

PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTORES ANAERÓBIOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Isabela Barros de Sena (isabela.senaa@hotmail.com); Nithyane Rayssa Pires Barros (rayssanithyane@gmail.com); Juliana Ferreira Bezerra Mocock (jfbm@poli.br); Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani (emilia.rabbani@upe.br); Sergio Peres Ramos da Silva (sergperes@gmail.com)

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco (UPE-POLI) - Brazil

Palavras chave: biodigestores anaeróbicos, sustentabilidade, instituição de ensino superior

A busca por biocombustível e fontes de energia renováveis tem aumentado com passar dos anos. Conseguir esse feito com o reaproveitamento de resíduos orgânicos é uma façanha do uso de biodigestores anaeróbicos, tecnologia que possui simples operação e produz biogás. Paralelo ao crescimento dos estudos sobre este equipamento temos as Instituições de Ensino Superior (IES), que através de suas práticas servem de modelo para toda sociedade. Por isso, esta pesquisa, após revisão bibliográfica e entrevista com especialista sobre o tema, sugere que na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE) seja implantado um biodigestor alimentado por sobras alimentícias do restaurante presente nesta unidade e do restaurante do campus vizinho a Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco - FCAP/UPE. Tendo por modelo o proposto na literatura, usando uma caixa d'água fechada de 5000l-10000l, gasômetro, sendo a tubulação para entrada de 100 - 150mm. A construção do equipamento na universidade proporcionaria uma alternativa para a reutilização de resíduos, além de estimular os discentes a ter atitudes sustentáveis.

1. INTRODUÇÃO

Uma das consequências da rápida urbanização vivida no país nas últimas décadas é a grande aglomeração de população nos centros urbanos. Essa concentração de pessoas aumentou, conseqüentemente, a demanda de resíduos sólidos nessas áreas. Este fato, por sua vez, evidenciou a dificuldade para gestão desses resíduos, levando-os a ter fins prejudiciais ao meio ambiente. Sendo muitas vezes descartados em aterros sanitários, cursos d'água e outros locais inadequados, os resíduos sólidos propiciam o desenvolvimento de microorganismos que são agentes causadores de inúmeras doenças.

Segundo o IBAM (2001), "resíduo sólido é todo material sólido ou semissólido indesejável e que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta, em qualquer recipiente destinado a este ato". De acordo com a Abrelpe (2017), o Brasil produziu 78,3 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Estima-se que 65% dos resíduos sólidos gerados no Brasil sejam matéria orgânica (IBAM, 2001). Este fato justifica a importância da destinação adequada desses resíduos, de maneira útil para a sociedade.

A cidade do Recife, um dos maiores polos comerciais do Nordeste, tem diariamente seus ecossistemas ameaçados pelo despejo desenfreado de RSU em seus corpos d'água, além de transtornos trazidos pelo acúmulo de resíduos nas ruas da cidade. Por isso, faz-se necessário aplicar soluções que beneficiem o meio ambiente e as pessoas na destinação final desses resíduos.

Uma alternativa tecnológica simples e relativamente barata para enfrentar esse problema a curto prazo é o uso de biodigestores anaeróbicos. Esses equipamentos na ausência de

oxigênio aceleram a decomposição de material orgânico numa câmara de fermentação através de um consórcio de bactérias metanogênicas. Essas bactérias, por sua vez, produzem metano, possibilitando a remoção de gás carbônico, e utilizam nitrogênio do ambiente anaeróbio.

Esse instrumento pode ser alimentado, por exemplo, com resíduos orgânicos e esterco em solução aquosa e/ou efluentes proveniente das casas das pessoas. A utilização de biodigestores contribui para o desenvolvimento sustentável porque traz benefícios ambientais, reaproveitando resíduos orgânicos e dando uma destinação útil a eles e ao esgoto; econômicos, visto que o biogás produzido neste instrumento surge como alternativa para suprimento da demanda de energia local; e sociais, trazendo dignidade humana aos cidadãos, que diariamente convivem com resíduos de todas as origens, sofrendo com odores e a proliferação de doenças.

