

Energias renováveis: biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM

Renewable energy: biogas and electricity from pig and cattle waste in UFSM

Murilo Sagrillo Pereira¹, Taís Pentiado Godoy², Leoni Pentiado Godoy³, Wagner Pietrobelli Bueno¹, Roger da Silva Wegner¹

¹Mestrando, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

²Mestre, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

³Professora, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

Resumo

A biomassa ou massa biológica é a matéria orgânica produzida por meio da decomposição de materiais orgânicos como esterco, resíduos agrícolas e até mesmo restos de alimentos, entre outros. Nesse sentido, surge um interesse crescente em preservar o meio ambiente através da sustentabilidade. As empresas de todos os setores econômicos estão priorizando investimentos na produção de energia através de fontes renováveis, mesmo que o retorno não seja elevado em curto prazo, caso dos investimentos ambientais. Considerando-se que a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) possui todos os subsídios necessários para que haja uma gestão de qualidade nesse setor, a presente pesquisa propõe a quantificar possível potencial energético de resíduos gerados por suínos, bovinos de corte e bovinos de leite da UFSM, pretendendo-se, com o auxílio de referencial bibliográfico, obter a produção teórica de biogás por um biodigestor, em condições ideais, assim como, a conversão deste valor em unidade de energia elétrica.

Palavras-chave: *Sustentabilidade, Meio Ambiente, Potencial Energético, Biogás, Energia Elétrica.*

Abstract

Biomass is biological mass or organic matter produced by decomposition of organic materials such as manure, agricultural waste and even remains of foods, among others. In this sense, there is a growing interest in preserving the environment through sustainability. Enterprises of all economic sectors are prioritizing investments in energy production from renewable sources, even if the return is not high in the short term, the case of environmental investments. Considering that the Federal University of Santa Maria (UFSM) has all the necessary support so there is a quality management in this sector, this research proposes to quantify possible energy potential of waste generated by pigs, beef cattle and dairy cattle UFSM, they want it, with the help of bibliographic references, get the theoretical biogas production by a digester, in optimal conditions, as well as the conversion of this amount into electrical energy unit.

Keywords: *Sustainability, Environment, Potential Energy, Biogas, Electricity.*

1 Introdução

A sustentabilidade deixou de ser elemento diferencial nas organizações e passou a ser item indispensável para a sobrevivência das empresas no mercado globalizado. O conceito de desenvolvimento sustentável foi reconhecido internacionalmente em 1972, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, Suécia, marcando a definição do desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades.

As populações humanas que vivem no mundo, e que fazem parte de todas as gerações teriam de absorver o conhecimento sobre a sustentabilidade, repassá-lo e agir coerentemente. Por isso, a questão do desenvolvimento sustentável assumiu importância em termos mundiais, oferecendo conhecimento sobre o aproveitamento dos recursos e na descoberta de novas práticas e alternativas de desenvolvimento. Tudo isso representa a possibilidade de que as populações presentes e futuras cheguem a um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.

Portanto, o maior desafio da humanidade é a busca de aproveitamento sustentável dos recursos naturais, aonde, pesquisas no campo das energias renováveis vêm se intensificando, possibilitando a geração de informações que possibilitem o aproveitamento dos recursos disponíveis na natureza.

Quando o assunto se relaciona a energias renováveis e desenvolvimento tecnológico é importante o aproveitamento do potencial de algumas fontes de energia disponíveis no país como a energia solar, eólica, fotovoltaica e de biomassa. As tecnologias a base de fontes renováveis são atrativas devido as vantagens ambientais, além dos benefícios econômicos e sociais. Essas fontes influenciarão na participação na matriz energética nacional na medida em que as tecnologias de conversão e uso se tornarem disponíveis e forem comparativamente preferidas pelos provedores de serviços de energia e consumidores.

A criação de animais de grande porte, e animais de pequeno porte, principalmente suínos é um dos casos em que o problema é a solução, ou seja, utiliza-se o causador da poluição no meio ambiente na geração de biogás. Os dejetos que esses animais deixam nas pequenas e médias propriedades são prejudiciais ao meio ambiente, lançam um gás que provoca o efeito estufa, que afeta a camada de ozônio e o solo, por meio de infiltração no lençol freático, por meio das chuvas que chegam aos rios e riachos contaminando as águas.

