



A SUINOCULTURA BRASILEIRA E SEU POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOENERGIA ATRAVÉS DO TRATAMENTO DOS DEJETOS SUÍNOS

BRAZILIAN SUINOCULTURE AND ITS BIOENERGY GENERATION POTENTIAL THROUGH THE TREATMENT OF SWINE WASTE

Autor(es): Fabrício Oliveira Leitão¹; Warley Henrique da Silva¹; Amanda Cristina Gaban Filippi^{1e2}; Jorge Alfredo Cerqueira Streit.

Filiação: Universidade de Brasília¹ e Universidade Federal de Goiás²

E-mail: fabricioleitoadm@unb.br; warleyhsunai@gmail.com;

amandagaban@hotmail.com; jorgealfredocs@gmail.com

Grupo de Pesquisa: QUESTÃO AMBIENTAL, AGROECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

Resumo

A inclusão de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira é pauta de discussões há anos. Nesse sentido, o objetivo deste artigo consiste em quantificar e analisar o potencial de geração de energia elétrica através do biogás oriundo do tratamento de dejetos da suinocultura no Brasil. Para a coleta dos dados foram utilizadas a observação direta, revisão sistemática de literatura e levantamento documental. Em termos metodológicos, o potencial energético da suinocultura brasileira foi analisado a partir da mensuração do total de efluentes gerados pelos sistemas de criação com matrizes tecnificadas e do biogás gerado com a instalação de biodigestores e posterior conversão em KW/h. Como principais resultados foi possível demonstrar que um total de 1.600.000 matrizes tecnificadas, e com uma potência de geração de biogás de 0,775 m³/dia/animal, seria possível produzir 115.200 m³/dia de biogás. Esse resultado evidencia o potencial da geração de energia existente a partir do tratamento de dejetos na suinocultura brasileira, e fonte energética alternativa e renovável, que pode ser usada nas próprias propriedades agrícolas. Ademais, esse trabalho pode motivar novas pesquisas relacionadas com Agroenergia e Condomínios Rurais.

Palavras-chave: Biogás. Energia Sustentável. Suinocultura.

Abstract

The inclusion of renewable energy sources in the Brazilian energy matrix has been the subject of discussions for years. In this sense, the objective of this article is to quantify and analyze the potential of electric energy generation through biogas from the swine manure treatment in Brazil. Data were collected through direct observation, systematic literature review and documentary survey. In methodological terms, the energy potential of Brazilian swine was analyzed by measuring the total effluents generated by the breeding systems with technological matrices and the biogas generated with the installation of biodigesters and subsequent conversion into KW / h. As main results, it was possible to demonstrate that a total of 1,600,000 biomass matrices, with a biogas production power of 0.775 m³ / day / animal, could produce 115,200 m³ / day of biogas. This result evidences the potential of existing energy generation from waste treatment in Brazilian pig farms, and an alternative and renewable energy source that can be used on the farms themselves. In addition, this work may motivate new research related to Agroenergy and Rural Condos.

Key words: Biogas; Sustainable Energy; Pig activity.



1. INTRODUÇÃO

A inclusão de fontes renováveis de energia no ambiente industrial e residencial do Brasil é pauta de discussões há muito tempo. Ainda na década de 80, a Comissão Nacional de Energia já ressaltava que ações vigorosas voltadas para a substituição da eletricidade por outras formas de energia renováveis, bem como para a redução de desperdícios através de medidas conservacionistas deveriam iniciar imediatamente. A utilização do gás natural e do biogás receberam destaque neste sentido.

Atualmente, o cenário não é diferente. Street (2015) em estudo acerca da crise energética no Brasil destaca que o sistema elétrico do país foi projetado visando tirar proveito da vasta disponibilidade de recursos hídricos existentes. Ainda segundo o autor, no período chuvoso, a participação das hidrelétricas no atendimento ao consumo ultrapassa os 90%. Em virtude das variações nos níveis de chuvas e por consequência dos rios, frequentemente é preciso recorrer às termelétricas para complementar a operação (STREET, 2015). Todavia, tanto as hidrelétricas quanto as termelétricas são matrizes energéticas de alto custo de implantação e ambientalmente prejudiciais.

Neste cenário, o biogás, oriundo do tratamento dos dejetos suínos, surge como uma alternativa para a inclusão de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira. O biogás é formado a partir da mistura de metano (CH₄) e de gás carbônico (CO₂), cujas concentrações são de 65% e 35%, respectivamente (GUSMÃO, 2008). Embora seja possível a comercialização, Martins e Oliveira (2011) relatam ser mais vantajoso economicamente o uso desta energia na propriedade rural, substituindo ou reduzindo a aquisição da energia elétrica distribuída pela concessionária.

