

BIODIGESTOR ANAERÓBIO: ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Mariana Frossard Gambati¹, Daniele Frossard Rivieri², Luana Demartim Casagrande³, Carlos Eduardo Couto Conegundes⁴.

- 1- Acadêmica no curso de Engenharia Civil;
- 2- Acadêmica no curso de Engenharia Civil;
- 3- Acadêmica no curso de Engenharia Civil;
- 4- Engenheiro Civil, MSc. – Professor Multivix – Castelo-ES.

RESUMO

Aderir a melhor forma de gerenciamento dos resíduos sólidos compreende um dos desafios ambientais atuais mais complicados. Numa realidade de crescentes restrições e leis ambientais quanto as metodologias de disposição de resíduos, o uso de digestores anaeróbicos no tratamento de resíduos orgânicos surge como uma alternativa oportuna. Este método impulsiona a estabilização dos resíduos orgânicos, que condiz à metade dos resíduos urbanos do Brasil, abstendo a necessidade de sua destinação ao aterramento sanitário e posteriormente a geração de um combustível renovável ao longo do processo: o biogás. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica a respeito da viabilidade de utilização dos digestores anaeróbicos no tratamento dos resíduos sólidos urbanos de uma cidade e a respectiva vantagem econômica para os Órgãos Públicos. Averiguou-se através dos estudos realizados por diversos autores, que o custo do tratamento conjugado aos benefícios ambientais da digestão anaeróbia, indicam a viabilidade da adoção desta metodologia de tratamento em um determinado município.

Palavras-chave: tratamento dos resíduos orgânicos, produção de biogás, digestores anaeróbicos.

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico, associado a um intenso processo de urbanização, tem causado sérios problemas ambientais ao planeta, sobretudo nas nações menos desenvolvidas ou em estágio de desenvolvimento. Nesse contexto, os resíduos sólidos são um dos principais problemas da humanidade, tendo em vista que esses materiais são gerados inevitavelmente nas atividades desenvolvidas nas cidades. Dessa forma, a busca por soluções técnicas mais viáveis para disposição e tratamento dos resíduos sólidos é objeto de estudo de diversos pesquisadores em diferentes áreas do conhecimento. (LOPES, 2016)

Segundo Barcelos (2009), no Brasil são produzidos cerca de 100.000 t/dia de resíduos sólidos urbanos, sendo que apenas 10% deste quantitativo recebem tratamento e/ou disposição final adequada. Desse quantitativo, cerca

de 55% (porcentagem em peso) é de matéria orgânica putrescível, passível de fermentação. Sendo assim, cerca de 50.000 t/dia de matéria orgânica são dispostas irregularmente, gerando impactos ambientais negativos, que justificam o desenvolvimento de alternativas tecnológicas que objetivem o aproveitamento racional da matéria orgânica, propiciando a redução dos impactos e a melhoria da qualidade de vida da população. (BARCELOS, 2009)

No Brasil, o processo mais utilizado para tratamento da fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos é o tratamento aeróbio (compostagem), que objetiva a obtenção do composto orgânico para aplicação na agricultura. Em contrapartida, o processo anaeróbio, embora apresente uma taxa de bioestabilização da matéria orgânica mais lenta, figura-se como uma das alternativas que mais tem crescido nos últimos tempos, haja vista seu potencial de reaproveitamento energético. (MARTINS, 2015)

A digestão anaeróbia, especialmente da fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos urbanos (RSU), é de grande importância no manejo de resíduos sólidos. A digestão anaeróbia, também conhecida como biometanização ou biogaseificação, é um processo natural que ocorre na ausência de oxigênio e envolve a decomposição bioquímica da matéria orgânica realizada por um grupo específico de microrganismos. Esse processo resulta na produção de um gás rico em energia, o biogás e um efluente rico em 2 nutrientes. (PEDROSA, 2015)

Portanto, trata-se de uma alternativa viável e que vem sendo aceita com relevante aplicabilidade, visando à estabilização da matéria orgânica e o aproveitamento energético desses resíduos. A digestão anaeróbia desponta como alternativa promissora para o tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos, em virtude das altas taxas de produção de biogás; no entanto, os processos anaeróbios empregados no tratamento de resíduos sólidos ainda não constituem uma prática muito difundida, devido à falta de configurações de sistemas de tratamento e, sobretudo, aos cuidados operacionais necessários com a partida e operação do sistema. (LIMEIRA, 2013)

