

**Uso do biogás no meio rural como um fator de desenvolvimento rural sustentável****Use of biogás in the rural environment as a factor for sustainable rural development**

Recebimento dos originais: 29/06/2018

Aceitação para publicação: 06/08/2018

**Caroline Monique Tietz Soares**

Doutoranda em Desenvolvimento Rural Sustentável pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Marechal Cândido Rondon

Endereço: Av. Marechal Cândido Rondon, 150, apto. 06, centro, Céu Azul – PR, Brasil

E-mail: carol.tietz@hotmail.com

**Armin Feiden**

Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Marechal Cândido Rondon

Endereço: Rua Pernambuco, 1777, centro, Marechal Cândido Rondon – PR, Brasil

E-mail: armin.feiden@gmail.com

**Clério Plein**

Doutor em Desenvolvimento Rural pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Francisco Beltrão

Endereço: Rua Maringá, 1200, Vila Nova, Francisco Beltrão – PR, Brasil

E-mail: clerioplein@gmail.com

**Inês Terezinha Pastório**

Doutoranda em Desenvolvimento Rural Sustentável pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Marechal Cândido Rondon

Endereço: Rua Tomaz Gonzaga, 1267, Vila Boa Esperança, Toledo – PR, Brasil

E-mail: inespastorio@gmail.com

**RESUMO**

Partindo do atual contexto de degradação do meio ambiente, propõe-se a utilização do biogás obtido através da tecnologia dos biodigestores, como uma alternativa que pode contribuir para o desenvolvimento sustentável do meio rural, promovendo saneamento rural, minimizando a poluição, conservando os recursos hídricos, reduzindo a emissão de gases promotores do efeito

estufa, etc. A utilização dos biodigestores ainda permite obter suprimento de energia e biofertilizante, principalmente para os pequenos produtores rurais, transformando o problema da destinação dos resíduos orgânicos agrícolas em um benefício à população. Assim sendo, justifica-se seu potencial de utilização baseando-se principalmente nos aspectos sociais, econômicos e ambientais.

**Palavras-chave:** Biodigestor; Biomassa; Agricultura familiar; Meio ambiente.

## **ABSTRACT**

Based on the current context of environmental degradation, it is proposed to use biogas obtained through biodigesters technology, as an alternative that can contribute to the sustainable development of the rural environment, promoting rural sanitation, minimizing pollution, conserving water resources, reducing the emission of greenhouse gases, etc. The use of biodigesters still allows energy supply and biofertilizer, especially for small farmers, transforming the problem of the disposal of agricultural organic waste to a benefit to the population. Therefore, its use potential is justified based on social, economic and environmental aspects.

**Key words:** Biodigester; Biomass; Family farming; Environment.

## **1 INTRODUÇÃO**

Os atuais modelos de desenvolvimento, baseados na exaustão de recursos naturais, desperdício, disposição inadequada de resíduos e causadores de danos no meio ambiente, são insustentáveis.

O novo paradigma que se coloca em questão é a mudança da mentalidade da humanidade, do desenvolvimento a qualquer custo e visando somente o lucro, para um pensamento de parcimônia com os recursos naturais através da prática do conceito de sustentabilidade ambiental, no qual o homem entenda que pertence ao meio ambiente e não o ambiente pertença ao homem. Resultando assim em questões ambientais tratadas com responsabilidade e tornando-se cada dia mais de importância não só econômica, mas também social e cultural.

Para impulsionar este desenvolvimento que abrange as questões sócio-econômico-ambiental as tecnologias devem contribuir mediante o aproveitamento ótimo dos recursos. Isso não engloba apenas a agricultura de altos insumos, mas também os agricultores familiares necessitam enquadrar-se a este novo conceito, bem como atender novas exigências de certificações de qualidade ambiental do mercado.

Este modelo de desenvolvimento que procura ser ambientalmente adequado, socialmente justo e economicamente viável, deve buscar a autonomia e não a dependência. Diante disso, o aproveitamento da biomassa para a geração de energia no meio rural através da obtenção do biogás é uma alternativa que vem se mostrando muito promissora.

O biogás produzido pode promover não só a autonomia energética de diversos produtores rurais, mas seu uso contribui para a diminuição do efeito estufa, bem como a atividade do biodigestor promove o saneamento rural, minimizando a poluição e conservando os recursos hídrico, além da possibilidade da utilização do biofertilizante como adubo orgânico (SOUZA e CAMPOS, 2007).

## **2 DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL**

A definição do termo ‘desenvolvimento’ é complexa e frequentemente confundida com crescimento econômico, não existindo sequer consenso entre estudiosos e especialistas sobre seu significado (ABRAMOVAY, 2003).

Segundo Plein (2012)

Apesar das diversas e diferentes interpretações, o que talvez seja comum à maioria delas é que desenvolvimento está relacionado com qualidade de vida dos indivíduos e, para tanto, as condições econômicas são importantes, porém, existem outras variáveis (PLEIN, 2012, p. 46).

Outros fatores se estabeleceram neste debate a partir dos anos 80, especialmente relacionados a justiça social, a necessidade de participação dos atores no processo de planejamento/gestão e também as questões ambientais (PLEIN, 2012).

