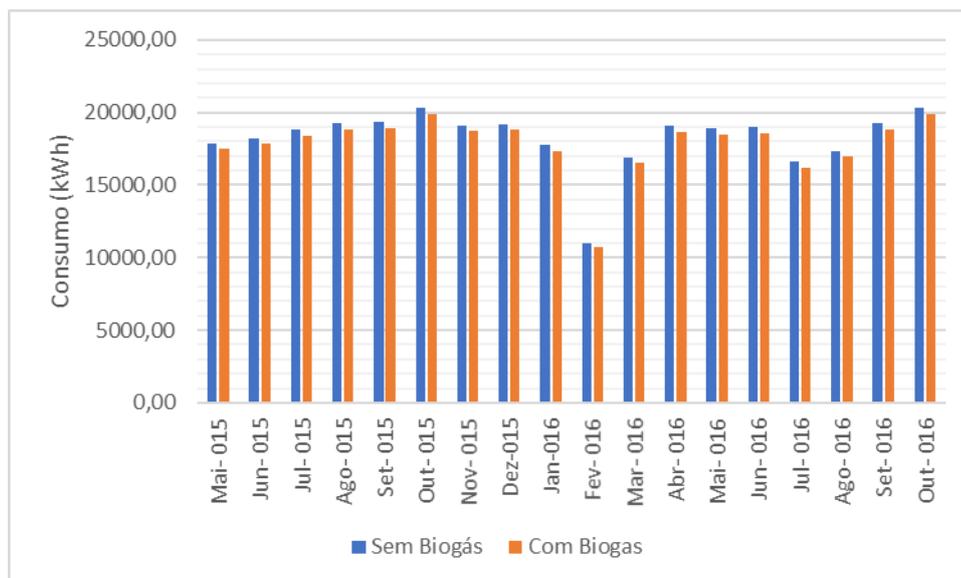
As informações foram oferecidas pela Prefeitura do Campus VI, por meio da equipe técnica responsável pelo setor de energia elétrica, sendo que a Companhia de Energia Elétrica do Maranhão (CEMAR) lista a fatura pelos consumos fora de ponta (COFP), na qual o R.U. está incluso, e consumo em ponta (CONP). De acordo com ANEEL (2016), o horário do COFP da CEMAR refere-se a energia elétrica utilizada entre 23h e 16h, enquanto o CONP é entre 18h e 20:59h.

O valor da tarifa cobrada ao poder público incide no consumo total mensal que tem média aproximadamente de 331.726,44 kWh, implicando em gasto mensal médio de aproximadamente R\$ 166.360,81.

Diante disso, com base em estimativas da equipe técnica responsável pela energia elétrica e da própria gerencia do RU, o consumo de energia do restaurante é de cerca de 5,5% do consumo total.

A partir dessas informações e também com a estimativa do potencial de geração de energia elétrica a partir da produção de biogás, pode-se fazer uma análise comparativa do quanto poderia reduzir o consumo de energia do Restaurante Universitário com o uso do biogás.

Figura 4 – Comparação do consumo de energia elétrica com e sem o biogás



Fonte: Produzido pelos autores

Com base nos resultados obtido na figura 4, é possível notar que o consumo médio mensal de energia elétrica do RU é de aproximadamente 18.244,95 kWh, este consumo reflete em um custo médio mensal para a Universidade de cerca de R\$ 9.149,84.

Nesse sentido, fazendo uma comparação, no mesmo período mostrado na figura 4 tem-se que a energia elétrica gerada proporcionaria uma redução no consumo de energia do Restaurante Universitário em torno de 2,24% que embora não aparenta ser algo tão expressivo, resulta em uma atenuação do consumo médio mensal de energia elétrica em torno de 408,69 kWh, consequentemente tendo um gasto médio mensal reduzido, cerca de R\$ 204,95. Tal valor, apesar de parecer inexpressivo para a universidade, é muito maior do que 161,8 kWh, que equivale ao consumo médio mensal de uma residência no Brasil (EPE, 2015).

Além disso, após o período de produção de biogás e incubação, a biomassa resultante do processo pode ser usada como biofertilizante nos cultivos da Fazenda Escola – UEMA. Assim, os resíduos orgânicos que antes eram depositados no meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento, podem passar a ter uma destinação mais adequada com um certo retorno econômico e ambiental.