O aproveitamento energético do metano oriundo do processo anaeróbio dos RSU apresenta-se como mais uma das inúmeras iniciativas importantes

que podem ser desenvolvidas com o objetivo de mitigar o efeito estufa e tornar sustentável a matriz energética. Oliveira e Rosa (2003) comentam que considerando a geração de resíduos sólidos no Brasil, o país tem um potencial de geração de energia a partir destes resíduos de 50 TWh, equivalente a 17 % da demanda nacional de energia. Nos últimos anos, o crescimento da implantação de plantas de digestão anaeróbia na Europa é resultado da necessidade do tratamento dos resíduos orgânicos, antes da disposição em aterros, haja vista a legislação de alguns países proibirem o aterramento de matéria orgânica in natura. Ademais, a demanda por energia renovável que é gerada nestas plantas, aliada a vários outros benefícios ambientais, é um fator de estímulo ao mercado energético. (CANDIDO, 2014)

Segundo Mata-Alvarez et al., (1992) e Reichert e Silveira (2005), além dos custos de implantação, os principais fatores que influem na viabilidade econômica do processo anaeróbio aplicado à fração orgânica dos Resíduos Sólidos são os custos de disposição final em aterros sanitários, o valor da energia renovável, e no caso do Brasil ou dos países em desenvolvimento, a possibilidade de comercialização de créditos de carbono. Em menor escala, pode se utilizar os biodigestores para o tratamento de resíduos domiciliares, vide diversos exemplos bem-sucedidos como em países da África, China e Índia (VÖGELI e ZURBRÜGG, 2008). O teor de matéria orgânica nessas regiões é bastante similar ao Brasil, fato este que pode corroborar para implementação da tecnologia anaeróbia como forma de tratamento de resíduos dessa natureza.

Devido à problemática dos resíduos e a matriz energética que é baseada em sua maioria na utilização de fontes não renováveis, é necessário o desenvolvimento e aplicação de tecnologias que contribuam de forma sustentável para reutilização dos resíduos e evitem o esgotamento dos recursos naturais não renováveis. Diante disto, o processo de biodigestão anaeróbica de resíduos torna-se uma alternativa importante, uma vez que contribuem para uma destinação correta da fração orgânica de resíduos, e ainda gera como produto o biogás que possui potencial energético.

Este trabalho delimita-se a estudar os tipos de biodigestores, poder calorífico do biogás, aspectos econômicos da implantação de biodigestores para manejo dos resíduos sólidos orgânicos em áreas residenciais, formas de monitoração do processo de biodigestão.

Diante este panorama, o trabalho tem como principal objetivo avaliar o potencial, bem como a viabilidade técnica, da implantação de um digestor anaeróbio para tratamento dos resíduos sólidos orgânicos em órgãos públicos, além de definir os equipamentos que serão usados para a construção do biodigestor; identificar os biodigestores e de melhor custo econômico em cada caso; e analisar os efeitos dos biodigestores em locais que já foram implantados.

Para alcançar os objetivos gerais e específicos almejados, a metodologia adotada neste trabalho será descritiva juntamente com uma pesquisa bibliográfica, e o projeto de pesquisa proposto tem caráter qualitativo. A pesquisa será desenvolvida através do levantamento e análise de dados, revisão bibliográfica, e projetos de implementação de biodigestores em órgãos públicos para o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos. A pesquisa bibliográfica é a que se desenvolve tentando explicar um problema, utilizando o conhecimento disponível a partir das teorias publicadas em livros ou obras congêneres. Para Bastos e Keller (2012), pesquisa bibliográfica é o exame ou consulta de livros ou documentação escrita que se faz sobre determinado assunto.

A pesquisa descritiva tem como objetivo descrever os processos, mecanismos e relações existentes na realidade do fenômeno em estudo, utilizando um conjunto de categorias ou vários tipos de classificação. (NEUMAN, 2007)

Para Gil (2002), o principal objetivo da pesquisa descritiva será descrever as características de uma dada população ou fenômeno ou estabelecer uma relação entre variáveis. Existem inúmeros estudos que podem ser classificados sob esse nome, e uma de suas características mais importantes é o uso de métodos padronizados de coleta de dados. Este tipo de estudo, de acordo com Selltiz et al. (2003), procura descrever um fenômeno ou

situação em detalhes, especialmente o que está acontecendo, permitindo capturar com precisão as características de uma pessoa, situação ou grupo e também revelar a relação entre eventos.