Para Adam Smith, David Ricardo e Robert Malthus, economistas clássicos ingleses, o termo desenvolvimento abrange uma transformação da agricultura para a indústria.

De acordo com Navarro (2001, p. 88), a expressão ‘desenvolvimento rural’ também deve ser entendida, a qual refere-se a

[...] uma ação previamente articulada que induz (ou pretende induzir) mudanças em um determinado ambiente rural. Em consequência, o Estado nacional – ou seus níveis subnacionais – sempre esteve presente à frente de qualquer proposta de desenvolvimento rural, como seu agente principal. Por ser a única esfera da sociedade com legitimidade política assegurada para propor (e impor) mecanismos amplos e deliberados no sentido da mudança social, o Estado funda-se para tanto em uma estratégia pré-estabelecida, metas definidas, metodologias de implementação, lógica operacional e as demais características específicas de projetos e ações governamentais que têm como norte o desenvolvimento rural.

Ainda de acordo com o autor, a definição específica de ‘desenvolvimento rural’ tem evoluído ao longo dos anos, entretanto, a questão da melhoria do bem-estar das populações que vivem nos meios rurais continua sendo a intenção desse desenvolvimento, o que a diferencia é a forma como as estratégias são escolhidas, a determinação das prioridades, as ênfases

metodológicas, entre outros, atendendo as necessidades particulares de cada família e atividades rurais ao longo do tempo (NAVARRO, 2001).

Há ainda outra expressão que merece melhor entendimento e a tentativa de identificar seus contornos conceituais, sendo ela ‘desenvolvimento rural sustentável’.

Na década de 1970, ocorreram diversos debates sobre uma inovadora compreensão do tema desenvolvimento, em virtude da percepção de que o modelo de crescimento, mostrava-se limitado (BOFF, 2012).

Sachs (2008) declara que nesta época agregou-se à questão o aspecto ambiental, o qual, embora já tivesse sido abordado por diversos autores, até então era negligenciado pelas organizações internacionais. Posteriormente, originaram-se os termos ‘ecodesenvolvimento’ e ‘desenvolvimento rural sustentável’, desdobrando-se na atual e crescente difusão da expressão mais geral ‘desenvolvimento sustentável’.

Segundo Sachs (2009, p. 48), no ano de 1972, em Estocolmo, a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano

[...] colocou a dimensão do meio ambiente na agenda internacional. Ela foi precedida pelo encontro Founex, de 1971, implementado pelos organizadores da Conferência de Estocolmo para discutir pela primeira vez, as dependências entre o desenvolvimento e o meio ambiente [...].

A criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), foi o resultado mais relevante obtido nesta primeira iniciativa. Já no ano de 1984, outra conferência de caráter decisivo foi realizada, a qual originou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), com o lema “Uma agenda global para a mudança” e a missão de promover o diálogo entre países ricos e pobres sobre as questões de meio ambiente e desenvolvimento, e de definir formas de cooperação entre ambos (BOFF, 2012; GANEM, 2012).

Foi a CMMAD que, em 1987, publicou o Relatório Brundtland, denominado Nosso Futuro Comum, o qual deu notoriedade ao conceito de desenvolvimento sustentável, que é “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades” (CMMAD, 1988, p. 46).

No entendimento de Sachs (2008, p. 15) tal perspectiva,

[...] é baseada no duplo imperativo ético de solidariedade sincrônica com a geração atual e de solidariedade diacrônica com as gerações futuras. Ela nos compele a trabalhar com escalas múltiplas de tempo e espaço, o que desarruma a caixa de ferramentas do economista convencional.

Percebe-se que a então atenção dada inicialmente à problemática ambiental passou a almejar outra visão de desenvolvimento, mais ampla e que agrega além do ambiente outros elementos, como ética, aspecto social e viabilidade econômica (SACHS, 2008).

Outros ambientes de diálogo sobre o tema foram: a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (em 1992, no Rio de Janeiro), também conhecida como a Cúpula da Terra; a Rio+5 (em 1997, também no Rio de Janeiro); a Cúpula da Terra sobre Sustentabilidade e Desenvolvimento (em 2002, em Joanesburgo) e a Rio+20 (em 2012, no Rio de Janeiro).

Conforme Boff (2012) estes eventos, incluindo as publicações e relatórios construídos a partir deles (Declaração de Cocoyoc, Declaração de Estabelecimento de uma Nova Ordem Econômica Mundial, Carta da Terra, Agenda 21, Metas do Milênio, entre outros) provocaram uma maior consciência na população, até mesmo para os céticos.

Freitas (2011) esclarece que é imprescindível a adoção de práticas que verdadeiramente promovam um desenvolvimento sustentável e duradouro:

Para tanto, a sustentabilidade não pode ser considerada tema de ocasião, mas prova viva e robusta de racionalidade dialógica, superior e aberta. O culto manipulador e desenfreado do ego consumista, com os seus fetiches tirânicos ou servis, está dramaticamente em xeque. Só não vê quem não quer (FREITAS, 2011, p. 30).

Isto posto, uma concepção oportuna sobre o desenvolvimento deve ultrapassar a visão meramente econômica, como Sen (2010, p. 28) enfatiza: “sem desconsiderar a importância do crescimento econômico, precisamos enxergar muito além dele”.