A utilização do biogás, oriundo da biodigestão anaeróbia, tem sido afirmada como uma opção de grande eficiência no tratamento dos dejetos de animais. É importante lembrar que este tipo de resíduo deve receber devida atenção, caso mal manejado, pode ser extremamente prejudicial ao meio ambiente, produzindo gás metano, impactando negativamente na qualidade do ar atmosférico, assim como infiltrar no solo, causando sérios problemas ao alcançar ao lençol freático (DEUBLEIN; STEINHAUSER; 2008).

Devido à importância da sustentabilidade e práticas de responsabilidade socioambiental busca-se estudar o potencial energético dos dejetos gerados no setor rural da UFSM. Vários estudos são encontrados na literatura sobre a geração de energia elétrica a partir do biogás, portanto, a produção de energia elétrica na UFSM contribuiu para a redução dos custos de produção da propriedade em função da diminuição da necessidade de aquisição de energia elétrica da fornecedora.

Assim, destaca-se que a questão de pesquisa a ser respondida é: Quais as quantidades de resíduos sólidos são geradas pelo Departamento de Zootecnia que podem ser aproveitados em geração de energia? Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo quantificar o elemento gerador de biogás e, converter esse valor para unidade de energia elétrica. Existem várias opções de tratamento

destes resíduos, contudo, neste trabalho, será estudada a possibilidade do tratamento por digestão anaeróbia para a produção de biogás.

2 Fundamentação teórica

2.1 Desenvolvimentos sustentáveis

O aprofundamento da crise ambiental, juntamente com a reflexão sistemática sobre a influência da sociedade neste processo, conduziu a um novo conceito: “o desenvolvimento sustentável” (Bellen; 2004). Este conceito alcançou um destaque inusitado a partir da década de 1990, tornando-se um dos termos mais utilizados para se definir um novo modelo de crescimento.

A sustentabilidade caracteriza-se, não como um estado fixo de harmonia, mas como um processo de mudanças, no qual se compatibiliza a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais com o presente e o futuro. No entanto, para que essas práticas sustentáveis sejam incorporadas na cultura da humanidade é necessário gerar o autodesenvolvimento (FASOLIN; et al.; 2014; CANEPA; 2007).

Desenvolvimento local pode ser definido como a valorização das suas próprias características (AZEVEDO; 2006) afirmando uma identidade local para crescimento regional. Assim, uma sociedade é sustentável, “ao atender, simultaneamente, aos critérios de relevância social, prudência ecológica e viabilidade econômica, os três pilares do desenvolvimento sustentável” (SACHS; 2002, p.35). É nesse sentido, que se pode afirmar que a sustentabilidade está voltada para as questões ambientais, além de englobar o campo social e econômico, sendo integrados para que todo o potencial almejado seja alcançado.

2.2 Biomassa e biogás

Pode ser considerada biomassa todo recurso renovável que provém de matéria orgânica - de origem vegetal ou animal - tendo por objetivo principal a produção de energia. Esta é uma forma indireta de aproveitamento da luz solar: ocorre à conversão da radiação solar em energia química por meio da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. O uso de energia limpa, como a proveniente de biomassa do capim-elefante, está no rol das alternativas para a redução de 40% a 70% nas emissões de gases até 2050, conforme definido na Conferência das Partes (COP-20) realizada no Peru em dezembro de 2014.

Higman e Burgt (2003), biomassa é toda e qualquer matéria bruta derivada de organismos vivos incluindo culturas alimentares, gramíneas e plantas lenhosas, resíduos da agricultura e silvicultura, algas ricas em óleo, e ainda, componentes orgânicas de resíduos urbanos e industriais (NREL; 2012).

Assim, a biomassa vegetal e animal possuem características semelhantes quando o assunto é aproveitamento energético. Mas é importante entender as suas diferenças e como essas formas renováveis colaboram para o desenvolvimento da matriz energética nacional.

Dados da ANEEL (2005), as principais formas de conversão energética de biomassa são combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra), processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação).

Biomassa é matéria orgânica, morta ou viva, existente nos organismos (animais ou vegetais) de uma determinada comunidade. Podem ser recuperadas através dos resíduos florestais, agrícolas, pecuários e até mesmo urbanos, podendo ser-lhe dadas algumas utilizações úteis, entre as quais a fertilização dos solos para agricultura ou a produção de energia primária.

Informações do último Balanço Nacional Energético (EPE; 2014), apontam que 51,10% do total de energia obtida a partir de geração por biomassa no Brasil foi utilizado para suprir necessidades industriais de energia, 28,80% para necessidades no setor de alimentos e bebidas e 17,50% nos transportes. Tais parcelas são referentes a todos os tipos de geração possíveis a partir de biomassa,

incluindo biodiesel e etanol. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética a participação da biomassa, no que corresponde à capacidade instalada, vai chegar à aproximadamente 9 megawatts em 2020 e que a maior parte será proveniente da cana-de-açúcar (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; 2007).