Os estudos bibliográficos são considerados uma fonte secundária de coleta de dados podem ser definidos como: contribuições culturais ou científicas feitas no passado sobre um tópico, tópico ou problema específico que pode ser estudado (LAKATOS & MARCONI, 2001), para Lakatos e Marconi (2001, p. 183), o estudo bibliográfico “[...] abrange toda a bibliografia já publicada em relação ao tema em estudo, de publicações individuais, boletins, jornais, revistas, livros, estudos, monografias, resumos, materiais cartográficos e outros [...] e seu objetivo consiste em colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre um determinado tópico [...].” Em resumo, todo trabalho científico, toda pesquisa deve ser apoiada e baseada em pesquisa bibliográfica, para não perder tempo com um problema que já foi resolvido e chegar a conclusões inovadoras. (LAKATOS & MARCONI 2001)

A abordagem do problema será qualitativa, segundo Triviños (1987), uma abordagem qualitativa trabalha com dados, buscando seu valor, com base na percepção do fenômeno em seu contexto. Usar uma descrição qualitativa procura cobrir não apenas a aparência do fenômeno, mas também sua essência, tentando explicar sua origem, relacionamentos e mudanças e tentando entender as consequências.

2 BIODIGESTOR ANAERÓBIO

2.1 TRATAMENTO ANAERÓBIO DE RESÍDUOS

A evolução do processo industrial levou à produção em massa de bens de consumo nas indústrias em que apareciam embalagens que não estavam no mercado, o que aumentou significativamente o volume e a variedade de resíduos gerados nas áreas urbanas. Nesse sentido, o crescimento populacional contribuiu não apenas para o aumento da produção de resíduos, mas também para o fato de que os locais para disposição final de resíduos se tornaram cada vez mais escassos, destinados a locais inadequados, o que

contribui para a poluição do solo, da água e do ar com graves efeitos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente. (ALMEIDA, 2013)

O progresso da conscientização ambiental coletiva levou a discussões em todo o mundo sobre o problema dos resíduos sólidos urbanos, talvez este seja um dos tópicos que se tornou cada vez mais importante nas últimas décadas, dado que os requisitos ambientais atuais, os fatores socioeconômicos atingiram a complexidade, o que requer uma nova posição do governo, da sociedade civil e da iniciativa privada (BRASIL, 2016).

Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi introduzida no Brasil de acordo com a Lei Federal nº 12.305 / 2010, que marca o início da integração da União, estados e municípios com o setor manufatureiro e a sociedade, na busca comum de soluções para problemas relacionados à gestão de resíduos sólidos.

O conceito de responsabilidade compartilhada, estabelecido pelo PNRS, torna a sociedade como um todo responsável, de cidadãos a funcionários do governo, pela gestão ambientalmente saudável de resíduos sólidos. O PNRS também prevê a prevenção e redução da geração de resíduos, a reutilização da coleta, tratamento, processamento e destinação adequada. (BRASIL, 2016)

O tratamento anaeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos é um processo que tem crescido nos últimos anos. A conversão desses resíduos em metano oferece benefícios ao meio ambiente, como redução dos impactos ambientais e utilização como alternativa energética. (BOUALLAGUI et al., 2003)

O tratamento anaeróbio consiste no processo microbiológico que não necessita de oxigênio, onde diversos microrganismos exercem atividades metabólicas para a conversão do material orgânico complexo (carboidratos, proteínas e lipídios) em metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e amônia (NH₃) e outros gases e ácidos orgânicos. (CHERNICHARO, 1997)

A digestão anaeróbia pode ser dividida em um processo de quatro fases, que são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. (SILVA, 2009)

Segundo Silva (2009), a hidrólise se inicia com as bactérias fermentativas hidrolíticas, e é o processo pelo qual o material orgânico presente no sistema é transformado em compostos dissolvidos de menor peso molecular, há a solubilização da matéria orgânica em presença de água.

Na acidogênese, os compostos orgânicos mais simples são convertidos, por ação das bactérias acidogênicas, em ácidos graxos e voláteis (acético, butírico e propiônico), ácido láctico e em compostos minerais. (CASSINI, 2003)

Na acetogênese, bactérias acetogênicas oxidam os produtos gerados na fase acidogênica em substratos apropriados para as bactérias metanogênicas, fazendo parte, assim, de um grupo metabólico intermediário. (CASSINI, 2003)

A metanogênese é o processo onde o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono são convertidos em uma mistura de metano e de dióxido de carbono pelas bactérias metanogênicas. (LASTELLA et al., 2002)