### 3. Conclusão

Com base nos dados obtidos e na pesquisa bibliográfica realizada, foi possível observar que o desperdício orgânico mensal do RU., é suficiente para gerar, por meio do biodigestor, energia elétrica, com um abatimento médio total de 408,69 kWh nas despesas mensais do próprio

restaurante, o que seria equivalente ao consumo feito pelas diversas TVs e ventiladores que existem no ambiente.

Além disso, os biofertilizantes podem ser usados nos variados projetos de agricultura e agronomia. Esses fertilizantes são uma opção natural para os plantios. Vale ressaltar que atualmente apenas os fertilizantes químicos são usados, e estes, além de serem comprados (o que envolve mais um gasto), são mais pobres em vitaminas e sais, e vêm impregnados de resíduos venenosos, o que traz prejuízos para o meio ambiente e para a saúde dos consumidores (ANDRADE *et. al*, 2011)

Sendo assim, nota-se a importância da realização de uma gestão energética, pois a mesma consegue propor uma alternativa sustentável, que é capaz de lidar com o desperdício de alimentos e ainda por cima trazer benefícios.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Luciano Pires de.; LEITE, Ana Erundina de Luna Moraes; CAMPOS, Gessyka Pollyana de Araújo; ALMEIDA, Marília de Macêdo; ANDRADE, Horasa Maria Lima da Silva. **Diagnóstico sobre A Utilização de Fertilizantes Químicos por Comerciantes da Feira Livre no Município de Sanharó-PE**. Cadernos de Agroecologia, v. 6, p. 1-4, dezembro, 2011.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Postos Tarifários**. 2016. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/alta-tensao/-/asset\\_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/alta-tensao/654800?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/alta-tensao/-/asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/alta-tensao/654800?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 05 jan. 2017

BARBOSA, George; LANGER, Marcelo. Uso de Biodigestores em Propriedades Rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência – ACSA**, Joaçaba, v. 2, nº 1, p. 87-96, jan/jun, 2011.

BENÍTEZ, Raúl Osvaldo. Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe. **FAO**. 2016. Disponível em:<<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>>. Acesso em: 29 Dez. 2016

CASTRO, Alexandre Teles de. **Gestão Energética nos Setores Transversais para Redução do Consumo de Energia em Uma Empresa Automobilística**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA . **Agencia Embrapa de Infomação Tecnológica**. 2013. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn102wx5e00sawqe3qf9d0sy.html>>. Acesso em 28 de dezembro de 2016.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Dezembro%202015.pdf>>. Acesso em: 29 Dez. 2016

GARZA, H., SKRZYPCZAK, P., & DOMINGOS, V. **Estudos preliminares da produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de resíduos do restaurante universitário do Câmpus Medianeira**. Medianeira: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Disponível em <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5515>>. Acesso em: 20 Dez. 2016.

GUEDES, M. F.; SANTO, L.; PEREIRA, V.; MARTINEZ, G.; & TOMACHUK, C. **Sistema Anaeróbico Caseiro para Produção de Biogás A Partir de Biomassa de Arroz**. Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 1-6, 2015. Acesso em 2016 de dezembro de 2016. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeqic2015/482-34189-266152.pdf>>. Acesso em: 28 Dez. 2016.

KLINGER, C., STROCKE, M. P., & SANTOS, A. V. **Processo de Geração de Biogás A Partir do Reaproveitamento da Glicerina - Fase Pesada e Lixo: fase pesada e lixo orgânico domiciliar**. REVISTA GEINTEC, 6(2), pp. 1-15, 2016. Disponível em: <<http://www.revistageintec.net/portal/index.php/revista/article/view/819/696>>. Acesso em: 28 Dez. 2016

LIMA, Allan Kardec Craveiro de. **A Eficiência Energética em Uma Indústria de Eletroeletrônicos do Polo Industrial de Manaus: desafios de implantação e novas possibilidades**. 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

PARZIANELLO, Jorge E. **Biodigestão Anaeróbia de Mistura de Resíduos Avícolas e Lácteos**. 2011. Monografia (Bacharelado em Química Industrial) – Curso de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2011.

REIS, Alexsandro dos Santos. **Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos em Biodigestor Anaeróbio**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.