

# TECNOLOGIA DE BIODIGESTORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Vanessa Rosales Bezerra <sup>1</sup>  
Valderi Duarte Leite <sup>2</sup>

## RESUMO

As disposições indevidas de resíduos orgânicos provocam impactos negativos ao meio ambiente, afetando as condições sanitárias e estéticas, como também aumenta os riscos de saúde pública e prejudica a segurança e qualidade de vida da população. A busca por novas tecnologias que amenizem a poluição ambiental tem sido prioritária, principalmente na área produtiva, com objetivo de reduzir estes impactos. As empresas começam a rever suas estratégias, suas estruturas e suas responsabilidades junto à sociedade, para que possam ajudar a minimizar a degradação do meio ambiente. Neste contexto, busca-se uma alternativa, para que o resultado da produção de energia não comprometa ainda mais os recursos naturais. Diante disso, vários meios para solucionar e amenizar os problemas ambientais causados pelos dejetos tem-se desenvolvido e colocado em prática. Dessa forma, através da implantação de um biodigestor, será possível reaproveitar os dejetos de tal forma que os mesmos possam ser transformados em recursos renováveis e necessários para o desenvolvimento social. A iminente necessidade de alternativas sustentáveis para tratamento de resíduos orgânicos, como também, utilizar novas fontes de energia elétrica, de forma renovável para diversificar a matriz energética, tendo em consideração a escassez de combustíveis fósseis, constitui o norteador para iniciar os estudos desta pesquisa.

**Palavras-chave:** Digestores; Resíduos sólidos; Tratamento.

## INTRODUÇÃO

As disposições indevidas de resíduos orgânicos provocam impactos negativos ao meio ambiente, afetando as condições sanitárias e estéticas, como também aumenta os riscos de saúde pública e prejudica a segurança e qualidade de vida da população. Salienta-se, que a falta de tratamento de tais resíduos, causa geração de gases de efeito estufa (GEE) que influenciam diretamente o aquecimento global.

A digestão anaeróbia é um processo biológico utilizado para tratamento de resíduos orgânicos, como subproduto ocorre a formação de gases, chamado de biogás. Dentre os gases presente na composição química do biogás em maior proporção, está o gás metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que são agressivos para a atmosfera.

Fonte de energia renovável, o gás metano é um biocombustível que possui conteúdo energético elevado, semelhante ao gás natural, apresenta inúmeras aplicações, como produção

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Estadual - PB, [rosalesuepb@email.com](mailto:rosalesuepb@email.com);

<sup>2</sup> Professor pelo pós graduação Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Federal - PB, [mangabeiraleite@gmail.com](mailto:mangabeiraleite@gmail.com);

de energia elétrica, térmica e gás combustível. Neste contexto, a biodigestão anaeróbia apresenta-se como uma tecnologia de tratamento viável para este tipo de resíduo, através da utilização de biodigestores.

O Brasil é um país que apresenta tradição no uso de fontes renováveis de energia, destacando-se a utilização da energia hidrelétrica como responsável pela maior parcela, isto é, 74% de toda a geração de eletricidade. Por outro lado, existe um enorme potencial de fontes renováveis de energia, destaca-se, entre elas, a energia eólica (0,4%) e a biomassa (4,7%) (BEN,2011).

Segundo Ministério de Minas e Energia (2017), as fontes renováveis de energia elétrica tendem a aumentar significativamente nos próximos cinco anos, visto que, os custos de implantação de tais fontes estão diminuindo, principalmente, as fontes eólicas, fotovoltaicas e de biomassa.

A iminente necessidade de alternativas sustentáveis para tratamento de resíduos orgânicos, como também , utilizar novas fontes de energia elétrica, de forma renovável para diversificar a matriz energética, tendo em consideração a escassez de combustíveis fósseis, constitui o norteador para iniciar os estudos desta pesquisa.

## **METODOLOGIA**

O processo analítico da pesquisa foi realizado através de uma revisão com as seguintes fases: identificação do tema; levantamento da questão de pesquisa; escolha dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos; coleta de dados; avaliação dos artigos selecionados que contribuíssem com a questão de pesquisa; e a síntese das informações extraídas dos artigos analisados para em seguida realizar a discussão dos dados. Como critérios de inclusão foram utilizados artigos disponibilizados em textos completos, para discussão desse estudo, foram utilizadas pesquisas publicadas em periódicos.

## **DESENVOLVIMENTO**

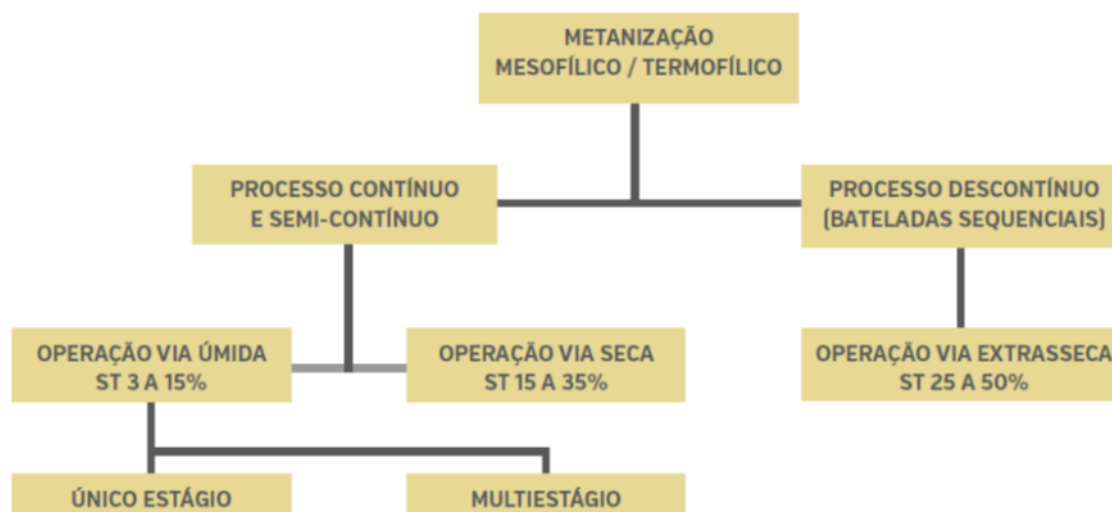
A biodigestão anaeróbia é um processo bioquímico, que ocorre na ausência de oxigênio molecular livre, no qual, diversas espécies de microrganismos interagem para converter compostos orgânicos complexos em CH<sub>4</sub>, compostos inorgânicos como CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S e traços de outros gases e ácidos orgânicos de baixo peso molecular (LEITE et al.2009)