As tecnologias devem contribuir para alavancar o desenvolvimento socioeconômico por meio do máximo aproveitamento dos recursos, mas também devem buscar, ao mesmo tempo, que os impactos ambientais oriundos da implantação destas tecnologias sejam minimizados. Não apenas a agroindústria, mas também os pequenos produtores rurais necessitam adequar-se ao conceito de ecoeficiência e atender as novas exigências de certificações e selos de qualidade ambiental do mercado. (ANDRADE et al., 2002)

Cerca de metade (51,4%) dos resíduos urbanos gerados no Brasil são resíduos orgânicos (BRASIL, 2010). Materiais geralmente degradáveis, que consistem principalmente em restos de animais ou vegetais e provêm de várias fontes, domésticas ou urbanas (desperdício de alimentos, corte e varrimento de ruas e praças), agrícolas ou industriais (indústria de alimentos, indústria de madeira, matadouros, etc).

Com grande volume e descarte inadequado, eles podem representar um sério risco ambiental devido à formação de lixiviados, emissões de gases na atmosfera, além da disseminação de vetores de doenças. Por esses motivos, o uso de métodos adequados de manejo e tratamento para esses resíduos é

essencial para a adequada estabilização da matéria orgânica presente (BRASIL, 2016).

Certos tipos de atividades antropogênicas, como a criação de animais, o processo de produção de certas indústrias, como a produção de cana, cerveja, papel e celulose, entre outras coisas, além dos alimentos produzidos e jogados fora, produzem uma enorme quantidade de resíduos orgânicos que precisam de tratamento adequado.

2.2 TIPOS DE BIODIGESTORES

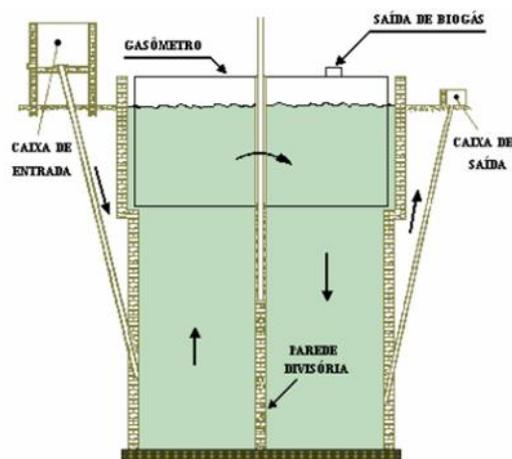
Atualmente existem diversos modelos de biodigestores, cada qual com suas características próprias de operação, que dependem do tipo de material usado, das condições do local, entre outros.

Como exemplo dos biodigestores de alimentação contínua, que utilizam lixo orgânico ou resíduo de animais, muito utilizados no Brasil, são os modelos indiano, chinês e canadense. Cada um possui sua particularidade, mas em geral todos apresentam como produto final o biogás, utilizando dejetos de animais ou o lixo orgânico. (FERREIRA; FERNANDES; SOUZA et al., 2011)

O biodigestor Indiano caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. O modelo Indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantém a pressão em seu interior constante (DEGANUTTI; PALHACI; ROSSI; TAVARES, 2002).

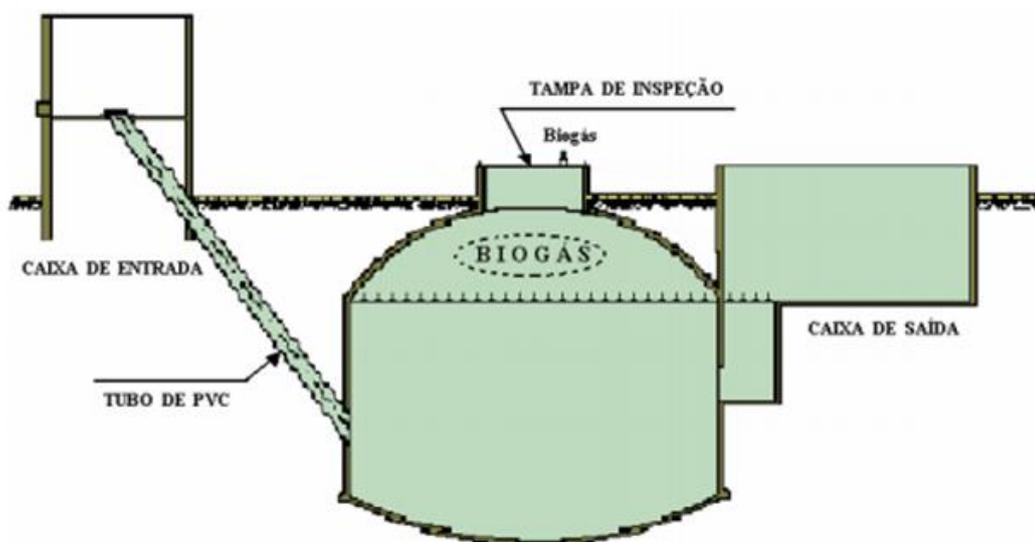
O fato de o gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água reduz as perdas durante o processo de produção de gás.