O biogás pode ser obtido na degradação da matéria orgânica, é composto principalmente por gás metano; é um gás de efeito estufa que contribui com o aquecimento global. Na literatura os estudos mostram que o biogás é um gás inflamável, de composição formada principalmente por gás metano inodora incolor e insípida com mau cheiro atribuído ao gás sulfídrico que é o componente de menor porcentagem (DEUBLEIN; STEINHAUSER; 2008). O autor afirma ainda que o biogás é constituído de 55 a 70% de metano (CH_4) e 30 a 45% de dióxido de carbono (CO_2), mas também contém resquícios de outros gases.

O biogás é uma mistura gasosa formada especialmente por metano (CH_4 - em torno de 50%) e de dióxido de carbono (CO_2 - acima de 30%, conforme a Tabela 1).

Tabela 1 - Composição do biogás

Gases	%
Metano (CH_4)	50 a 70
Dióxido de carbono (CO_2)	30 a 40
Nitrogênio (N_2)	0 a 10
Hidrogênio (H_2)	0 a 5
Oxigênio (O_2)	0 a 1
Gás sulfídrico (H_2S)	0 a 1
Vapor d'água [⊗]	0,3 [⊗]

Fonte: Adaptado de WALSH JR. et al, (1998); BRETON et al., (2004)

A conversão energética do biogás pode ser apresentada como uma solução para o grande volume de resíduos produzidos, visto que reduz o potencial tóxico das emissões de metano ao mesmo tempo em que produz energia elétrica agregando, desta forma, ganho ambiental e redução de custos (COSTA; 2002).

Os gases são liberados pela fermentação dos resíduos através da produção de bactérias, assim surge o biogás. Após a fermentação é necessário passar por processos de limpeza chamados de desumidificação (OLIVEIRA; 2008). Para se obter o biogás é imprescindível o processo que se dá através da decomposição anaeróbica, que se desenvolve ao longo de três fases distintas: liquefação, acidulação e gaseificação (MAGALHÃES; 1980).

O autor ainda mostra que, o biogás é considerado um combustível gasoso que possui um conteúdo energético muito elevado, alto poder calorífico, semelhante ao do gás natural, podendo ser aproveitado como energias renováveis.

É extremamente importante em qualquer atividade a verificação da qualidade do produto, que para este caso é o biogás. Para que o biogás possa ser aproveitado de forma otimizada, o metano gerado deve ser predominantemente equivalente a 70% ou mais do total de gases gerados no processo (MARQUES; et al.; 2014).

Em atendimento à questão de aproveitamento otimizada do biogás, a Embrapa lançou em 2008 o 'Kit biogás', que foi desenvolvido com o objetivo de ajudar os agricultores a medir a qualidade do gás, e subsidiar a entrada dos processos anaeróbios no mercado de créditos de carbono (BOAS; 2008). É extremamente importante em qualquer atividade a verificação da qualidade do produto, que para este caso é o biogás. Para que este possa ser aproveitado de forma otimizada, o metano gerado deve ser predominantemente equivalente a 70% ou mais do total de gases gerados no processo (MARQUES; et al.; 2014).

Em atendimento à questão de aproveitamento otimizada do biogás, a Embrapa lançou em 2008 o 'Kit biogás', que foi desenvolvido com o objetivo de ajudar os agricultores a medir a qualidade do gás, e subsidiar a entrada dos processos anaeróbios no mercado de créditos de carbono. Existem diversas tecnologias capazes de efetuar a conversão energética ou utilização do biogás.

2.3 Gerações de energia a partir de biogás – biodigestor

O uso dos biodigestores para o tratamento principalmente de dejetos de animais é amplamente disseminado em todo o mundo, tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. O biodigestor é um recipiente onde é depositado material orgânico, que será diluído em água, passando por um processo de fermentação anaeróbica, na qual resultará no biofertilizante e biogás (DEUBLEIN; STEINHAUSER; 2008; GASPAR; 2003). Essa produção de biogás a partir de biomassa pode ser utilizada como substratos para a produção do biogás, mas, a maioria dos biodigestores utiliza esterco líquido para a fermentação (DEUBLEIN; STEINHAUSER; 2008).