A utilização de tecnologia anaeróbia era utilizada antigamente para eliminação de resíduos, mas nas últimas décadas, a partir de resíduo putrescível (por exemplo, fração orgânica de resíduos sólidos urbanos, esterco de animais, bagaço da cana-de-açúcar, resíduos de laticínios) são reaproveitados como oportunidade de produzir um biocombustível, que fomenta o rápido crescimento do biogás.

A digestão anaeróbia é importante alternativa para o tratamento de resíduos com elevadas concentrações de materiais orgânicos putrescíveis, haja vista incorporar baixos custos operacionais e produzir fonte limpa de energia.

De acordo com Observatórios Sistema FIEP (2016), o processo de biodigestão depende de alguns fatores para ser bem-sucedido, a temperatura configura um deles. O essencial é que ela se mantenha constante no biodigestor, dentro de uma faixa adequada para a biodigestão (normalmente entre 37 e 42° C ou entre 50 e 60° C). Os microrganismos adaptam-se a vários intervalos de temperatura, já que se trata de um consórcio entre diversas espécies, o que o torna mais resistente a mudanças bruscas. Na Figura 1, são apresentadas as características básicas das tecnologias de biodigestão anaeróbia

**Figura 1:** Características dos processos para tratamento via digestão anaeróbia



**Fonte:** Fricke; Pereira(2013)

O processo contínuo é caracterizado por dois tipos de sistemas: operação via úmida, (concentração de sólidos totais 3 a 15%) e operação via seca, (concentração de sólidos totais entre 15 a 35%), ou seja, apresentando menor umidade o resíduo a ser degradado para operação via seca.

Existem basicamente duas faixas de temperatura utilizadas no processo de metanização - mesofílica e termofílica. No processo mesofílico, os microrganismos apresentam uma taxa máxima de crescimento a temperaturas em torno de 37°C, enquanto que no termofílico, a temperatura ideal é de aproximadamente 55°C.(PROBIOGÁS,2016)

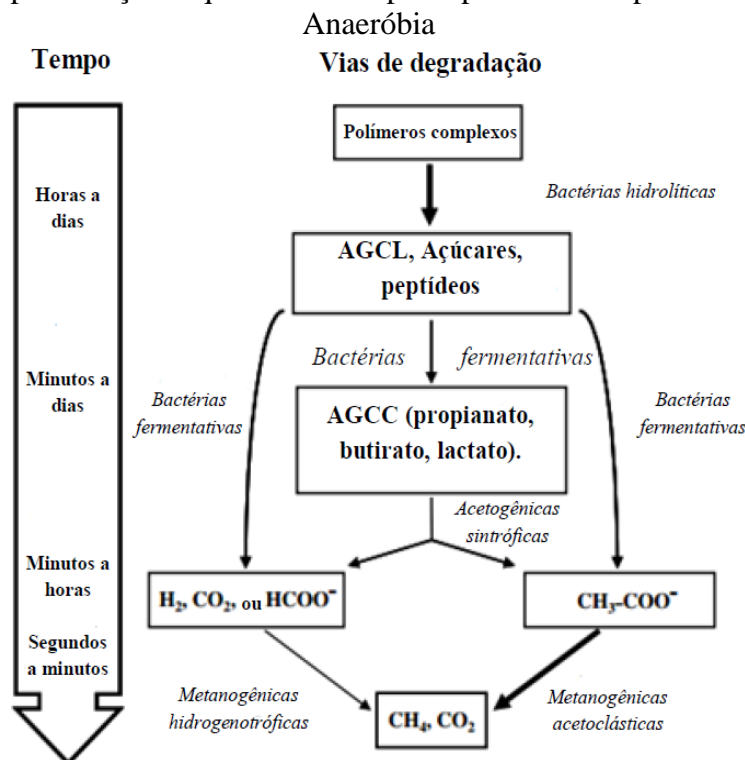
Os sistemas de bateladas sequenciais são tecnologicamente mais simples, robustos e baratos, tendo como principais desvantagens, a necessidade de uma maior área e uma menor produtividade de biogás. Entretanto, devido aos reatores serem completamente esvaziados ao final de cada processo, torna-se possível eliminar um dos principais problemas operacionais enfrentados em usinas de biodigestores de fração orgânica de resíduos sólidos urbanos, o acúmulo de materiais inertes no interior do reator (DE BAERE; MATTHEEUWS, 2010).

Nos reatores de único estágio, todas as etapas do processo de digestão anaeróbia (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese) ocorrem simultaneamente em um único tanque de reação, de mistura completa.