Em relação às liberdades humanas a colocação de Sen (2010) tem influenciado de maneira significativa os debates concernentes ao desenvolvimento, apresentando este como um promotor das liberdades subjetivas dos indivíduos, as quais incluem o atendimento de todos os direitos humanos (políticos, civis, econômicos e sociais).

Ainda segundo o autor, estas liberdades subjetivas expressam-se nas capacidades elementares dos indivíduos, relativas aos seus direitos básicos, como: acesso regular e permanente ao alimento, água potável, serviços de saneamento básico, energia, segurança, alfabetização em todos os níveis, garantia de participação política, liberdade de expressão, entre outros, bem como aqueles direitos que os próprios indivíduos desejam e julgam conducentes (SEN, 2010).

Portanto, o caminho do desenvolvimento é rodeado pela igualdade, equidade e também solidariedade, as quais são imprescindíveis para se diferenciar o aspecto econômico (positivo) do desenvolvimento, da então economia reducionista (SACHS, 2008).

Ademais, Leff (2010) compreende que para se atingir o desenvolvimento com bases sustentáveis é fundamental um processo de desconstrução da ideologia e da racionalidade do atual modelo de produção, permitindo a abertura de caminhos a uma sociedade fundamentada na produtividade ecológica, democracia, respeito e diferença.

Destarte, segundo Freitas (2011, p. 27):

Para sair da rotina insana, a presente sociedade do conhecimento terá de se tornar uma sociedade do autoconhecimento. Somente assim experimentará chances objetivas de fazer frente à gravidade dessas múltiplas crises que interagem entre si. Crise do aquecimento global, do ar irrespirável, da desigualdade brutal de renda, da favelização incontida, da tributação regressiva e indireta, da escassez de democracia participativa, das doenças facilmente evitáveis, da falta de paternidade consciente, do stress hídrico, da queimada criminosa, assim por diante.

Assim, na concretização do desenvolvimento, destaca-se o importante papel da sociedade como parte integrante e ativa, porque torna-se evidente que as sequelas causadas pelo modelo de desenvolvimento irracional e a qualquer custo, baseado unicamente na maximização de lucros, com a exaustão de recursos naturais, geração e disposição inadequada de resíduos provocando enormes desequilíbrios, danos ambientais e desperdício, é insustentável e, os quais, somente uma civilização autônoma poderá superar (AMORIN et al., 2004).

Por deveras, a designação de desenvolvimento sustentável enquadra aquele que promove o crescimento econômico, social e ambiental, valoriza a cultura e as tradições, bem como torna a sociedade mais equitativa e justa (GREGOLIN, 2016).

Enfim, em busca da construção deste novo modelo de desenvolvimento que deseja alcançar a autonomia, diminuição das desigualdades na sociedade e permite conciliar desenvolvimento econômico com um mínimo de impactos adversos ao meio ambiente, surge a possibilidade de agregação de valor a um produto que antes não possuía nenhuma importância econômica direta em uma propriedade rural (EHLERS, 1999).

A biomassa, se tratada, produz biogás que pode proporcionar autonomia energética de produtores rurais, contribuir para a redução do efeito estufa, bem como o uso do biodigestor promove o saneamento rural e ainda permite a obtenção do biofertilizante, empregado como adubo orgânico em substituição aos químicos, além de cooperar para criar possibilidades de permanência de trabalhadores no meio rural, contribuindo para sua saúde, bem-estar, satisfação, economia, entre outros (MONTEIRO, 2009; ANDRADE et al., 2002).

**3 AGRICULTURA FAMILIAR**

A discussão sobre o tema agricultura familiar é intenso não só no meio acadêmico, mas também no político e social. Cada dia mais ampliam-se os debates sobre seus elementos caracterizadores, viabilidade, dinâmica e lógica econômica.

Guanziroli, Marafon, Abramovay, Schneider, Lamarche, entre outros, são alguns dos autores que tem trabalhado com este termo.

Para Guanziroli et al. (2001, p. 113) agricultura familiar “é produzir com base na mão de obra familiar. Desta forma, as unidades de produção familiares não recorrem à mão de obra assalariada a não ser de forma ocasional ou em quantidade inferior à mão de obra familiar”. Ou seja, segundo o autor, esta forma de agricultura está basicamente na responsabilidade da família, o que, porém, não a proíbe de utilizar a mão de obra assalariada.

Segundo Marafon (2006):

A agricultura de propriedade familiar é caracterizada por estabelecimentos em que a gestão e o trabalho estão intimamente ligados, ou seja, os meios de produção pertencem à família e o trabalho é exercido pelos mesmos proprietários em uma área relativamente pequena ou média (MARAFON, 2006, p. 21).

Para Abramovay (1997), em termos conceituais, para ser mantido o caráter familiar da produção determina-se a presença de três atributos básicos:

A agricultura familiar é aquela em que a gestão, a propriedade e a maior parte do trabalho, vêm de indivíduos que mantêm entre si laços de sangue ou de casamento. Que esta definição não seja unânime e muitas vezes tampouco operacional. É perfeitamente compreensível, já que os diferentes setores sociais e suas representações constroem categorias científicas que servirão a certas finalidades práticas: a definição de agricultura familiar, para fins de atribuição de crédito, pode não ser exatamente a mesma daquela estabelecida com finalidades de quantificação estatística num estudo acadêmico. O importante é que estes três atributos básicos (gestão, propriedade e trabalho familiar) estão presentes em todas elas (ABRAMOVAY, 1997, p. 3).