Há organizações ligadas às atividades de suinocultura, devem assumir uma postura séria priorizando ações cujo intuito seja melhorar a qualidade do meio ambiente onde está inserida, uma vez que, possuem impactos ambientais significativos (KONZEN; 2006). O principal equipamento desse processo de conversão de biomassa, em biogás, é o biodigestor.

O processo de transformação que ocorre nos biodigestores é chamado digestão anaeróbia e, é favorecido, pela umidade e aquecimento. Consiste, basicamente, na decomposição do material pela ação de bactérias (microrganismos acidogênicos e metanogênicos), altamente vorazes, que em condições ideais, passam a predominar no meio, provocando a degradação de forma acelerada. Este processo ocorre de forma simples e natural com quase todos os compostos orgânicos (ANEEL; 2005; COELHO; et al.; 2006).

Para a conversão energética do biogás, conta-se atualmente com diversas tecnologias, sendo as de uso mais frequente: (COELHO; et al.; 2006):

A energia mecânica resultante da conversão energética ativa um gerador que por sua vez converte em energia elétrica;

A queima direta do biogás em caldeiras para cogeração;

Tecnologias remanescentes, porém atualmente não comerciais, como a célula combustível, turbinas a gás, além dos motores de combustão interna do tipo “ciclo Otto”.

Além da economia existem outras vantagens ligadas ao desenvolvimento da tecnologia como: envio de dejetos de animais para o biodigestor evita que estes sejam jogados no meio ambiente sem tratamento, contaminando nascentes e lençóis freáticos os principais beneficiários do equipamento é o agricultor pelo aproveitamento dos dejetos para a produção do biogás e o biofertilizante e o meio ambiente em geral.

3 Metodologia

O estudo de energias renováveis foi iniciado através de uma pesquisa bibliográfica, com base em leitura de livros e periódicos. Para o desenvolvimento deste trabalho foram consideradas abordagens qualitativa e quantitativa. Isso porque o método qualitativo procurou analisar o problema através da observação e descrição dos fatos, sem fazer uso de ferramentas estatísticas (RICHARDSON; 2008). Para o autor, o método quantitativo, apresenta como principal característica, o emprego da quantificação tanto no processo de coleta de informações quanto no seu tratamento, valendo-se de técnicas que se utilizaram de cálculos.

Quanto à técnica de pesquisa, nesta utilizou-se a documental. Para Marconi e Lakatos (2002, p. 62) a fonte de coleta de dados, não está restrita, a documentos escritos, pode ser oral, constituindo o que se denomina de fontes primárias. Além de dados documentais houve contribuição de professores e alunos do Curso de Zootecnia no levantamento das quantidades de massas dos dejetos produzidos no Campus.

De acordo com entrevista feita com professores e estudantes do departamento de zootecnia, o setor de bovinos de corte da UFSM, conta com, em média, 600 animais cujos dejetos têm potencial para conversão energética. Há que se considerar que a criação dos animais é feita de duas formas, no campo e em confinamento. Sabendo-se que, para a adequada quantificação dos dejetos gerados, os animais devem estar, necessariamente, em confinamento, pois, no campo a coleta se torna praticamente inviável, o pavilhão de confinamento conta com 24 boxes, sendo que, em cada um deles,

apenas 1 animal pode ser alocado. Logo a quantia de animais, a ser avaliada nesse setor, corresponde ao número de boxes disponíveis e, portanto, será de 24.

O setor responsável pelos bovinos de leite na instituição, conta com 15 animais. A utilização dos dejetos gerados por estes, também impõe obstáculos, no sentido que esse setor é dividido em três laboratórios: laboratório de bovinocultura de leite, que possui em média 15 animais, o de Bromatologia, dos alimentos da nutrição animal e de Forragicultura, que estuda a melhor forma de criação de animais, realizando pesquisas em campo nativo e campo cultivado. Conforme levantamento feito junto aos professores desses laboratórios, somente os animais do laboratório de bovinocultura de leite passam por um confinamento diário de aproximadamente 1 hora, que é dedicada à ordenha. Quanto aos dejetos gerados por estes animais confinados, é obtido um valor médio de 20kg/dia, levando-se em conta de que cada animal pesa em torno de 500Kg. Porém, esse material já tem destino, sendo utilizado em pesquisas pelos alunos do curso de zootecnia e como adubo para o pasto, tornando-se, assim, inutilizável para este projeto. Os animais do Bromatologia e Forragicultura ficam normalmente no pasto, exceto os casos em que passam por algum estudo.