Dentro deste contexto, de acordo com o Princípio 19 da Declaração de Estocolmo (ONU, 1972) “é indispensável um esforço para a educação em questões ambientais, dirigida tanto às gerações jovens como aos adultos e que preste a devida atenção ao setor da população menos privilegiado, para fundamentar as bases de uma opinião pública bem informada”. Diante disso, no processo do desenvolvimento sustentável, as Instituições de Ensino Superior (IES) desempenham um papel importante. É nelas que são desenvolvidos e implementados pesquisas e projetos que posteriormente serão aplicados na sociedade. Dessa forma, segundo Oliveira *et al.* (2016) além de ensinar as práticas corretas, é necessário que as organizações educacionais pratiquem aquilo que ensinam.

Dessa maneira, o objetivo desta pesquisa é propor a implantação de um biodigestor anaeróbio na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE) e identificar e sugerir disciplinas da graduação que possam ser beneficiadas academicamente com o estudo deste instrumento, acarretando para os discentes da instituição o aumento de seus conhecimentos sobre esses equipamentos. Esses instrumentos, além de possibilitar o desenvolvimento de pesquisas e projetos sobre essa área de conhecimento, pode sensibilizar os estudantes quanto a questões socioambientais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta os tópicos que fundamentaram essa pesquisa. A seguir apresenta-se a referencial teórico referente aos tipos e funcionamentos de biodigestores, definição e uso de biogás e utilização de biodigestores em IES.

2.1. Tipos e funcionamento de biodigestores

Em 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, resultante da decomposição de dejetos animais em lugares úmidos. Nessa mesma época, pesquisadores como Fischer e Schrader, na Alemanha, e Grayon, na França, estabeleceram as bases teóricas e experimentais da biodigestão anaeróbia. Posteriormente, em 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica para a cidade de Exeter, Inglaterra, sendo o gás produzido utilizado para iluminação pública (NOGUEIRA, 1986 *apud* PALHARES, 2007).

No Brasil, graças à crise com os preços do petróleo em 1979, o governo passou a incentivar alternativas para a substituição deste insumo. No período entre 1980-1984, foram utilizadas diversas formas de estímulo à instalação de biodigestores (PALHARES, 2007). A partir desse momento, o Brasil passou a difundir o uso desse instrumento que, inicialmente estava concentrado na região Sul do país, onde se encontram grandes criadores de suínos, aves e bovinos.

Atualmente, no estado de Pernambuco, pode-se ver alguns empreendimentos que fazem uso de biodigestor. É o caso do Camará Shopping, que durante sua fase de construção utilizou esgoto e resto de comida do refeitório como insumo para alimentar o equipamento de 30m³, implantado através de uma parceria entre o Laboratório de Combustíveis e Energia (POLICOM) da POLI/UPE e a Companhia Elétrica de Pernambuco (CELPE), gerando biogás e energia.

O funcionamento dos biodigestores acontece de maneira relativamente simples. O resíduo orgânico, diluído em água, entra pelo tanque de alimentação até a câmara fechada onde ocorrerá a digestão na ausência de oxigênio (ambiente anaeróbico). O que resta da matéria orgânica pode ser guardado para ser usado como biofertilizante. O biogás produzido no processo é então acumulado no gasômetro que, por sua vez, possui mecanismos que direcionam o gás até onde será consumido.

São componentes essenciais de um biodigestor: o fermentador, onde acontece o processo de fermentação anaeróbica realizada pelas bactérias; o tanque de alimentação; e a câmara de saída. Atualmente, diversos modelos de biodigestor podem ser encontrados (canadense, indiano, chinês, dentre outros), cada qual com suas especificidades.