O termo agricultura familiar passou a ser utilizado com frequência no meio acadêmico, político e nos discursos dos movimentos sociais rurais. Desta forma, Schneider (2003) evidencia que

A expressão “agricultura familiar” vem ganhando legitimidade social e científica no Brasil, passando a ser utilizada com crescente frequência nos discursos dos movimentos sociais rurais, pelos órgãos governamentais e por segmentos do pensamento acadêmico, especialmente pelos estudiosos das Ciências Sociais que se ocupam da agricultura e do meio rural (SCHNEIDER, 2003, p. 21).

Para Guanziroli et al. (2001), não se determina pelo tamanho do estabelecimento a propriedade de produção familiar e sim, pelo que a família pode explorar com base no seu próprio trabalho. A agricultura familiar consegue ser extremamente complexa e diversificada no sentido de capacidade e tentativa de adaptação:

A diversidade reflete a própria natureza da agricultura familiar, em particular sua capacidade e tentativa de adaptação – nem sempre sustentável, deve-se dizer – às condições ambientais locais, à disponibilidade de recursos, à experiência, cultura e história das famílias assim como às condições impostas pelo mercado e pela sua inserção na sociedade (GUANZIROLI et al., 2001, p. 169).

Surge assim o debate sobre a multifuncionalidade da agricultura, a qual aborda as várias funções agrícolas ou não-agrícolas que uma unidade familiar é capaz de desenvolver.

De acordo com Tubaldini (2006, p. 4):

Segundo a versão francesa, a multifuncionalidade da agricultura é entendida como “um conjunto de contribuições da agricultura a um desenvolvimento econômico e social considerado na sua unidade” (CARNEIRO, 2006, p. 182). Considera-se que a dependência excessiva do mercado, decorrentes da ênfase no caráter produtivista da agricultura familiar, teria desvirtuado algumas funções essenciais dessa forma de organização da produção na sua relação com a sociedade, como a de preservar o meio ambiente e a paisagem, a da manutenção de um tecido social com práticas culturais responsáveis pela ocupação do território e pela manutenção do patrimônio cultural, a segurança alimentar, entre outras.

Isto posto, a capacidade de adaptação é de extrema relevância, já que um sistema de produção pode ser possível em um local e inviável em outro, sendo assim fundamental que cada localidade busque um sistema de produção condizente com sua realidade. Diante disto, Guanziroli et al. (2001), afirmam que a capacidade de absorção do progresso tecnológico da produção também é relevante, porque consegue conciliar a produção de alimentos ao mesmo tempo que a elevação da qualidade de vida.

Destarte, de acordo com Abramovay (1998), a agricultura familiar tem, atualmente, importância no ambiente econômico geral do mundo:

O peso da produção familiar na agricultura faz dela hoje um setor único no capitalismo contemporâneo: não há atividade econômica em que o trabalho e a gestão estruturam-se tão fortemente em torno de vínculos de parentesco e onde a participação de mão-de-obra não contratada seja tão importante (ABRAMOVAY, 1998, p. 209).

Os autores Guanziroli et al. (2001), com base nas informações disponíveis sobre o assunto, observam que apesar da falta de apoio, a agricultura familiar é responsável por uma grande parte da produção agropecuária, obtém rendimentos mais elevados por hectare e uma grande parcela dos empregos agrícolas se deve a ela. Aliás, parte dos produtores considerados ‘descapitalizados’



quando recebem algum apoio conseguem inovar seus sistemas produtivos e seguir o caminho da capitalização.

Segundo Lamarche (1994), os agricultores familiares diferenciam-se em relação às potencialidades e restrições associadas tanto à disponibilidade de recursos e de capacitação:

Os agricultores organizam suas estratégias, vivem suas lutas e fazem suas alianças em função destes dois domínios: a memória que guardam de sua história e as ambições que tem para o futuro. Suas chances de atingir o modelo ideal, ou simplesmente de se aproximar dele, dependerão da complementaridade de seu projeto junto ao que a sociedade elaborou para eles (LAMARCHE, 1994, p. 19).

Savoldi e Cunha (2010), mencionam que o universo diferenciado de agricultores familiares é formado por grupos com interesses particulares e estratégias próprias de sobrevivência e de produção, os quais atuam de maneira diferenciada a desafios semelhantes e que, diante disto, vão demandar um tratamento compatível com estas diferenças.

É frequente a caracterização da agricultura familiar como um setor atrasado, sob perspectivas econômica, social e tecnológica, focado na produção de produtos alimentares básicos e com uma lógica de produção de subsistência, porém, essa imagem estereotipada está distante de corresponder à realidade. De acordo com Lamarche (1993, p. 24):

A exploração familiar deve ser analisada em seu conjunto, ou seja: tendo em conta diversas entidades que a estruturam. Compreender seu funcionamento significa colocar em evidência as diferentes lógicas em função da qual o agricultor determina suas escolhas fundamentais. Estas lógicas se definem em relação a um determinado número de sistemas.