Entretanto, devido aos microrganismos metanogênicos serem mais sensíveis a mudanças no meio e possuírem requerimentos metabólicos específicos, bem como uma taxa de crescimento menor do que os demais, os reatores devem ser manejados de forma a prover as condições ótimas a este grupo de microrganismos. Devido à taxa de crescimento mais acelerada dos demais microrganismos envolvidos no processo e à elevada produção de ácidos, pode ocorrer o processo denominado inibição por substrato, prejudicando o desenvolvimento dos microrganismos metanogênicos. De forma a otimizar cada uma das etapas do processo de metanização, foram desenvolvidas tecnologias que operam em processos multiestágio (AUSTERMANN et al., 2007).

Na Figura 2, estão apresentadas as etapas do processo de digestão anaeróbia, resumido em quatro etapas: Hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogêneses, como também, os grupos microbianos envolvidos no processo.

**Figura 2:** Representação esquemática das principais fases do processo de Digestão



**Fonte:** Adaptado de Pind et al. (2003).

Através do processo de digestão anaeróbia, a matéria orgânica se decompõe por ação de bactérias anaeróbias, desde sua forma mais completa até sua forma mais simples, produzindo biogás com conteúdo de metano 55 e 57% (AINIA,2018).

Nos sistemas anaeróbios, a maior parte da demanda química de oxigênio (DQO), é convertida em metano, sendo removida do material em digestão, e extraída do reator na forma gasosa. Entre 5 a 15% do material orgânico é convertido em lodo ou biomassa microbiana e cerca de 10 a 30% não é convertida em biogás ou biomassa, permanecendo como material não degradado (CHERNICHARO, 1997). Salienta-se que estas características dependem do tipo de substrato utilizado.

No Quadro 1, são apresentadas as vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios

**Quadro 1:** Vantagens e desvantagens da digestão anaeróbia

Vantagens	Desvantagens
Baixa produção de sólidos, que é cerca de 5 a 10 vezes menor que a verificada nos processos aeróbios;	Suscetibilidade das bactérias anaeróbias à inibição por um grande número de compostos



Aplicabilidade em pequena e em grande escala.	Na ausência de lodo de sementeira adaptado, a partida do processo é lenta
Baixo consumo de energia, com consequente redução de custos operacionais	Pré-tratamento usualmente necessário;
Produção de metano (que pode ser convertido em energia);	Possibilidade da geração de maus odores, porém, controláveis;
Tolerância a elevadas cargas orgânicas;	Remoção de nitrogênio, fósforo e patogênicos insatisfatória.

**Fonte:** Chernicharo,(2007)

As vantagens de utilização de biodigestores na agropecuária são: fornecimento de combustível no meio rural mediante o biogás e adubo por intermédio de biofertilizante ; valorização dos dejetos para uso agrônomico; redução do poder poluente e do nível de patógenos; exigência de menor tempo de detenção hidráulica e de área em comparação com outros sistemas anaeróbios; geração de créditos de carbonos. Já as desvantagens são: processo de fermentação anaeróbia é lento, porque depende das bactérias metanogênicas, cuja velocidade de crescimento é lenta, que se reflete num tempo longo de retenção dos sólidos; necessidade de homogeneização dos dejetos para garantir a eficiência do sistema.(COLLATO;LANGER, 2011)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biodigestores são estruturas projetadas e construídas de modo a produzir a degradação da biomassa residual, sem que haja qualquer tipo de contato com o ar. Isso proporciona condições para que alguns tipos especializados de bactérias, altamente consumidoras passem a predominar no meio e, com isso, provoquem degradação mais acelerada da matéria (BLEY, 2009)

O Biodigestor é um equipamento utilizado para diversos tipos de resíduos orgânicos, os quais são transformados por intermédio da digestão anaeróbia para resultar em gás combustível, com teores de metano e dióxido de carbono, além de outros gases, possibilitando a geração de energia (COLATTO; LANGER, 2011).

Além de ser uma tecnologia viável ambientalmente, os biodigestores tem a capacidade de suprir as necessidades energéticas e promover benefícios sociais e econômicos. Dentre os

biodigestores mais conhecidos, estão os tipos indiano, canadense e chinês, são de baixa taxa e apresentam rendimentos inferiores, e o custo de investimento é mais barato, os modelos variam de acordo com seu modelo de construção e operação.

Os biodigestores de baixa taxa apresentam rendimentos inferiores, e seu custo de investimento é mais barato. No Quadro 1, são apresentadas as características e algumas particularidade.

**Quadro 1:** Biodigestores de baixa taxa

<b>Tipo de Biodigestor</b>	<b>Formas construtivas</b>	<b>Particularidades</b>	<b>Manutenção</b>
Indiano	Cúpula móvel de metal	Por ser enterrado no solo é imprescindível, o cuidado com infiltrações	Atenção especial a cúpula e gasômetro
Chinês	Teto impermeável (armazenamento do biogás)	Devido a necessidade de pressão constante, deve haver regulador de pressão	Pode apresentar problemas de estanqueidade
Canadense	Cúpula de metal ou PVC/lona		Limpeza simples, devido a fácil remoção da lona