O biodigestor modelo indiano é construído enterrado no solo e caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro feita geralmente de ferro. Por sua extensão ser vertical, ocupa pouco espaço.

O modelo chinês é considerado barato por ser construído em forma cilíndrica por alvenaria (tijolo). Segundo Deganutti *et al.* (201?), funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída. Quando ocorre descompressão, o processo acontece em sentido contrário.

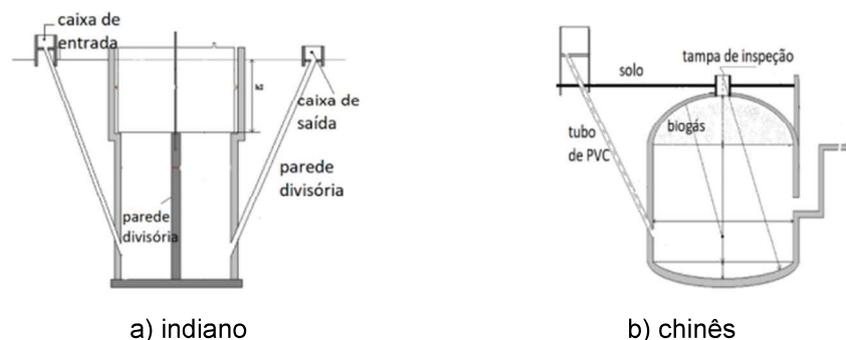


Figura 1. Modelos de biodigestor. Fonte: Adaptado de Deganutti et al. (201?)

Entretanto, de maneira geral, quanto à forma de “alimentá-los”, são duas as classificações principais: batelada ou contínuo. No modelo batelada, há pouca exigência operacional, visto que neste caso eles são alimentados uma única vez com uma carga grande e fechados para que aconteça a fermentação da matéria orgânica. A fermentação ocorre apenas depois de um maior período de tempo, o qual varia de acordo com o substrato usado para abastecer o equipamento, pois cada qual é processado em um intervalo de tempo diferente. Quando a produção do biogás cair, coloca-se a próxima carga; esta operação acontece de forma descontínua.

No biodigestor de alimentação contínua (Figura 2), a matéria orgânica é diluída e se move por carga hidráulica até o equipamento, que recebe uma carga diária. Logo, a inserção de dejetos acontece em curtos intervalos de tempos. Nesse modelo, é importante fazer a correta diluição ou trituração do material orgânico para evitar entupimentos, o que prejudica o sistema.

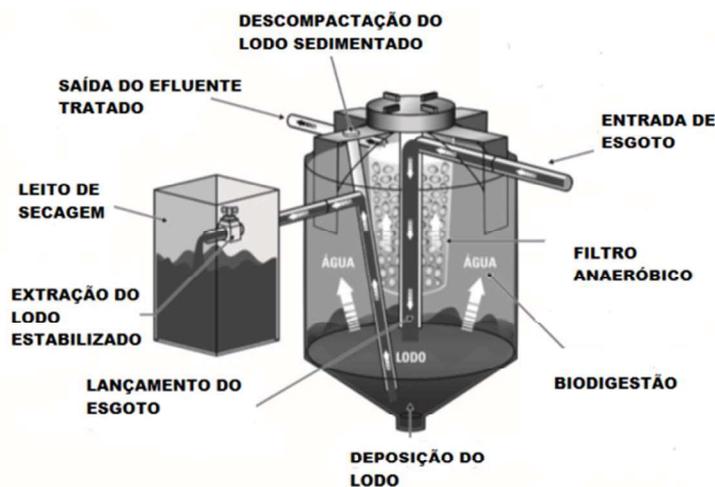


Figura 2. Biodigestor para uso residencial de alimentação contínua. Fonte: Adaptado de Acqualimp (2016).

2.2. Definição e uso de biogás

De acordo com a CIBIOGÁS (2018):

O biogás é uma mistura de gases composta principalmente por metano e dióxido de carbono, obtida normalmente através do tratamento de resíduos domésticos, agropecuários e industriais, por meio de processo de biodegradação anaeróbia, ou seja, na ausência de oxigênio.