A crise observada recentemente na agricultura convencional tem resultado na procura de outros modos de desenvolvimento para a agricultura. No Brasil, verifica-se grandes avanços no âmbito dos estudos rurais em relação às formas familiares de produção e suas relações com os processos de desenvolvimento rural (SALVODI e CUNHA, 2010).

A ONU (Organização das Nações Unidas) relata que “uma abordagem centrada no agricultor é a chave para alcançar a sustentabilidade, tanto nos países desenvolvidos como em desenvolvimento” (BRASIL, 1995, p. 399).

Na época atual a agricultura familiar no Brasil é responsável por uma parcela considerável da produção de alimentos (abastecimento interno e composição da alimentação básica da população), observando-se um acelerado acréscimo da produtividade e melhor aproveitamento das terras por estes estabelecimentos familiares, em detrimento da importação de alimentos (FRANÇA et al., 2009).

Em vista disto, a agricultura familiar é vista como parte fundamental para o desenvolvimento pleno e equitativo do país, no que tange a oportunidade de trabalho, produção de alimentos, fortalecimento e resgate da cultura e biodiversidade, ainda que enfrente inúmeras dificuldades (GREGOLIN, 2016).

Além disso, a agricultura também é modificadora do espaço rural, pois sua dinâmica nesse espaço vem sendo determinada por outras atividades, passando a ser pensada como uma das dimensões estabelecidas entre a sociedade e o espaço ou entre o homem e a natureza.

O desenvolvimento rural tem como base a gestão do território e as dinâmicas locais inovadoras, que induzem as mudanças nas comunidades. Isto posto, e somando às consequências geradas pelo modelo de produção atual, há que se pensar uma prática que respeite, valorize e reestabeleça o equilíbrio, promovendo qualidade de vida. Nesse sentido, a utilização de biomassa como uma fonte de energia, através da obtenção do biogás, assume protagonismo, não mais como uma possibilidade futura, mas como uma realidade presente, a qual, porém, necessita de expansão.

#### **4 BIOMASSA RESIDUAL COMO FONTE DE ENERGIA**

Por meio da fotossíntese os vegetais acumulam energia. Os efluentes da produção, denominados de resíduos orgânicos, são derivados do metabolismo incompleto dos ingredientes vegetais que são empregados nas rações, as quais ainda mantêm um potencial energético oriundo de suas elevadas cargas orgânicas que também contém nutrientes e minerais (nitrogênio, fósforo, entre outros). Se despejados em seu estado bruto no meio ambiente estes resíduos produzem impactos ambientais ao liberarem altas quantidades de cargas carbonáceas (GALINKIN e BLEY JR., 2009).

Quando em pequenas quantidades, essas cargas carbonáceas eram processadas sem dificuldades pela natureza, a exemplo de quando homens e animais viviam de forma nômade (sem habitação fixa) nos territórios. Porém, atualmente, em meio a urbanização, as escalas presentes de produção industrial e animal (com animais estabulados, concentrados em pequenas áreas) e ao aumento constante da população mundial, esses resíduos produzidos pelas transformações e manipulações humanas acabam se acumulando nos solos e nas águas, resultando em degradações do meio ambiente (GALINKIN e BLEY JR., 2009).

Gera-se, diariamente, expressiva quantidade de resíduos orgânicos dos estabelecimentos de animais confinados e estes na maioria das vezes são dispersos no ambiente, atingindo redes hídricas, ainda carregados de substâncias contaminantes. Ainda, por se tratarem de compostos com micro e macronutrientes, propiciam um recinto que oferece abrigo, temperatura e água, preferido por diversos vetores associados à transmissão de zoonoses, além de inúmeras doenças (AMARAL et al., 2004).

As práticas do setor encontram dificuldades para custear o tratamento de seus impactos ambientais, comprometendo a permanência da atividade e ocorrendo sua inviabilidade quando não atende as normas da legislação atual. Entretanto, buscar receitas novas e não operacionais, como a produção de energia elétrica e obtenção de certificados por redução de emissões de gases promotores do efeito estufa, representam possibilidades e oportunidades de suprir esta demanda por cobertura dos custos e investimentos em tratamentos ambientais (PECORA et al., 2008).

O aspecto econômico, além do ambiental, justifica esforços para o aproveitamento de energia da biomassa residual. Esta energia pode ser utilizada para auto abastecimento e também vendida para o setor elétrico, o qual a reconhece oficialmente (BLEY JR., 2007).

Através dos resíduos orgânicos a energia elétrica pode ser adquirida com os processos bioquímicos e químicos, através de combustão direta, por processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou por processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação) (MENDONÇA, 2009).

Em síntese, com a biodegradação do carbono disponível nos efluentes e dejetos, obtém-se o biogás, e deste a energia elétrica. O efluente dos biodigestores é utilizado como biofertilizante, o qual é rico em carbono e contém nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros) (MIRANDA et al., 2006; PEREIRA et al., 2012).

Devido à essas oportunidades ambientais, econômicas e sociais, a biomassa residual pode ser considerada como uma alternativa para o desenvolvimento rural sustentável, ocupando lugar de destaque entre as possibilidades da agroenergia.