A quantificação no setor da suinocultura é um tanto quanto mais complexa visto que, segundo informações do próprio setor, o número de suínos é muito relativo, podendo variar diariamente. No momento da coleta das informações, por exemplo, eram 8 animais sendo que estes podiam ser vendidos a qualquer momento. Em situações de experimentos internos, dos próprios estudantes de zootecnia, o número de animais pode chegar, em média, a 40 suínos. Entretanto, estimar a quantia de vezes que esses experimentos ocorrem é tão complicado quanto estimar o número de animais, visto que dependem dos professores que não possuem planejamento para a ação em um horizonte temporal que possa ser útil. Deste modo, para fins deste estudo, será utilizada, como base, a quantia de 25 suínos.

Para se chegar ao objetivo delimitado pelo trabalho, foi necessário aliar os dados quantificados, com considerações relacionadas à conversão de unidades, que foram pesquisadas na literatura. São elas:

A produção dejetos para suínos é de 2,35kg/dia e, para bovinos de corte e leite é 12,5kg/dia (KONZEN; 2006);

O volume de biogás produzido por kg de dejetos é de 0,075m³/kg para suínos; 0,04m³/kg para bovinos de corte e; 0,049m³/kg para bovinos de leite. (WINROCK INTERNATIONAL BRAZIL; 2008);

A quantia de 0,6m³ de biogás equivale a 1kWh (WINROCK INTERNATIONAL BRAZIL; 2008).

Logo, a partir dessa aliança, seria possível transformar os dados primários em dados úteis e finais para a pesquisa.

4 Resultados e discussão

4.1 Cálculos da produção de biogás

Os cálculos de potencial energético teóricos foram realizados considerando-se dois cenários distintos, em condições ideais, para o funcionamento do biodigestor. O primeiro cenário conta com a utilização de todos os dejetos gerados, enquanto que o segundo respeita as restrições definidas no tópico anteriormente mencionado, utilizando somente os dejetos que estariam realmente disponíveis.

Segue tabelas referentes aos cálculos citados, respectivamente, onde a Tabela 2 relata o primeiro cenário e a Tabela 3 descreve o segundo.

Tabela 2 – Cálculo da produção de biogás com todos os dejetos

	SUINOS	BOVINOS DE CORTE	BOVINOS DE LEITE
Total de animais	25	600	15
Total de dejetos/dia	60kg*	7500kg*	190kg*
Total de biogás/dia	4,5m ³ /dia**	300m ³ /dia**	9,2m ³ /dia**
Total de biogás/mês	132m ³ /mês	9000m ³ /mês	276m ³ /mês
Energia elétrica/mês	220kWh/mês***	15000kWh/mês***	460kWh/mês***
Total em biogás	9407m ³ /mês		
Total em energia elétrica	15680kWh/mês		

Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

Caso fosse disposta toda essa oferta de dejetos o investimento seria ligeiramente atrativo, entretanto não se tem uma produção diária padrão e, também, parte dos dejetos já estão destinados para outros fins, conforme apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo da produção do biogás com os dejetos disponíveis

	SUINOS	BOVINOS DE CORTE	BOVINOS DE LEITE
Total de animais	25	24	0
Total de dejetos/dia	60kg*	300kg*	0kg*
Total de biogás/dia	4,5m ³ /dia**	12m ³ /dia**	0m ³ /dia**
Total de biogás/mês	132m ³ /mês	360m ³ /mês	0m ³ /mês
Energia elétrica/mês	220kWh/mês***	600kWh/mês***	0kWh/mês***
Total em biogás	492m ³ /mês		
Total em energia elétrica	820kWh/mês		

Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

Conforme valores explanados nas Tabelas 3 e 4, pode-se observar que há uma grande diferença de potencial, originária entre a quantia total de dejetos e a quantidade que realmente pode ser utilizada para a produção de biogás. Comparando com a primeira situação, o potencial é, aproximadamente, vinte vezes maior que o segundo em relação ao total de energia que pode ser produzido, quando referido a produção de biogás e, conseqüentemente, à produção de energia elétrica.

5 Conclusões

Pode-se concluir que a instituição possui grande potencial energético oriundo dos departamentos de suinocultura e bovinocultura de corte e leite. Entretanto, a integral disponibilidade de dejetos é visivelmente inviável, pois, são de difícil captação ou tem destino pré-determinado.

O potencial energético avaliado neste estudo pode ser visto como oportunidade de investimento para um futuro próximo, pois além de reduzir custos com a utilização da energia, evidencia o quanto pode ser significativo à preservação do meio ambiente, com aproveitamento dos dejetos retirando da natureza.