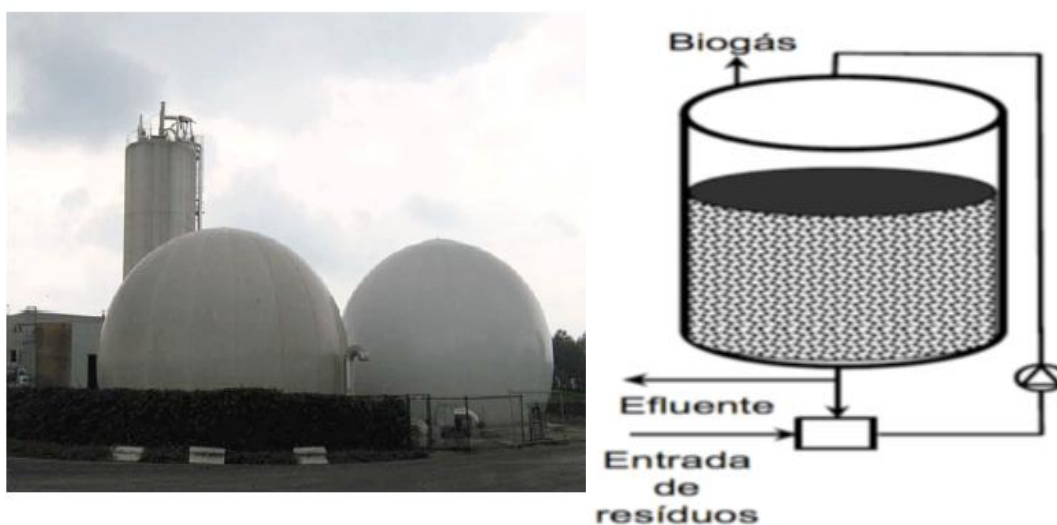
**Fonte:** FNR,(2010),adaptado do autor

Segundo Bley, (2016) os reatores anaeróbios dividem-se em baixa taxa, alta taxa e alta taxa em dois estágios. A denominação alta ou baixa taxa refere-se à carga orgânica suportada na alimentação do equipamento. Os reatores depende de configurações e características, demonstram capazes de absorver grandes quantidades de matéria orgânica na corrente de entrada (alta taxa), ou se limitam a absorver concentrações menores (baixa taxa). A natureza do resíduo a ser tratado, configura o critério para a escolha da tecnologia mais apropriada à digestão, determinando se serão necessárias etapas de pré-tratamento ou de concentração antes da biodigestão propriamente dita.

É importante ressaltar, que o biodigestor é o equipamento mais importante para a produção de biogás, a quantidade e a qualidade do resíduo orgânico determina a viabilidade técnica e econômica do processo, assim, o projeto e sua execução devem ser feitos com exatidão e qualidade.

O modelo DRANCO, na Bélgica, usa um recipiente de fluxo vertical sem mistura. A matéria-prima entra pelo topo e sai na parte inferior da embarcação, onde o movimento da matéria-prima é por força gravitacional (LI;PARK;ZHU,2011) conforme a Figura 1. O digerido é desidratado e o líquido é recirculado para inocular a matéria-prima fresca. A digestão é operada sob condições termofílicas (55 ° C) e a concentração total de sólidos é de cerca de 25 a 40%.

**Figura 1 :** Modelo de biodigestor Dranco



**Fonte:** Rapport et al. (2008).

O modelo de Valorga (França), utiliza tanques de aço verticais com um defletor central que se estende por dois terços do centro do tanque (Figura 2).O material é forçado a fluir em torno do defletor a partir da entrada para alcançar a porta de saída no lado oposto, criando um fluxo de plugue no reator. Estes tanques podem operar entre 25% e 35% de sólidos totais. (LI; PARK; ZHU,2011)

**Figura 2 :**Modelo de biodigestor Valorga





Fonte: Rapport et al. (2008).

Para que funcione de maneira eficiente os biodigestores devem ser considerados, o tipo de material construtivo, a instalação, operação de todo o sistema e a tecnologia selecionada para tratamento dos resíduos.

No Quadro 2, são apresentados alguns modelos de tecnologia a partir de digestão anaeróbia, utilizando resíduos orgânicos como matéria-prima, e que estão sendo utilizado atualmente em diversos países.

**Quadro 2:** Tecnologia de biodigestores

País	Tecnologia utilizada	Características técnicas
Eslovênia	O biogás produzido resulta em 4 GWh por ano de eletricidade	Digestores: 3 x 500 m <sup>3</sup> Capacidade: 13.000 Ton Biogás: 1.800.000 m <sup>3</sup> Metano: 73%
Uppsala, Suécia		Digestores: 2 x 2.400 m <sup>3</sup> Capacidade: 40.000 Ton Biogás: 4.700 000 m <sup>3</sup> Metano: 3.000 000 m <sup>3</sup>
Lille, França	Os poluentes, como sulfeto de hidrogênio (H <sub>2</sub> S) e CO <sub>2</sub> , dissolvidos em água.	Digestores: 3 x 1.900 m <sup>3</sup> Capacidade: 108.000 Ton. Biogás: 7.400.000 m <sup>3</sup> Metano: 4.111.000 m <sup>3</sup>
Oshkosh, WI, USA	- 2,8 milhões de kWh -Processamento adicional de biofertilizante através da empresa local de compostagem	Volume de digestor de 2.900 m <sup>3</sup> ;

Fonte: EBA(2017)

## BIOGÁS

Em termos de uso, o biogás pode ser aproveitado para geração de calor, eletricidade com uso de caldeira, geração de eletricidade em motores e turbinas, células de combustível, após a realização de limpeza de H<sub>2</sub>S e outros contaminantes nas membranas, introdução em uma rede de transporte de gás natural após purificação e agregação dos aditivos necessários, especialmente utilizado em Alemanha, Suécia e Holanda, material básico para a síntese de produtos de alto valor agregado, como o metanol ou o gás natural liquefeito, e mesmo como combustível automotivo (IDAE, 2007).