#### 4.1 TRATAMENTO DA BIOMASSA RESIDUAL ATRAVÉS DE BIODIGESTORES

A fim de realizar o tratamento dos efluentes e resíduos orgânicos torna-se necessário submeter estes a um processamento, o qual é composto por uma fase anaeróbia (ausência de oxigênio), em biodigestores, durante um determinado tempo de detenção, objetivando assim obter a redução da carga orgânica bruta do efluente a partir da ação de micro-organismos especializados (COLDEBELLA, 2006).

O biodigestor nada mais é do que uma estrutura, a qual foi projetada e construída com o objetivo de produzir a situação mais favorável possível para ocorrer a degradação, de forma acelerada, da biomassa sem contato com o ar (MACHADO, 2011).

O biogás, gás originado através da degradação da biomassa, fica armazenado na área livre da cúpula do biodigestor, nesse caso transformada em gasômetro, ou pode ir para um gasômetro, com a função de acumulação do gás. Este gás pode ser canalizado para diversos usos, como:

processos de aquecimento ou resfriamento, acionamento de moto-geradores de energia elétrica que utilizem esse combustível, entre outros (SILVA, 2009).

Segundo Von Sperling (1996), o biofertilizante obtido do biodigestor necessita ser submetido a um sistema de tratamento biológico para a redução de nutrientes, nitrogênio, fósforo, seus coliformes fecais, entre outros.

A realização e eficiência da digestão dependem de diversos fatores, como: o tipo de substrato usado no processo, pH (potencial hidrogeniônico), acidez, alcalinidade, concentração de sólidos, temperatura, entre outros. Em meio a estes, a temperatura influencia diretamente a atividade microbiana e as velocidades das reações bioquímicas, sendo seu estudo de extrema importância nos sistemas biológicos (CASTRO e CORTEZ, 1998; MIRANDA et al., 2006).

O clima tropical brasileiro, em relação às regiões localizadas nas áreas frias do planeta, é facilitador dos ciclos biológicos que proporcionam a degradação anaeróbia, isso não só em termos da biodiversidade detritívora, mas também em relação as condições climáticas em si, atingindo temperaturas médias anuais que garantem os processos biológicos (GALINKIN e BLEY JR., 2009).

As altas temperaturas praticamente todo o ano no Brasil, bem como a grande diversidade fazem com que os micro-organismos detritívoros atuem constantemente. Já as condições climáticas extremamente frias por períodos prolongados nos países do Hemisfério Norte minimizam e algumas vezes até cessam as atividades dos ciclos biológicos, restringindo inclusive a biodiversidade detritívora que é, em geral, menos volumosa que a tropical, limitando o emprego da biodigestão em regiões frias, ou pelo menos a encarecem, porque necessitam de energia térmica para ocorrer (CHERNICHARO, 1997).

Vários são os modelos de biodigestores atualmente, resultados da experiência de alguns países como China e Índia. Sua classificação difere dependendo do modo de operação, o qual pode ser denominado: contínuo ou batelada. No sistema contínuo, os abastecimentos com o material orgânico a ser tratado são periódicos e contínuos, assim como a saída do substrato já tratado. O sistema em batelada recebe um volume total, sendo este retido até o final do processo de degradação e, posteriormente, retirado (MACHADO, 2011).

Segundo Lucas JR. e Santos (2000), biodigestores fáceis de serem operados, manejados e que possuem custos reduzidos, ganham cada dia mais visibilidade. A fórmula para o desenvolvimento e processo apropriados consiste na adoção do biodigestor adequado para a quantidade e tipo de resíduo presente em uma propriedade.

## 4.2 BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE

De acordo com Coelho (2000), a composição média do biogás, resultante da biomassa residual de criatórios de animais está descrita na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição média da mistura gasosa do biogás.

Gases	Intervalo (% vol.)
Metano (CH <sub>4</sub> )	40-70
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	30-60
Outros gases	1-5
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	0-1
Sulfeto de hidrogênio (H <sub>2</sub> S)	0-3

Fonte: Adaptado de Coelho (2000).

Basicamente, a geração de biogás na biodigestão anaeróbia se dá em quatro etapas principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CHERNICHARO, 2007).

Na hidrólise os micro-organismos liberam enzimas extracelulares, para promover a hidrólise das partículas e degradar os sólidos em suspensão maiores em moléculas menores, solúveis no meio (GALINKIN e BLEY JR., 2009; FARIA, 2012).

Na fase acidogênica os produtos solúveis, provenientes da hidrólise, são absorvidos e metabolizados pelas bactérias fermentativas acidogênicas, as quais excretam substâncias orgânicas simples, como: ácidos graxos voláteis, álcoois e compostos minerais, ocorrendo nesta etapa apenas a conversão da matéria orgânica (LOUZADA, 2006).

Na acetogênese as archaeas sintróficas acetogênicas promovem a oxidação de compostos orgânicos intermediários como propionato e butirato em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono (MENDONÇA, 2009).