Figura 1 – Vista Frontal, em corte, do biodigestor modelo indiano.



Fonte – (BENINCASA; ORTOLANI; LUCAS JUNIOR, 1990).

Figura 2 – Vista Frontal, em corte, do biodigestor modelo Chinês.

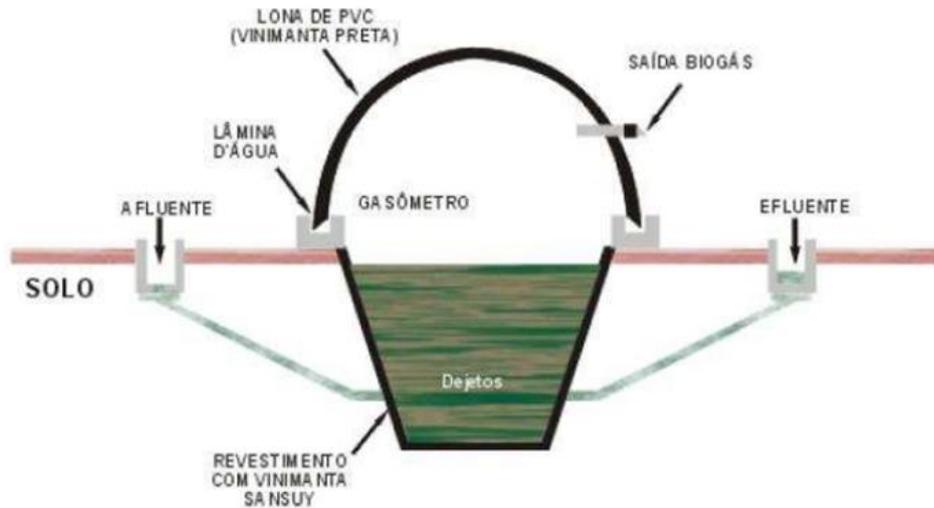


Fonte – (DEGANUTTI; PALHACI; ROSSI; TAVARES, 2002).

A escolha do modelo de biodigestor a ser implantado se deve principalmente ao fluxo de dejetos fornecidos pela fonte, para a utilização do biogás gerado pelo biodigestor como fonte de energia para a geração de energia elétrica será necessário um fluxo de biogás diário capaz de tornar viável esta geração. Os modelos de biodigestores Indiano e Chinês são indicados para um pequeno fluxo de dejetos, pois um alto fluxo tornaria o custo

de instalação biodigestor inviável, sendo assim, o modelo canadense se torna o mais apropriado para este tipo de aplicação, pelo seu custo de implantação e de manutenção, além da sua durabilidade.

Figura 3 – Representação em corte de um biodigestor simplificado do modelo desenvolvido pela Marinha (Também chamado de Modelo Canadense).



Fonte – (DEGANUTTI; PALHACI; ROSSI; TAVARES, 2002).

Esse modelo é o mais indicado para projetos industriais e agroindustriais por ser versátil ao uso de diferentes resíduos orgânicos e ser capaz de armazenar grande quantidade de resíduos passíveis a sobre fermentação anaeróbica, produzindo assim uma grande quantidade de biogás e estabilizando os dejetos que podem ser utilizados como biofertilizantes (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

Atualmente esse modelo de biodigestor é o mais difundido no Brasil devido ao aperfeiçoamento da manta impermeável que passou a ser confeccionada em Policloreto de Vinila (PVC), o que confere um menor custo e maior facilidade de instalação quando comparado com modelos antigos, como o Indiano e o Chinês, além de apresentar maior resistência à corrosão provocada pela água e pelo ácido sulfídrico presente na mistura gasosa. Outra vantagem é que o mesmo pode ser utilizado em pequenos como em grandes projetos. (MANUAL DE BIODIGESTÃO 2016)