A composição em volume do biogás apresenta concentrações de metano (CH₄) de 70 a 80%, de nitrogênio (N₂) de 10 a 25% e de dióxido de carbono (CO₂) de 5 a 10%. O poder calorífico do CH₄ é 35,9 MJ.Nm³, já o do biogás com 60% de CH₄ é 21,5 MJ.Nm³, correspondendo a cerca de 70% do poder calorífico do gás natural (ROSA, 2016). A Tabela 1 estabelece uma relação comparativa do biogás com outros combustíveis.

Tabela 10. Relação comparativa de 1m³ de biogás com combustíveis usuais

GLP	GASOLINA	ÓLEO DIESEL	ETANOL	LENHA	ELETRICIDADE
0,40kg	0,61 a 70L	0.55L	0.80L	1,60 a 350kg	1,25 a 1,43kWh

Fonte: Adaptado de Silva (2013).

De acordo com a ABIOGÁS (2015), o Brasil tem potencial para produzir 4 bilhões m³/ano de biogás. A utilização do biogás na produção de energia elétrica acontece através da sua queima em motores e turbinas. Seu potencial é notável, mas precisa de mais planejamento na sua administração. Uma pesquisa da ABRELPE em 2013 concluiu que são emitidos no estado de Pernambuco 5.785m³/h, com potencial para gerar 7,2 MW de energia. “Estima-se que são necessários de 670 a 800 m³/h de biogás com uma concentração de 50% de CH₄ para garantir a instalação de 1 MWe” (ABRELPE, 2013).

2.3. Utilização dos biodigestores em IES

Como difusoras de conhecimento, as IES têm grande visibilidade e grande importância na formação de cidadãos. Segundo Oliveira *et al.* (2016), o desenvolvimento de uma consciência social ecológica envolve as mais diversas áreas estruturais de uma sociedade. Logo, o setor educacional também está inserido nesta perspectiva sustentável. É possível ver casos de IES que vêm sendo exemplo com práticas sustentáveis, com o uso de biodigestores em suas instalações, acarretando consequências positivas. Pode-se verificar exemplos dessas IES no Quadro 1.

Quadro 1. Uso de biodigestores em IES

AUTORES	IES	RESULTADO
---------	-----	-----------

Kigozi <i>et al.</i> (2014)	University of Johannesburg's Doornfontein Campus	Verificaram que o campus gera 232,2 kg de resíduos biodegradáveis por dia, o que exigiu 30m ³ de capacidade do biodigestor.
Menezes <i>et al.</i> (2014)	Universidade Federal de Pernambuco	O biodigestor foi implantado por iniciativa do projeto COOPERE, que por meio dessa e de outras ações ajudam na gestão de resíduos na UFPE.
Silva <i>et al.</i> (2015)	Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Apodi	Foi construído um biodigestor modelo indiano com capacidade de aproximadamente 5.000 litros da mistura biomassa e água.
UB (2015)	University of Wisconsin	O biodigestor produz o equivalente a 35% do consumo de eletricidade do campus

3. MÉTODOS

Inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura com os temas sobre sustentabilidade, meio ambiente, biodigestor, biogás, biofertilizante, projeto de instalação de biodigestor anaeróbio em IES que são abordadas neste projeto. Logo após, foram feitas entrevistas com dois profissionais.

O primeiro foi Sérgio Peres Ramos da Silva, PhD., responsável pelo projeto, execução, implantação e operação do sistema de biodigestão da Micro-Usina de Geração de Energia Elétrica (30 kW) na Usina Camará em Camaragibe, no estado de Pernambuco. A segunda foi Emília Rahnemay Kolhman Rabbani, PhD, experiente pesquisadora na área de construção civil sustentável. Com isso, obtiveram-se recomendações para o entendimento do funcionamento interno, juntamente com a alimentação, monitoramento e manutenção, além de sugestões para a localização do biodigestor e o material a ser usado na sua construção. Desta forma, a proposta será a alimentação do biodigestor com resíduos orgânicos, o que resultará na minimização de resíduos dentro de uma instituição acadêmica.