Por último, na etapa da metanogênese, as archaeas metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, transformando-os em metano. Essa fase limita a velocidade da cadeia de reações devido, sobretudo, à formação de micro bolhas de metano e dióxido de carbono em torno das archaeas metanogênicas, isolando-as do contato direto com a mistura em digestão, por isso a prática de agitação da massa no biodigestor é aconselhável (FARIA, 2012; KUCZMAN, 2007; PINHEIRO, 2006).

O biogás, produto resultante do processo de biodigestão anaeróbia da biomassa, é inflamável em função da quantidade de metano que possui, habilitando-o, assim, também para uso como combustível em turbinas e motores a explosão e, se for acoplado a estes um gerador, pode-se produzir energia elétrica, sendo que seu poder calorífico usual varia entre 5.000 e 7.000 kcal por m<sup>3</sup>, podendo chegar até 12.000 kcal quando purificado (CASAGRANDE, 2003).

Em se tratando da utilização desta biomassa residual transformada em energia elétrica para processos produtivos no espaço rural e que demandam essa energia do Sistema Nacional Integrado, acontecerá o que Sachs (2007) denominou como “energia que menos custa”, ou seja, aquela que deixa de ser adquirida do sistema convencional, cuja produção é feita em centrais, transporta em linhas de transmissão e entregue aos consumidores por meio das linhas de distribuição. Isso resulta em economia nos investimentos da logística da disponibilidade e para acesso da energia elétrica.

Outra possibilidade de usufruir da disponibilidade de energia a partir de biomassa residual é no setor do agronegócio, o qual demanda energia elétrica para manter suas operações infraestruturais, de processos e movimentar cargas agrícolas. Esta última, pode ser atendida por energia elétrica, ocasionando a diminuição do uso de combustíveis de origem fóssil (GALINKIN e BLEY JR., 2009).

A utilização da energia obtida através de unidades geradoras de biomassa residual, de forma descentralizada, por geração distribuída e com o emprego dos biodigestores, pode representar ao agronegócio e à agricultura familiar ampla autonomia energética, além da sustentabilidade econômica e ambiental (BLEY JR., 2008).

Existe a possibilidade, em casos de grande disponibilidade de biogás, que parte da energia produzida além de ser utilizada na própria propriedade, possa ser vendida às concessionárias distribuidoras de energia elétrica, produzindo um novo faturamento em uma propriedade diversificada (MENDONÇA, 2009).

O biofertilizante, outro produto obtido por meio da biodigestão anaeróbia, contém nitrogênio, fósforo e carbono, elementos interessantes para uso na agricultura (AQUINO et al., 2014). Quando este é aplicado no solo melhora suas qualidades físicas, químicas e biológicas (COLDEBELLA, 2006).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A grande evolução tecnológica trouxe soluções, porém com ela também vieram os problemas, para os quais se buscam constantemente alternativas.

O Brasil tem grande potencial para o aproveitamento do biogás gerado pelo tratamento da biomassa resultante das atividades agropecuárias. A utilização de biodigestores deve ser considerada como uma peça relevante no processo de adequação destas atividades, pois seu produto, o biogás, é uma fonte de energia renovável, com vantagens ambientais, sociais e econômicas significativas.

Porém, este novo modelo de desenvolvimento rural sustentável é uma meta a ser alcançada a curto, médio e longo prazos, e demandará, sobretudo, uma quebra de paradigmas por contrariar

interesses e dependerá especialmente da capacidade de transformar conceitos em fatos concretos que afetem a qualidade de vida da sociedade e suas futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. São Paulo – Rio de Janeiro - Campinas: Ed. HUCITEC/ANPOCS/UNICAMP, 1992. Uma nova extensão para a agricultura familiar. In: Seminário Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural. Brasília, DF, Anais, 1997.

ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1998.

ABRAMOVAY, R. **O futuro das regiões rurais**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JR., J.; NASCIMENTO, A.A.; FERREIRA, D.S.; MACHADO, M.R.F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Revista Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1897-1902. 2004.

AMORIN, A.C.; LUCAS JR., J.; RESENDE, K.T. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 16-24. 2004.

ANDRADE, M.A.N.; RANZI, T.J.D.; MUNIZ, R.N.; SILVA, L.G.S.; ELIAS, M.J. Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental. In: Anais do 4º Encontro de energia no meio rural - AGRENER 2002. Campinas: UNICAMP/NIPE, 2002.

BLEY JR., C. **Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas econômicas, sociais, ambientais e energéticas. Curitiba: Itaipu Binacional, 10 p. 2007.

BLEY JR., C. **Agroenergia**. Relatório de Cícero Bley Jr. para o PCT FAO-Itaipu – Projeto Biomassa Residual, capítulo 3, 27 p. 2008. 27 p.

BOFF, L. **Sustentabilidade: O que é – O que não é.** Petrópolis: Vozes, 2012, p. 200.

BRASIL. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento:** de acordo com a Resolução nº 44/228 da Assembleia Geral da ONU (Organização das Nações Unidas), de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas ao meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.

CASAGRANDE, L.F. **Avaliação descritiva de desempenho e sustentabilidade entre uma granja suinícola convencional e outra dotada de biossistema integrado (BSI).** 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CASTRO, L.R.; CORTEZ, L.A.B. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 97-102. 1998.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios.** v. 5. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 245 p. 1997.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:** reatores anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 379 p. 2007.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum.** 2. ed. Tradução de Our common future. 1. ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 430 p. 1991.