Segundo Silva (2009), existem várias vantagens dos sistemas anaeróbicos em relação aos tratamentos aeróbicos, dentre os quais: menor consumo de energia, menor produção de lodo, menor área para implantação e proposta de potencial energético com metano. No entanto, os processos anaeróbicos utilizados no processamento de resíduos sólidos ainda apresentam alguma interferência devido à falta de configurações do sistema de tratamento e, principalmente, devido ao tempo necessário para a bioestabilização de resíduos sólidos, o que é bastante demorado em comparação aos processos aeróbicos. Estudos mostram que após a crise energética da década de 1970, o gás metano dos reatores anaeróbicos voltou a gerar interesse geral, levando ao aumento da produção nos países europeus (ANDREOLI et al., 2003). Como mencionado em Bouallagui et al. (2003), nos últimos anos, o tratamento anaeróbico da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos vem aumentando.

A digestão anaeróbica é o processo de reações bioquímicas realizadas por bactérias, que podem ser divididas em quatro fases: hidrólise ou divisão de moléculas de lipídios, proteínas ou carboidratos; Acidogênese (a fermentação é realizada por bactérias); Acetogênese (formação de um substrato para produção de metano); Metanogênese (produção de metano). Nesta cadeia de reações bioquímicas, o biogás é o produto final (FERNANDES, 2009). O biogás, diferentemente do etanol e dos óleos combustíveis extraídos de diferentes culturas, não compete com a produção de alimentos e pode ser completamente obtido a partir de resíduos agrícolas ou industriais, excrementos de animais e humanos e resíduos municipais, como já foi feito em aterros sanitários. (JURA, 2006)

A digestão anaeróbica é o processo de fermentação de resíduos orgânicos biodegradáveis de áreas urbanas, rurais ou industriais, que podem incluir um ou mais dos seguintes objetivos: processar materiais orgânicos contaminantes e microorganismos patogênicos, produzir biogás e produzir biofertilizantes mais estáveis, com melhor qualidade sanitária e higiênica e mais nutrientes do que o material de partida. (SOUZA, 2015)

Segundo Cravieiro (2013) apud Rizzoni (2012, p.08) "As bactérias responsáveis pela digestão anaeróbica são encontradas na natureza, em sedimentos de lagos, em aterros sanitários, nos tratamentos digestivos de animais (principalmente ruminantes) e adubo". A digestão anaeróbica de resíduos orgânicos é uma tecnologia alternativa difundida que demonstra a eficiência no processamento desses resíduos, o que leva à produção de fontes alternativas de energia através da produção de biogás. (SILVA, 2009)

A conversão desses resíduos em metano oferece benefícios alternativos à energia e ao meio ambiente. O uso de energia de biogás é de grande importância estratégica no contexto do impacto ambiental, pois, além de poder usá-lo como fonte de energia, contribui para o controle das emissões de metano na atmosfera, uma vez que seu potencial de aquecimento global é vinte vezes maior que o dióxido de carbono. Segundo Andreoli et al. (2003), a principal vantagem do biogás sobre o gás natural é que este, como o petróleo, não é uma fonte renovável de energia. (ANDREOLI et al, 2003)

Em alguns países, o biogás produzido em aterros e biodigestores são usados como fonte de energia e, em alguns casos, é comercializado para uso industrial. No Brasil, assim como em outros países dominados pela matéria orgânica no lixo doméstico, biodigestores nas áreas rurais foram utilizados para o saneamento rural com produtos como biogás e biofertilizantes. (SOUZA et al., 2004; MAGRINHO et al., 2006)

O uso de energia na produção de biogás usando resíduos orgânicos sólidos reduz o custo de produção nas áreas rurais. A digestão anaeróbia (DA) pode ser definida como um processo bioquímico que ocorre na ausência de oxigênio molecular livre, no qual diversos grupos de micro-organismos envolvidos no processo anaeróbio possuem alto grau de especificidade e cada grupo atua na conversão da matéria orgânica complexa (carboidratos, proteínas e lipídios) em metano, compostos inorgânicos como o dióxido de carbono, nitrogênio, amônia livre, gás sulfídrico e traços de outros gases e ácidos orgânicos de baixo peso molecular.