A Resolução Normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, de abril de 2012, estabelece as condições gerais para micro geração e minigeração distribuída, bem como o sistema de compensação de energia elétrica. A partir de então, a energia elétrica produzida do biogás dos dejetos da suinocultura pode ser inserida no sistema de distribuição da concessionária estadual e utilizada em um prazo de 36 meses (ANEEL, 2012).

O capítulo III da resolução da ANEEL trata do sistema de compensação da energia elétrica a partir da microgeração. Para fins de compensação, a energia ativa inserida no sistema de distribuição pela unidade consumidora, por exemplo uma granja de suínos, será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 36 meses. Esse crédito de energia elétrica poderá ser utilizado pela própria unidade geradora em épocas de alto consumo (acima da geração) ou em outras unidades consumidoras cadastradas no mesmo CPF ou CNPJ que consumam energia da mesma concessionária.

O fato em questão favorece a competitividade do setor, haja vista que nos sistemas de criação de suínos no Brasil, o custo com energia elétrica corresponde a 3,98% dos custos totais de produção, em média (CONAB, 2014). Em estados como o de Minas Gerais, por exemplo, onde existe maior incidência de tributos sobre a energia elétrica, este percentual chega a 7,43%.

Adicionalmente, nesse sistema de produção bioenergética, a verificação da viabilidade econômica se torna necessária. Os estudos de Coldebella et al., (2008), Cervi Esperancini e Bueno (2010) e Almeida et al., (2017) demonstram que o sistema de produção de biogás é potencialmente viável do ponto de vista econômico. Além disso, o tempo de retorno do investimento torna-se atrativo com a intensificação do uso do sistema, como também, existe



potencial para criação e desenvolvimento de Condomínios de Agroenergia (ALMEIDA et al., 2017).

Oliveira e Higarashi (2006) destacam que a análise do recurso produtivo energia é significativa nos sistemas de criação de suínos no Brasil em virtude de sua interferência no custo final de produção. Os autores ainda ressaltam que este fator deve ser melhor trabalhado, considerando que as oscilações de preço e consumo podem reduzir a competitividade do setor.

Além disso, o tratamento de dejetos suínos é uma alternativa tecnológica para minimizar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) e mitigar as mudanças climáticas. Em função disso, integra as estratégias do Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Frente ao exposto, este artigo tem como objetivo quantificar e analisar o potencial de geração de energia elétrica através do biogás oriundo do tratamento de dejetos da atividade de suinocultura no Brasil.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS PRODUTIVOS, ECONÔMICOS E ORGANIZACIONAIS DA SUINOCULTURA BRASILEIRA

No Brasil, a cadeia produtiva de suínos reúne aproximadamente 50 mil produtores que atuam em granjas diversificadas, principalmente, no quesito área de exploração. Apesar de ser grande o número de pequenos produtores, é cada vez mais significativa a produção de suínos em grandes unidades produtivas (ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS, 2015).

De acordo com Gervásio (2015), a suinocultura no Brasil atualmente é uma atividade exercida, em sua maioria, de forma integrada à indústria, sendo os produtores independentes a parcela menor representando menos de 25% da produção total.

Os sistemas de produção em carácter integrado tem o objetivo de produzir de acordo com as normas e fornecer o produto com qualidade e características solicitadas pela indústria, que por sua vez, se responsabilizam pelo processamento e distribuição aos pontos de venda e finalmente pela promoção do produto para o mercado consumidor com ações de marketing (ROCHA, 2006; MIELE; WAQUIL, 2006; BÁNKUT; SOUZA, 2014).

Geograficamente, as propriedades de suínos no Brasil se concentram na região Sul, detendo 60% das matrizes tecnificadas alojadas, com o estado de Santa Catarina sendo o principal produtor. A região Sudeste também é destaque neste segmento (ver Tabela 1).



Tabela 1 - Matrizes tecnificadas alojadas no Brasil por unidade federativa.

Unidade Federativa	Número de matrizes tecnificadas
Santa Catarina	400.000
Rio Grande do Sul	314.000
Paraná	265.000
Minas Gerais	245.000
São Paulo	82.000
Mato Grosso	106.000
Goiás	83.000
Mato Grosso do Sul	51.749
Espirito Santo	18.660
Distrito Federal	11.000
Ceará	8.000
Bahia	6.000
Outros	9.591
Total	1.600.000

Fonte: ABCS, 2015.

Um dos motivos que permitem explicar esse expressivo patamar produtivo é a estruturação da atividade em torno das agroindústrias de abate e processamento de carne, sistema conhecido como integração contratual ou simplesmente sistema de integração (ABCS, 2015). Ainda segundo esta fonte, além do sistema de produção e das agroindústrias de processamento, o Brasil conta ainda com uma enorme estrutura de fornecimento de insumos e serviços para granjas de suínos. São indústrias de rações, medicamentos, suplementos minerais e vitamínicos, vacinas, equipamentos, empresas de genética, assistência veterinária, entre outros.