O poder calorífico do gás metano é cerca de 35.800 kJ/ m<sup>3</sup>, isto significa um alto potencial de aproveitamento energético (JORDÃO et al.,1995) seu potencial é demonstrado quando tratado (remoção do CO<sub>2</sub>), pois o seu poder calorífico pode chegar a 60% do poder calorífico do gás natural (SALOMON; LORA,2005). No Quadro 3, são apresentadas as equivalências energéticas entre fontes energéticas e 1 m<sup>3</sup> de biogás.

**Quadro 3:**Equivalências energéticas entre fontes de energia em 1 m<sup>3</sup> de Biogás

<b>Fontes energéticas</b>	<b>1 m<sup>3</sup> de biogás equivalente:</b>
Gasolina	0,61-0,70(L)
Querosene	0,58-0,62(L)
Óleo Diesel	0,55(L)
GLP	0,40-1,43(kg)
Álcool	0,80(L)
Lenha	3,50(kg)
Eletricidade	1,25- 1,43(kWh)

**Fonte:** Pompermayer (2000)

Na Tabela 1 são apresentados os dados da composição do biogás, produzido a partir da biodigestão anaeróbia, no entanto, esta composição pode ser variável, depende do resíduo orgânico degradado e da eficiência de tecnologia utilizada.

**Tabela 1:** Composição média do biogás

Gás	Composição (%)
Metano (CH <sub>4</sub> )	55 a 66
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	35 a 45
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0 a 3
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	0 a 1
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0 a 1
Gás Sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	0 a 1

**Fonte:** CTGAS (2015)

As tecnologias utilizando o biogás, expõem capacidade de grande amplitude geográfica, sua técnica de aplicação em sistemas de escala e produção variados é adaptada em diferentes situações. No Quadro 4, são apresentadas características específicas do biogás

**Quadro 4:** Características do biogás

Ácido sulfúrico(H <sub>2</sub> S)	134 ppm ou 0,01%
PCI	5.300 Kcal/m <sup>3</sup> ou 22.195 kJ/m <sup>3</sup>
Massa Específica	0.86 kg/m <sup>3</sup> a 15 <sup>0</sup> C 101,325 kJ/m <sup>3</sup>
Pressão	250 mmc.a.(Medida do Gasômetro)
Volume produzido	24.000 m <sup>3</sup> /dia(aproximadamente)

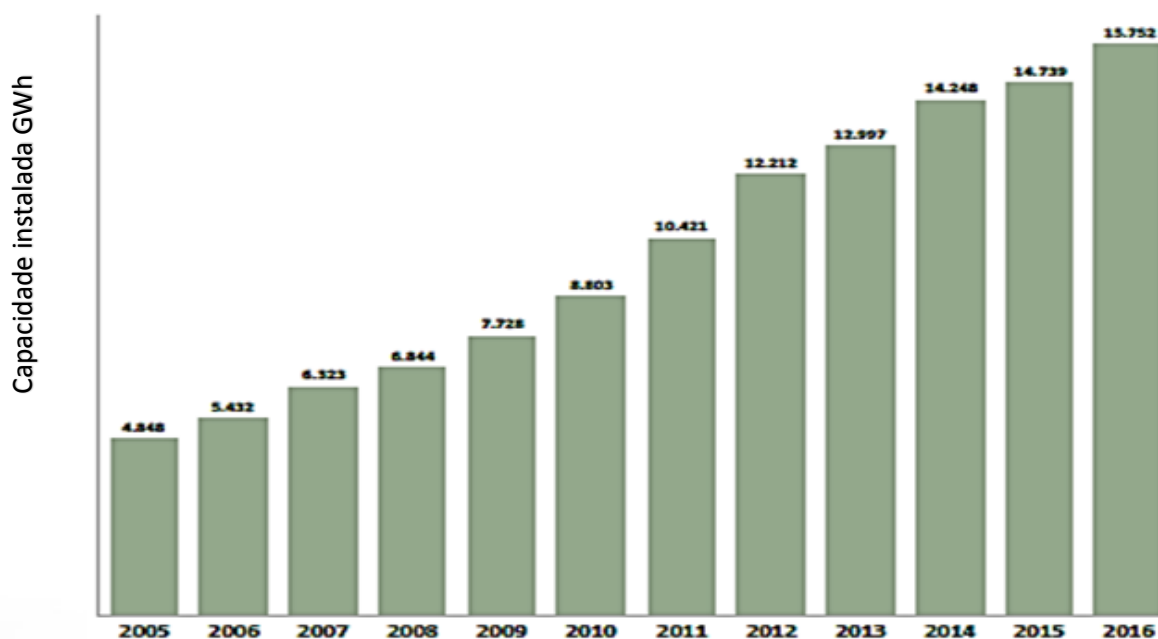
**Fonte:** CENBIO ,2003; SABESP,2001

Na Europa, algumas aplicações de biomassa no setor residencial, são projetadas para as instalações de cogeração, os custos são competitivos e estão crescendo rapidamente (CREUTZIG *et al.*, 2012). De acordo com Holm-nielsen *et al.*, (2009), pelo menos 25% de toda a bioenergia no futuro poderá originar de biogás na união europeia, produzidos a partir de materiais orgânicos úmidos, tais como: estrume animal, silagens de culturas, alimentos úmidos e resíduos alimentares.

Os biocombustíveis líquidos geraram 1,7 milhões de empregos e biogás 0,3 milhões de empregos em 2016. Com empregos concentrados no fornecimento de matéria-prima. Brasil, China, Estados Unidos e Índia foram a chave dos mercados de trabalho de bioenergia (IRENA, 2017). A China, Índia e Alemanha são os países que apresentam maior número de empregados na atividade de biogás atualmente.