Neste estudo, a IES escolhida como referência foi a POLI/UPE. Fundada em 6 de março de 1912, a escola é tradicional no ensino de engenharia do país contribuindo para o desenvolvimento do estado de Pernambuco. Possui atualmente 8 cursos de graduação e 3 de mestrado. Por fim, foi feita uma avaliação das ementas dos 8 cursos de graduação, com o objetivo de identificar quais disciplinas poderiam ser beneficiadas pelo estudo do sistema de tratamento de resíduo orgânico (biodigestor), além de possibilitar o desenvolvimento de pesquisas e projetos sobre essa área de conhecimento por possuir um grande potencial de aplicação prática.

4. RESULTADOS

Esta seção abordará os principais resultados desta pesquisa. A seguir, apresentam-se o modelo de biodigestor proposto, bem como sua localização na POLI/UPE, e as disciplinas identificadas com potencial benefícios pelo estudo deste equipamento.

4.1. Proposta de biodigestor para implantação na POLI/UPE

A localização mais apropriada para o biodigestor sugerida pelo professor Dr. Sérgio Peres é na parte lateral da instituição, situada atrás da quadra, depois do restaurante (Figura 3). O modelo proposto para a construção do biodigestor anaeróbio a ser conectado a um fogão do restaurante na POLI/UPE (Figura 4) terá como base o desenvolvido por Souto (2017).

Usando uma caixa d'água fechada de 5000 a 10000L e gasômetro, a tubulação para entrada seria de 100 a 150mm. O biogás produzido seria direcionado a um fogão adaptado para recebê-lo. Sugere-se que quinzenalmente sejam realizadas inspeções visuais na caixa de inspeção/interligação, e manutenções preventivas a cada seis meses ou quando se fizer necessário de acordo com as inspeções visuais (SOUTO, 2017).

A Figura 4 mostra o projeto de instalação do biodigestor. A Figura 5 mostra o detalhamento do biodigestor que será proposto para implantação na Escola Politécnica de Pernambuco.

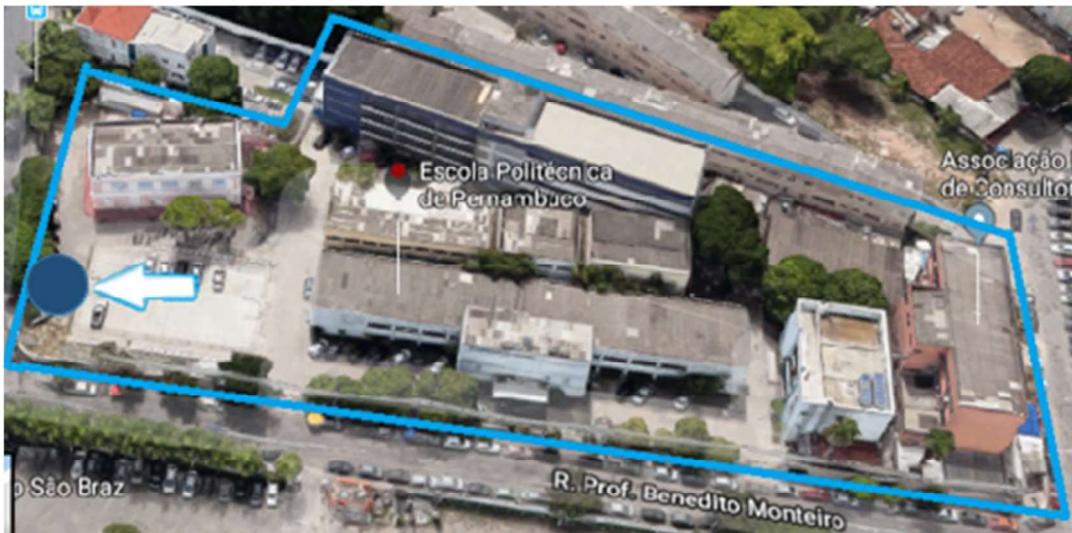


Figura 3. POLI/UPE com destaque para local da implantação do biodigestor. Fonte: Adaptado de Google Maps.