COELHO, S.T. (coord. téc.). **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica.** São Paulo: Aneel/Cenbio/Pnud, 218 p. 2000.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais.** 2006. 58 f. Dissertação



(Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2006.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157 p.

FARIA, R.A.P. **Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento de esgoto** – estudo de caso. 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

FRANÇA, C.G.; DEL GROSSI, M.E.; MARQUES, V.P.M.A. **O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. 96 p. Brasília: MDA, 2009. Disponível em: <<http://www.bb.com.br/docs/pub/siteEsp/agro/dwn/CensoAgropecuario.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

FREITAS, J. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 1 ed. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2011.

GALINKIN, M.; BLEY JR., C. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2 ed. rev. Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik Editora, 140 p. 2009.

GANEM, R.S. **De Estocolmo à Rio+20: avanço ou retrocesso?** Cadernos ASLEGIS, 45, 2012.

GREGOLIN, G.C. **Alimentação Escolar e Agricultura Familiar: uma análise sobre a implementação da Lei 11.947/2009 e seu caráter sustentável no Sudoeste do Paraná**. 2016, 195 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, 2016.

GUANZIROLI, C.; ROMEIRO, A.; BUAINAIN, A.M.; DI SABBATO, A.; BITTENCOURT, G. **Agricultura familiar e reforma agrária no século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 284 p. 2001.

KUCZMAN, O. **Tratamento anaeróbio de efluente de fecularia em reator horizontal de uma fase**. 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2007.

LAMARCHE, H. **A agricultura familiar: uma realidade multiforme**. Campinas: Editora da Unicamp, 1993.

LAMARCHE, H. A análise da empresa familiar agrícola ou industrial. **In**: Association des Ruralistes Français. *Lê monde Rural et lês Sciences Sociales: omission ou fascination*. XIX Colóquio da Association des Ruralistes Françaises. Paris, 1994.

LEFF, H. **Discursos sustentáveis**. São Paulo: Cortez, 2010. 293 p.

LOUZADA, A.G. **Avaliação da atividade metanogênica específica de lodos com condicionamento hidrolítico provenientes do sistema UASB + BFs**. 2006. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 2006.

LUCAS JR., J.; SANTOS, T.M.B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. **In**: Anais do Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola. Concórdia: CNPSA, p. 27-43, 2000.

MACHADO, C.R. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar**. 2011. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2011.

MARAFON, G.J. Agricultura familiar, pluriatividade e turismo: reflexões a partir do território fluminense. **Campo-Território Revista de Geografia Agrária**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 17-40. 2006.

MENDONÇA, E.F. **Tratamento anaeróbio de efluentes oriundos da bovinocultura de leite em biodigestor tubular**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2009.

MIRANDA, A.P.; AMARAL, L.A.; LUCAS JR., J. Influência da temperatura na biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos e suínos. **In: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**, p. 2928-2931. 2006.

MONTEIRO, R.B.N.C. **Desenvolvimento de um modelo para estimativas da produção de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Estudos avançados**, 15 (43), 2001.

PECORA, V.; FIGUEIREDO, N.J.V.; COELHO, S.T.; VELÁZQUEZ, S.M.S.G. Nota Técnica VIII - Biogás e o mercado de crédito de carbono. **In: Rio Oil & Gas Expo and Conference 2008**, Rio de Janeiro. 2008.

PINHEIRO, D.M. **Influência da velocidade de recirculação no tratamento anaeróbio de esgoto sintético em biorreator operado em batelada sequencial contendo biomassa granulada**. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2006.

PLEIN, C. **Os mercados da pobreza ou a pobreza dos mercados? As instituições no processo de mercantilização da agricultura familiar na Microrregião de Pitanga, Paraná**. 2012. 266 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Porto Alegre, 2012.

PEREIRA, L.; RIBEIRO, W.R.; PEREIRA, A.A.; LIMA, R.E.V. A construção e o papel ambiental de um biodigestor. **De Magistro de Filosofia**, ano V, n. 9. 2012.

SACHS, I. **A revolução energética do século XXI**. Estudos Avançados. 21. p. 21-38. 2007.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009, 95 p.

SACHS, I. **Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008, 151 p.

SAVOLDI, A.; CUNHA, L.A. Uma abordagem sobre a agricultura familiar, Pronaf e a modernização da agricultura no sudoeste do Paraná na década de 1970. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 25-45. 2010.

SCHNEIDER, S. **A pluriatividade na agricultura familiar**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003.

SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia de Letras, 2010.

SILVA, A.A. **Viabilidade técnica e econômica da implantação da atividade anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de solo e plantas**. 2009. 168 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

SOUZA, C.F.; CAMPOS, J.A. Avaliação do tempo de retenção hidráulica, agitação e temperatura em biodigestores operando com dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 1742-1745, 2007.

TUBALDINI, M.A.S. Desenvolvimento rural e agricultura familiar: reflexões a partir do estudo de caso da cachaça artesanal de Ouro Preto (MG/Brasil) e da aguardente de Medronho (Algarve/Portugal). **Anais... XVIII Encontro Nacional de Geografia Agrária**, 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1, Belo Horizonte: DESAUFMG. 1996.