As energias renováveis fazem parte da matriz energética mundial e apresenta um futuro bastante promissor de grande crescimento econômico, pois em poucos anos houve grande expansão. Na Figura 3, são apresentados os dados referentes a capacidade de eletricidade instalada atualmente no mundo, derivado de biogás, sendo aproximadamente 15.752 GWh de energia elétrica por ano.

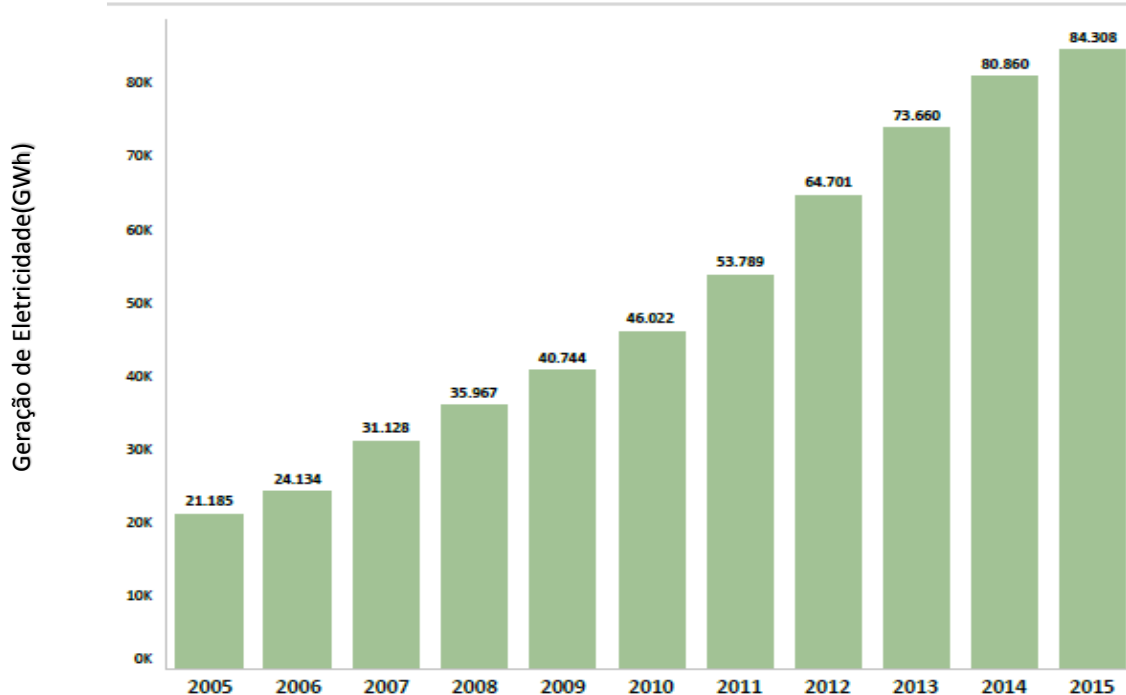
**Figura 3:** Capacidade instalada de geração mundial de eletricidade a partir da produção de Biogás



Fonte: Irena 2017

A capacidade de geração de energia elétrica, se todos os países utilizassem deste recurso renovável seria capaz de suprir as necessidades energéticas de inúmeros países, na Figura 4, é apresentado o potencial energético disponível de geração de energia Elétrica a partir de Biogás.

**Figura 4:** Energia elétrica mundial disponível derivada da produção de biogás



Fonte: Irena (2017)

O biogás pode desempenhar um papel fundamental na transformação das energias renováveis com um grande potencial na Índia (aproximadamente 48,383 milhões de m<sup>3</sup> de biogás por ano), tendo possibilidades de substituição e, portanto, reduzir a dependência de combustíveis fósseis (JHA, BHASKAR et al.,2015).

Alguns países têm optado pelo uso recorrente do biogás para produção de energia elétrica na zona rural, onde o acesso a energia elétrica é mais escasso como a China, Índia e Bangladesh. Os países da União Europeia que obtêm a maior quantidade de energia elétrica, procedente de biogás como fonte renovável são Alemanha, França e Itália

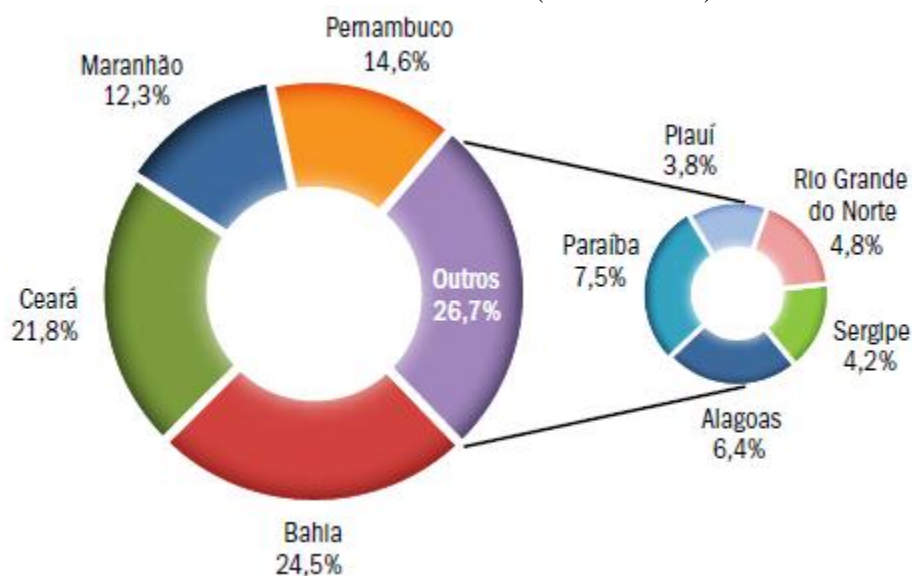
Apesar dos desafios na aquisição e processamento de recursos de biomassa, produção de energia com base em resíduos é mais sustentável, seguro e econômico para o desenvolvimento do setor de biogás da União Europeia (Meyer et al,2017).