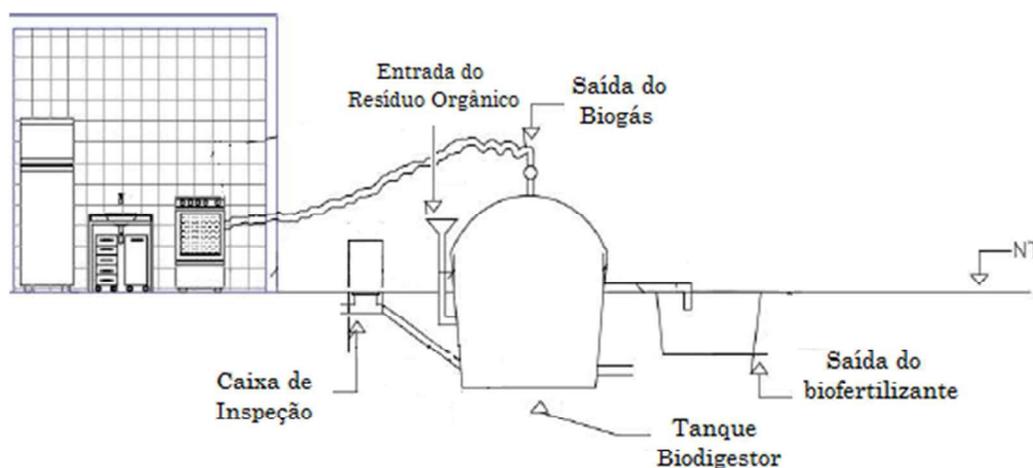
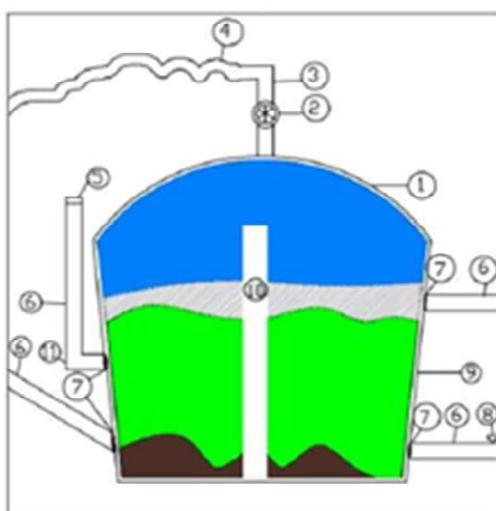


Figura 4. Projeto de instalação do biodigestor para tratamento de resíduo orgânico na POLI/UPE. Fonte: Adaptado de Souto (2017).



ÍNDICE	CARACTERÍSTICAS
1	GASÔMETRO
2	MANÔMETRO
3	SPIN 4"
4	TUBULAÇÃO DO BIOGÁS
5	ENTRADA DO RO
6	CANO DE PVC
7	FLANGE PVC
8	REGISTRO TIPO ESFERA
9	CAIXA DE FIBRA DE VIDRO
10	PLACA SEPADORA
11	JOELHO DE 90°

Figura 5. Detalhamento do Biodigestor. Fonte: Adaptado de Souto (2017).