Os micro-organismos envolvidos no processo anaeróbio possuem alto grau de especificidade e cada grupo atua em reações específicas (FORESTI et

al.,1999). A aplicação da tecnologia anaeróbia para o tratamento de esgotos domésticos tornou-se bastante atraente no Brasil devido às condições climáticas predominantemente tropicais, onde as temperaturas médias na maioria das regiões brasileiras são superiores a 20°C. O país assume posição de destaque no cenário mundial com relação à aceitação dos sistemas de tratamento anaeróbio (AQUINO E CHERNICHARO, 2005). A fração orgânica dos resíduos sólidos é um substrato complexo e, obviamente, a sua degradação envolve um caminho metabólico ainda mais complexo constituído por uma série de reações até à síntese do metano como produto final. (MATA-ALVAREZ, 2003)

Por ser uma reação complexa devido à diversidade de substrato presente na massa orgânica, a reação depende de fatores diversos para melhor rendimento da mesma (MUSTAFA, 2014). A composição do substrato, tamanho das partículas, temperatura, pH e umidades são alguns dos fatores que podem influenciar a produção de metano. (GONÇALVES, 2012)

Pierobon et al. (2007) definem biogás como uma das várias formas de fixação da energia proveniente do sol sob a forma de energia química disponível através de uma queima simples. O biogás é um gás insolúvel, incolor, de baixa densidade e de modo geral inodoro, desde que não contenha impurezas em demasia. É constituído basicamente por CH₄, dióxido de carbono (CO₂) e outros gases em baixas concentrações como hidrogênio (H₂), nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂), ácido sulfídrico (H₂S), amônia (NH₃) e monóxido de carbono (CO). (CASSINI et al., 2003)

Dentre as finalidades do biogás, as mais comuns são a queima direta e a utilização como combustível em motogeradores a combustão (DIAZ et al., 2006). Tratando-se de energia elétrica, o biogás pode ser aproveitado, através da aplicação de módulos geradores que são implementados de acordo com o potencial energético do biodigestor ou do aterro. (LORA & VENTURINI et al., 2012)

Em muitos casos, os equipamentos em que o biogás será utilizado ou entrará em contato exigem uma série de cuidados especiais, pois, devido a presença de H₂S e NH₃, o biogás é considerado um gás agressivo por

contribuir na corrosão de metais. Quando entram em combustão, os compostos que contém enxofre e amônia produzem sulfatos e óxidos de nitrogênio, substâncias consideradas poluentes do ar. (LORA & VENTURINI et al., 2012)

2.3 DIMENSIONAMENTO SIMPLES DE DIGESTORES DO MODELO CANADENSE

Para a realização da construção do biodigestor é necessário o dimensionamento de alguns componentes importantes utilizados para seu funcionamento, que são eles:

- Caixas de passagem na entrada e saída dos dejetos;

Os biodigestores possuem afluência contínua, sem necessidade de que seja construída caixa de entrada para estoque de dejetos. É necessário apenas a construção de caixas de passagem para análise. (MACEDO, 2013)

- Câmara de fermentação;

A câmara de fermentação é coberta por uma manta e pode ser revestida por alvenaria. O TDH (tempo em que o fluido permanece no reator até chegar a degradação esperada) por meio da C_v (carga orgânica volumétrica) que se será utilizada no reator. (MACEDO, 2013)

- Tubulação de entrada e saída para fluxo do dejetos; Tubulação de saída do biogás;

- Campânula em manta de PVC;

O biodigestor possui uma manta de PVC onde o volume tem que ser adequado para o armazenamento do gás para que não ocorra uma pressão maior a ser suportada. A manta possui uma área que depende do volume do biodigestor e o quantitativo de biogás que ele irá gerar. (MACEDO, 2013)

- Conjunto de bombas centrífugas;

Quando o biodigestor é construído em um nível inferior à do local de recolhimento dos dejetos, os fluxos podem ser gerados pela gravidade. Caso contrário é necessário bombas de recalque. (MACEDO, 2013)

- Lâmina d'água;

Estar estruturada para prender a lona e impedir o vazamento de todo biogás encontrado no biodigestor. (MACEDO, 2013)

2.3.1 CÁLCULO DA CARGA ORGÂNICA VOLUMÉTRICA E O TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA DENTRO DA CÂMERA DE FERMETAÇÃO

Carga orgânica volumétrica (COV) X Tempo de Retenção Hidráulica (TRH);

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad (01);$$

Onde: V: volume útil do reator; Q: vazão.

$$COV = C \times \frac{Q}{V} \quad (02);$$

Onde:

TRH = d;

COV = $Kg \text{ SV} \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$;

C = $Kg \cdot m^{-3}$;

Q = $m^3 \cdot d^{-1}$;

V = m^3 ;

COV: Carga Orgânica Volumétrica;

Q: Vazão;

C: Concentração de Substrato Afluente;

V: Volume Total do Reator (m^3). (KUNZ, 2010).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos desponta como alternativa tecnológica para o tratamento desses resíduos, fornecendo como produtos finais o biogás e um composto bioestabilizado.