Na Europa, segundo Capros et al. (2008) as usinas de biogás resultantes de efluentes industriais, geralmente são localizados na fonte geradora. Os resíduos agrícolas podem ser tratados em pequenas usinas de biogás ou como usinas que recebem o resíduo agrícola de vários estabelecimentos rurais.



As emissões de gases de efeito estufa, ocorrem praticamente em todas as atividades humanas e setores da economia: na agricultura, por meio da preparação da terra para plantio e aplicação de fertilizantes; na pecuária, por meio do tratamento de dejetos animais e pela fermentação entérica do gado; no transporte, pelo uso de combustíveis fósseis, como gasolina e gás natural; no tratamento dos resíduos sólidos, pela forma como são tratados e disposto; nas florestas, pelo desmatamento e degradação de florestas; e nas indústrias, pelos processos de produção (BRASIL, 2017). Na Figura 5, são apresentados os dados das emissões de GEE por estado na Região Nordeste (2009 – 2039).

**FIGURA 5:** Porcentagem das emissões de gases do efeito estufa por estado na região Nordeste do Brasil entre (2009 – 2039)



**Fonte:** Pesquisa ABRELPE(2016)

A tecnologia para aproveitamento do biogás está fora do alcance dos mais desfavorecidos, devido ao alto investimento inicial. Existe também, uma série de restrições que afetam a implementação da tecnologia de biogás em grande escala, tais como: político, social-cultural, financeiro, informativo, restrições institucionais, técnicas e formativas. Para o desenvolvimento da tecnologia de biogás incluem: avaliação dos padrões de demanda e oferta de energia e suas distribuições setoriais em nível nacional, a fim de estimar a contribuição da tecnologia de biogás e outra energia renovável para a nação (OECD, 2010)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos biodigestores abre espaço para o crescimento da propriedade sem que o proprietário se preocupe com a deposição e tratamento dos dejetos vindos da atividade. Aliás, essa é a principal vantagem do uso de biodigestores. A instalação de sistemas de biodigestores reduz a emissão de poluentes nos rios e lagos, e aparece como uma alternativa para escapar das multas que poderão surgir sem um sistema limpo de preservação. Outra fonte alternativa de recursos com o sistema de biodigestão, é o desenvolvimento de projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), em que os agentes do setor suinícola podem se beneficiar a partir dos créditos de carbono. A preocupação ambiental com a poluição causada pelos dejetos animais e outros tipos de poluição, se torna cada vez mais importante para o desenvolvimento de práticas que garantam a viabilidade econômica e ambiental de um projeto de investimento. A disseminação desses projetos, faz com que surjam novas perspectivas para mudar a forma como tais empresários administram suas propriedades.

## REFERÊNCIAS

AUSTERMANN, S.; ARCHER, E.; WHITING, K. J. Commercial Assessment - Anaerobic Digestion Technology for Biomass Projects, Juniper for Renewables East. Juniper for Renewable East, 2007. Disponível em: <[http://www.biomassenergycentre.org.uk/pls/portal/docs/PAGE/RESOURCES/REF\\_LIB\\_RE S/PUBLICATIONS/RENEWABLES%20EAST%20%20ANAEROBIC%20DIGESTION%20\(FULL%20REPORT\).PDF](http://www.biomassenergycentre.org.uk/pls/portal/docs/PAGE/RESOURCES/REF_LIB_RE S/PUBLICATIONS/RENEWABLES%20EAST%20%20ANAEROBIC%20DIGESTION%20(FULL%20REPORT).PDF)>.

BAERE, L. Dranco Process: A Dry Continuous System for Solid Organic Waste and Energy Crops. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DRY FERMENTATION, 2008, Berlim, Alemanha. Apresentação: 2008. Disponível em: <[http://www.ows.be/pub/Dranco-Process\\_IBBKfeb08.pdf](http://www.ows.be/pub/Dranco-Process_IBBKfeb08.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2018.

BAERE, L.; MATTHEEUWS, B. State-of-the-art 2008 - Anaerobic Digestion of Solid Waste. Waste Management World. v.9, N. 4, Julho 2008. p. 8. Disponível em: <[http://www.waste-management-world.com/index/display/article display/339836/articles/waste-management-world/volume-9/issue 4/features/state-of-the-art-2008-anaerobic-digestion-of-solid-waste.html](http://www.waste-management-world.com/index/display/article_display/339836/articles/waste-management-world/volume-9/issue%204/features/state-of-the-art-2008-anaerobic-digestion-of-solid-waste.html)>.

BIANEK, Julia et al. COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS USEPA E IPCC PARA ESTIMATIVA TEÓRICA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERRO MUNICIPAL. BIOFIX Scientific Journal, v. 1, n. 1, p. 34-40, 2017.

BOGNER, J.; HICKMAN, H. L.; HUITRIC, R.; LIPPY, S. G.; PACEY, J.; ROQUETA, A.; WILES, C. Final report: comparison of models for predicting landfill methane recovery. In: DRIVE, R. B.; AUGENSTEIN, D. The solid waste association of North America, 1997, p. 1-5.

BEN ,Balanço Energético Nacional 2011: Ano base 2010/ Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2011. <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_final\\_BEN\\_2011.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_final_BEN_2011.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2017.

BERNAL, Andressa Picionieri et al. Vinasse biogas for energy generation in Brazil: An assessment of economic feasibility, energy potential and avoided CO2 emissions. Journal of cleaner production, v. 151, p. 260-271, 2017.