A pesquisa caracterizou-se como relevante para a comunidade da região e estado do Rio Grande do Sul, que possui uma pecuária muito forte em bovinocultura, além de suinocultura e criação de aves, que produzem a matéria do biogás.

Pode-se verificar o potencial energético que se dispõe para alcançar a sustentabilidade, quando se refere sobre energias renováveis, que além de diminuir custos para as propriedades com a utilização da energia, evidencia o quanto pode ser significativo à preservação do meio ambiente.

Agradecimentos

A CAPES e CNPq pelo apoio e incentivo aos pesquisadores dos programas de pós-graduação e pesquisa.

Referencias

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Atlas de Energia Elétrica. 2 ed. 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. Acesso em 02 maio 2013.
- AZEVEDO, A. L. V. Indicadores de sustentabilidade empresarial no Brasil: uma avaliação do Relatório do CEBDS. Revista Iberoamericana de Economia Ecológica, v. 5, p. 75-93, 2006.
- BELLEN, H. M. V. Desenvolvimento Sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. Revista Ambiente & Sociedade. Vol. VII, nº 1 Jan./jun. 2004.
- BOAS, J.V. Kit mostra a qualidade do biogás. Brasília, 21 jul. 2008. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2008/janeiro/4a-semana/kit-mostra-a-qualidade-do-biogas>>. Acesso em 10 abril 2013.
- BRETON, J. et al. Renewable energy sources and Technologies on farm systems: focusing on Dasih scenario. The Royal Veterinary and agricultural University, Denmark: Department of Agricultural Sciences, 2004.
- CANEPA, Carla. Cidades Sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade. São Paulo: Editora RCS, 2007.
- COELHO, S. T. et al. A conversão da fonte renovável biogás em energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (CBPE), 5, 2006, Brasília. Anais... Brasília: V CBPE, 2006.
- CONFERÊNCIA DAS PARTES – COP-20. 2014. Disponível em:<http://www.wwf.org.br/wwf_brasil/?42902/COP20-Desenho-de-novo-acordo-climtico-ainda-tem-lacunas-importantes>. Acessado em: Abril, 2015.
- COSTA, D. F. Biomassa como fonte de energia, conversão e utilização. (Monografia). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço nacional energético 2014: ano base 2013. Rio de Janeiro: EPE, 2014.
- FASOLIN, L. B. et al. Relação entre o Índice de Sustentabilidade e os Indicadores Econômico-financeiros das empresas de energia brasileiras. Revista em Gestão, Educação e Tecnologia, (REGTE). Issn 2236 1170, v. 18, n. 2. Mai-Ago, pp. 955-981, 2014.
- GASPAR, R. M. B. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR. 2003. 119 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- HIGMAN, C.; BURGT, M. V. D. Elsevier Science, Gasification, Gulf Professional Publishing: Feedstocks and Feedstock Characteristics. 1 ed., cap. 4, Burlington, MA, USA, 2003.
- KONZEN, E. A. Viabilidade ambiental e econômica de dejetos de suínos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.
- MAGALHÃES, A. P. T. Biogás: um projeto de saneamento urbano. São Paulo: Nobel, 1980.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. 7 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

MARQUES, S. M. A. A. et al. Produção de biofertilizante, adubo orgânico e biogás para agricultura familiar. Revista em Gestão, Educação e Tecnologia, (REGET). Issn 2236 1170, v. 18, n 3 Set-Dez, PP. 990-999, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 2007. Disponível em: <http://antigo.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spi/plano_plurianual/avaliacao_PPA/elatorio_2007/07_PPA_Aval_cad15_MME.pdf> Acessado em: Abril 2015.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY – NREL. Biomass Energy Basics. Washington, 30 maio 2012. Disponível em: <http://www.nrel.gov/learning/re_biomass.html>. Acesso em: 28 mar. 2013.

OLIVEIRA, P. A. V. Projeto de biodigestor para produção de biogás em sistema de produção de suínos. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo=263>. Acesso em 25 set 2008.

RICHARDSON, R. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SACHS, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

WALH JUNIOR, J. et al. Handbook on biogás utilization, U.S. Department of energy. 1998. 156p.

WINROCK INTERNATIONAL BRAZIL. 2008. Disponível em: http://www.winrock.org/sites/default/files/publications/attachments/2008_global_projects_and_financial_statement.pdf. Acessado em: Abril 2015.