4.2. Análise das ementas

Com base nas ementas das disciplinas disponibilizadas no Plano Pedagógico de Curso 2018.1, foram identificadas, entre os 8 cursos de graduação, as presentes no Quadro 2. Como pode-se observar, as ementas destas disciplinas estão diretamente ligadas ao uso do biodigestor, seja com relação ao estudo dos materiais de alimentação do biodigestor (Gestão de Resíduos), ou do gás que ele produz (Fonte Alternativa de Energia), ou ainda com a questão de trabalhar o conceito de sustentabilidade. Com isso, essas disciplinas obterão um beneficiamento acadêmico com o projeto proposto neste artigo.

Quadro 2. Disciplinas disponibilizadas no Plano Pedagógico de Curso 2018.1 (continua)

CURSO	DISCIPLINA	EMENTA
ENGENHARIA CIVIL	Sustentabilidade Aplicada às Construções	Conceitos e objetivos da sustentabilidade; normas nacionais e internacionais relacionadas a sustentabilidade nas construções e seus aspectos ambientais, econômicos e sociais;
	Saneamento 1	Estudo das Redes Coletoras de Esgotos /Interceptores). Instalações, Equipamentos Dispositivos e Componentes da Engenharia Sanitária.
	Gestão de Construção Civil 2	Gestão de projetos. Coordenação e compatibilização de projetos. Orçamentos. Construção sustentável. Gestão de resíduos.
	Geotecnia Ambiental	Sistemas, Métodos e Processos de Saneamento Urbano (Remediação de Aquíferos; Disposição de Resíduos Sólidos; Geotecnia de Aterros de Resíduos Sólidos urbanos.
	Tecnologia Aplicada a Resíduos Sólidos	Principais técnicas de eliminação de resíduos. Reutilização, reciclagem e reaproveitamento de resíduos gerados no meio urbano.
CICLO BÁSICO	Introdução à Engenharia	Responsabilidade social e ambiental do engenheiro. Formas de atuação profissional do engenheiro. Legislação e ética profissional.
	Sociologia e Meio Ambiente	Preservação dos recursos naturais: medidas de controle e tecnologia aplicada. Legislação ambiental. Avaliação de impactos ambientais de projetos de engenharia.
ENGENHARIA ELÉTRICA ELETROTÉCNICA	Fontes Alternativas de Energia	Visão das fontes alternativas e do papel das mesmas no atendimento ao mercado de energia, destacando aspectos regulatórios, técnicos, econômicos e comerciais.
ENGENHARIA MECÂNICA	Fontes Alternativas de Energia	Formas de energia alternativa; Combustíveis fósseis e renováveis; Energia Eólica; Gás Natural; Energia Nuclear; Energia da Biomassa; Energia dos Oceanos; Energia Geotérmica.

5. CONCLUSÕES

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, identificou-se a necessidade de instalar o equipamento atrás do restaurante presente na universidade, com o objetivo de utilizar o biogás, um dos produtos da combustão anaeróbia, como insumo para substituir o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) atrelado a um fogão adaptado neste restaurante. O material utilizado para alimentação do biodigestor serão os resíduos alimentares, coletados no restaurante da POLI/UPE e da FCAP/UPE.

A construção do biodigestor proporcionará a sensibilização sobre a minimização de resíduo dentro destas IES, com o desenvolvimento do conceito de sustentabilidade, o que corresponde ao trabalho da universidade em envolver o equipamento como elemento didático e de pesquisa. Os testes necessários para caracterização do biogás serão melhor definidos após a construção e definição final do material usado para a alimentação.

Depois de definir isso, passados aproximadamente 30 dias, o biogás começaria a ser produzido e, após esse período, a cada 15 dias seria possível avaliar as condições da produção do gás para utilização do mesmo. O laboratório responsável pela análise dos dados obtidos com o biodigestor será o POLICOM.