BLEY , Júnior C. Biogás: a energia invisível. 2ª edição revisada e ampliada. São Paulo: CIBiogás, 2015.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Neue Wege zur Prozessoptimierung in Biogasanlage. Berlin, 2013. ISSN 2192-1806

BORGES, Ane Caroline Pereira et al. Energias Renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. Renewable energy: a contextualization of the biomass as power supply. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 10, n. 2, 2017.

BORSCHIVER, S.; DA SILVA, A. L. R. MAPEAMENTO TECNOLÓGICO PARA PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS E SEU APROVEITAMENTO: PANORAMA MUNDIAL E INICIATIVAS NACIONAIS. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, Santa Catarina. 2014.

BRASIL, Plano Nacional de Energia 2030. Publicado em: 2017.

Disponível:<[www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/08.+Biomassa+%28PDF%29/0a02b482-db1a-4dbe-9388-baadbc168ae7?version=1.1](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/08.+Biomassa+%28PDF%29/0a02b482-db1a-4dbe-9388-baadbc168ae7?version=1.1)>. acesso em: 12 Mai. 2017

BRASIL , ministério agricultura pecuária e abastecimento. Dados estatísticos bovinos.2016.Disponível em

[www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/estatisticas](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/estatisticas) Acesso: 14 ago 2017

BRASIL, ministério das cidades. barreiras e soluções propostas para o mercado do biogás no Brasil.PROBIOGAS,Brasilia(2016)

[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/giz\\_barreiras\\_digital\\_simples.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/giz_barreiras_digital_simples.pdf) Acesso: 11 de Dez 2018

CAPROS, Pantelis et al. Analysis of the EU policy package on climate change and renewables. Energy policy, v. 39, n. 3, p. 1476-1485, 2011.

CAPROS, Pantelis et al. Model-based analysis of the 2008 EU policy package on climate change and renewables. Report to DG ENV, 2008.

CENBIO, Centro Nacional de Referência em Biomassa. Disponível em:

<<http://cenbio.iee.usp.br/download/metodologiabiomassa.pdf>>. Acesso em: 29 mar. de 2018

CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS (CTGAS). Dados de Unidades de Conversão.

Disponível em [www.ctgas.com.br](http://www.ctgas.com.br). Acesso em 28 de maio de 2018.

CERVI, Ricardo G.; ESPERANCINI, Maura ST; BUENO, Osmar de C. Viabilidad económica de la utilización de biogás para la conversión en energía eléctrica. Información tecnológica, v. 22, n. 4, p. 3-14, 2011.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Gasi, T. M. T. Caracterização, reaproveitamento e tratamento de resíduos de frigoríficos, abatedouros e graxarias. São Paulo: CETESB, fev. 1993.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: DESA-UFMG. P. 245, 1997.

CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores Anaeróbios. 2a.ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

COLATTO, Luciulla; LANGER, Marcelo. Biodigestor–resíduo sólido pecuário para produção de energia. Unoesc & Ciência-ACET, v. 2, n. 2, p. 119-128, 2012.

CREUTZIG, F.; VON S TECHOW, C.; KLEIN, D.; HUNSB ERGER, C.; BA UER, N.; POPP , A . y EDENHOFER, O. (2012): «Can B ioenergy A ssessments Deliver», Economics of Energy & Environmental Policy, vol. 1, issue 2, pp. 65-82.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources.

Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6e.htm>>. Acesso em: 6 dez. 2017.

EBA, European Biogas Association. CONFERENCE OF THE EUROPEAN BIOGAS ASSOCIATION.2017.Disponível em: [european-biogas.eu/](http://european-biogas.eu/).Acesso em:13 jun 2017

EDSTRÖM, M.; NORDBERG, A.; THYSELIUS, L. Anaerobic treatment of animal By products from slaughterhouses at laboratory and pilot scale. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 109, p. 127-138, 2003.

FLYHAMMAR, P. P. One decade of dramatic changes of the Sweedish management of household waste. In. XIII International Waste Management and Landfill Symposium. Sardinia Symposium. Proceedings. S. Margherita di Pula: IWMLS. 3-4. 2011.

FNR. Guia Prático do Biogás – Geração e Utilização. Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Leipzig, 2010.

FREIRE, W. J., CORTEZ, L.A.B, (2000), Vinhaça de cana-de-açúcar, Editora, Agropecuária, Campinas, 203p.



FRICKE, Klaus; PEREIRA, Christiane. Global Trends in Waste Management. Alemanha: Technische Universität Braunschweig/ Center for Research, Education and Demonstration in Waste Management, 2013.

GODOY, Manuel R. Berríos. Potencial energético contenido en los residuos sólidos urbanos: realidad brasileña. Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 6, n. 3, p. 479-491, 2015.

HOLM-NIELSEN, Jens Bo; AL SEADI, Teodorita; OLESKOWICZ-POPIEL, Piotr. O futuro da digestão anaeróbica e utilização de biogás. Tecnologia Bioresource , v. 100, n. 22, p. 5478-5484, 2009.

IDAE, Biomasa; BIOMASO, S. A. Digestores anaerobios. Madrid: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2007

IDEME, Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba, Disponível em: <[ideme.pb.gov.br/servicos/mapas-tematicos](http://ideme.pb.gov.br/servicos/mapas-tematicos)>. Acesso em: 21 fev. 2018

IEA BIOENERGY, 2009, Bioenergy-A sustainable and reliable energy source. IEA Bioenergy. Disponível em: <[www.ieabioenergy.com](http://www.ieabioenergy.com)> Acesso em : 11 Abr. 2017