O dimensionamento simples de digestores que foi proposto, bem como o prognóstico de produção de biogás e dos custos atrelados a esta opção, visa servir como a primeira reflexão a respeito da aplicação desta tecnologia nos Órgãos Públicos.

As análises produzidas pelos autores citados apontam para a viabilidade da adoção de digestores anaeróbios nos Órgãos Públicos, com o objetivo de minimizar a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários, estimulando a recuperação dos resíduos e a produção de energia renovável.

Para trabalhos futuros nessa linha de pesquisa, sugere-se avaliar de forma mais branda a disponibilidade dos resíduos orgânicos nas regiões em que serão implementadas, bem como avaliar diferentes metodologias e logísticas de coleta de resíduos orgânicos, almejando estabelecer o método mais adequado e mais vantajoso para cada situação.

4 REFERÊNCIAS

ABRELPE Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2014.

ALCANTARA, P. B. **Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no comportamento de Aterros Simulados**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. 2007.

BERGLUND, Maria. **Biogas Production from a Systems Analytical Perspective**. Tese de Doutorado. Lund University. 2006. 79 p.

BORÉM, Aluizio; SANTOS, **Fabício Rodrigues dos Santos**. Entendendo a biotecnologia. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008.

CAMPOS, J. R. et al. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: PROSAB. 1999. 435 p.

CHENICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1997. 245p.

FERREIRA, Carla Miranda; FERNANDES, Carla Barbosa; SOUZA, Aline Vieira da Silva e; et al. **Biodigestor para o gás do lixo orgânico**. Disponível em: <<https://unibh.emnuvens.com.br/dcet/article/view/342/178>>. Acesso em: 11 nov. 2020.

GONÇALVES, Rogério Cezar de Cerqueira. LEAL, Manoel Régis L. V. **O Biocombustível no Brasil**. Revista Novos Estudos, Julho/2012.

KUNZ. **Dimensionamento e manejo de biodigestores**. 2010. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br>. Acesso em: 03 nov. 2020.

LIMA, Urgel de Almeida et al. **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Blucher, 2001.

LORA, Electo Eduardo Silva. VENTURINI, Osvaldo José. **Biocombustíveis**, Volume 01. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2012.

MACEDO. **Dimensionamento de Biodigestores para tratamento de dejetos na produção suína**. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/125072/TCC%20FI%C3%A1via%20Junqueira%20de%20Macedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 02 nov. 2020.

MAGRINHO A; SOUZA D; SEMIAO, V. **Municipal Solid Waste Disposal in Portugal. Waste Management**. Vol 26. 2006

MARCHIORI, L. **Desenvolvimento Limpo. MDL – Guia de Orientação**. Rio de Janeiro. Fundação Getúlio Vargas. 2017. 90p

MATA-ALVAREZ, M. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse**, 3a ed, Nova York, Estados Unidos: McGraw-Hill, 2003. p.1.334

MUSTAFA, M. S. E NOGUEIRA M. A. A. **Desenvolvimento de um biodigestor residencial para processamento de resíduos sólidos orgânicos**. 2016.

OLIVEIRA, S. V. W. B. **Estudo de viabilidade de aplicação do biogás no ambiente urbano**. Ribeirão Preto, 2009.

PESCADOR, F. S.: **Tratamento de Esgoto Doméstico em Reatores Sequenciais em Batelada Anaeróbios**. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

PORTES, Z. A.: **Aplicativo computacional para projetos de biodigestores rurais**. 2005. xxiii, 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2005. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/90574>>. Acesso em: 20 de junho de 2020

RIZZONI, L. B.; TOBIAS, A. C. T.; GARCIA, J. A. D.; BIANCHI, M. del. **Biodigestão Anaeróbia no Tratamento de Dejetos de Suínos**. Revista

Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, São Paulo, v. 9, n. 18, p.01-20, jan. 2012.

SGANZERIA, E. **Biodigestor: uma solução**. Agropecuária, Porto Alegre, 12. Ed. 2016.

SILVA, M. et al. Citação em dedicação. In: TOLMASQUIM, M. T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora: Interciência, 2003.

SOUZA, M. E. de. **Fatores que influenciam a digestão anaeróbia**. Revista Dae, São Paulo, v. 44, n. 137, p.88-94, jun. 2015.