Sugere-se que o gerenciamento do equipamento esteja vinculado ao setor administrativo da escola, a fim de que esta participação ajude no controle e na permanência deste equipamento na IES. A construção do equipamento na universidade proporcionaria uma alternativa para a utilização dos resíduos, contribuindo com a minimização da emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEE), além de estimular os discentes quanto a práticas que considerem princípios sustentáveis.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *ABIOGÁS - Associação Brasileira de Biogás e de Biometano. (2015). Potencial Brasileiro de Biogás. Disponível em: <<https://www.abiogas.org.br/setor-no-brasil>>. Acesso em: 10 fev. 2018.*
- *ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas e de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (2013). Atlas brasileiro de emissões de GEE e potencial energético na destinação de resíduos sólidos. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas_portugues_2013.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018.*
- *_____. (2017). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016. Disponível em: <http://www.mpdft.mp.br/portal/pdf/comunicacao/junho_2018/panoramaanexos2016.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.*
- *AQUALIMP. (2016) Guia de Instalação. Disponível em: <http://www.cfg.com.br/up_catalogos/manual-de-instalacao-biodigestor-acqualimp-1.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.*
- *CIBIOGÁS - Centro Internacional De Energias Renováveis - Biogás. (2018). O Biogás. Disponível em: <<https://www.cibiogas.org/biogas>>. Acesso em: 09 fev. 2018.*
- *Deganutti, R.; Palhaci, M. C. J. P.; Rossi, M.; Tavares, R.; Santos, C. dos. (201?). Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. UNESP. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores_000g76qdzv02wx5ok0wtedt3s pdi71p.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.*
- *IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. (2001). Manual de Gerenciamento de Resíduos sólidos. Disponível em: <www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: 14 de jun. 2018.*
- *Kigozi, R.; Aboyade, A. O.; Muzenda, E. (2014). Sizing of an Anaerobic Biodigester for the Organic Fraction of Municipal Solid Waste. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. Disponível em: <http://www.iaeng.org/publication/WCECS2014/WCECS2014_pp659-663.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.*
- *Oliveira, P. et al. (2016). Sustentabilidade em instituições de ensino superior: um revisão sobre as conferências internacionais para a sustentabilidade em IES. ENGEMA.*
- *ONU – Organização das Nações Unidas. (1972). Declaração de Estocolmo. Estocolmo. 1972.*
- *Palhares, J. (2007). Biodigestores, a solução? EMBRAPA.*

- Pernambuco, Governo do Estado de. (2011). *Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos – PMRS*. Disponível em: <drive.google.com/file/d/0Bxl3qnxgnprNVGVmN0E2clJqZlI/view>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- Rosa, A.; Lobato, L. C. da S.; Borges, J. M.; Melo, G. C. B. de; Chernicharo, C. A. de L. (2016). *Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB: estudo de caso estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira)*. *Eng Sanit Ambient*, v. 21, n. 2. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016123321>
- Silva, F. F. M. da; Bertini, L. M.; Alves, L. A.; Barbosa, P. T.; Mora, L. F.; Macêdo, C. S. (2015). *Implicações e possibilidades para o ensino a partir da construção de biodigestor no IFRN – campus apodi*. *HOLOS*, v. 6. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2015.3091>
- Silva, S. P. R. da. (2013). *Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos*.
- Souto, L. M. S. (2017). *Diagnóstico de saneamento em áreas carentes e proposta de biodigestor para tratamento de esgoto na cidade do Recife*. *Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil)*. Univesidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Recife, Pernambuco.
- UB – University Business. (2015). *How the University of Winsconsin-Oshkosh is living a culture of sustainability*. Disponível em: <<https://www.universitybusiness.com/article/how-university-wisconsin-oshkosh-living-culture-sustainability>>. Acesso em: 29 set. 2018.
- Wallerstein, C. (2014). *COOPERE vai atuar na gestão de resíduos sólidos no campus*. UFPE. Disponível em: <http://www3.ufpe.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=49977:coopere-vai-atuar-na-gestao-de-residuos-solidos-no-campus&catid=5&Itemid=78>. Acesso em: 29 set. 2018.