Em termos de volume de produção, o Brasil produz aproximadamente 3,5 milhões de toneladas, o que o coloca na quarta colocação no ranking internacional da produção de carne suína. Com relação às exportações o Brasil também ocupa a 4º posição no ranking mundial, com volume médio de 500 a 550 mil toneladas/ano (ABCS, 2015; RODRIGUES et al., 2015).

2.2 FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL E ALTERNATIVA

No setor agropecuário, o crescimento da produção de alimentos está diretamente relacionado à produção de energia (COLDEBELLA et al., 2008). O tratamento de resíduos ou dejetos oriundos da produção, de acordo com Souza, Pereira e Pavam (2004), são alternativas de geração de energia não poluentes e economicamente viáveis quanto tratadas da forma correta.

Este fato corrobora com as afirmações de Lorenzo (1994). Segundo o autor, ainda na década de 90 do século passado, a eficiência energética e redução no consumo, bem como o fornecimento futuro da demanda, deverão ser baseados nas fontes renováveis, que deverão formar o alicerce da matriz energética mundial.

No Brasil, o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia) pode ser entendido como uma das principais estratégias do governo no intuito de estimular a criação de fontes alternativas de energia. O programa foi criado através da Lei nº 10.438/02, tendo o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica gerada por Produtores Independentes Autônomos (PIA) a partir de fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas (PCH's) e biomassa no sistema interligado nacional (BRASIL, 2016).



O desenvolvimento desta política pública abre uma oportunidade para que sistemas de geração de energia elétrica que fazem o uso do biogás como fonte primária de energia sejam implantados e, por consequência, promovam a participação desta fonte renovável alternativa de energia na matriz energética nacional.

Para Costa e Prates (2005), as novas fontes renováveis de energia – biomassa, eólica, solar, de marés, pequenas centrais hidroelétricas (PCHs) – têm se constituído em alternativas às fontes tradicionais. Considerando o caso do Brasil, a existência de fontes renováveis na matriz energética é significativa, principalmente a hidroeletricidade, conforme revelam os dados da Tabela 2.

Tabela 2 - Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE).

Especificação	GWh		2014/2013 %	Estrutura (%)	
	2013	2014			
Hidro	390.992	373.439	-4,5	64	59,8
Bagaco de Cana	29.871	32.303	8,1	4,9	5,2
Eólica	6.578	12.210	85,6	1,1	2
Solar	5	16	235,5	0,001	0,003
Outras Renováveis	10.600	13.879	30,9	1,7	2,2
Óleo	22.090	31.668	43,4	3,6	5,1
Gás Natural	69.003	81.075	17,5	11,3	13
Carvão	14.801	18.385	24,2	2,4	2,9
Nuclear	15.450	15.378	-0,5	2,5	2,5
Outras Não-Renováveis	11.444	12.125	5,9	1,9	1,9
Importação	40.334	33.775		6,6	5,4
TOTAL	611.169	624.254	2,1	100	100

Fonte: Adaptado de Bajay e Badanhhan (2015).

Os dados do Ministério de Minas e Energia, que compõem a publicação anual intitulada por Resenha Energética Brasileira, permitem verificar que em 2014, a OIEE chegou a 624,3 TWh. O valor é superior (2,1%) àquele verificado no ano de 2013, que correspondeu a 611,2 TWh. Convém destacar os aumentos de 85,6% na oferta por eólica, de 43,4% por óleo, e de 30,9% por lixívia e outras renováveis (BAJAY; BADANHAN, 2015).

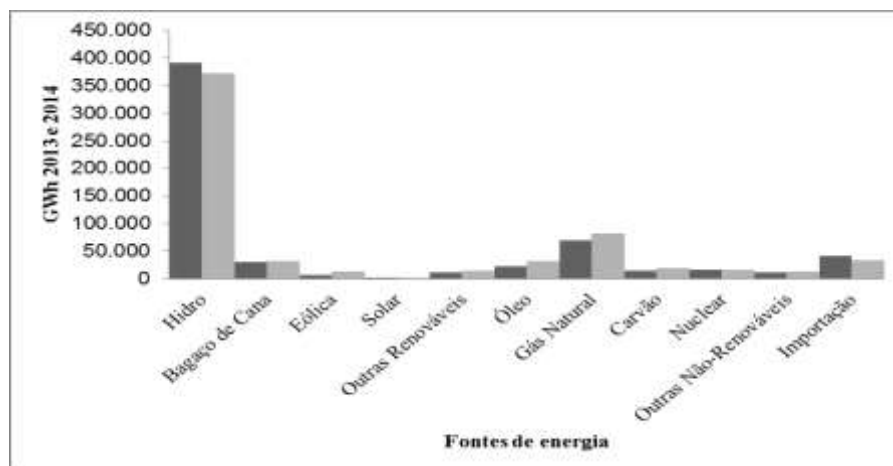


Figura 1: Histograma da OIEE nos anos de 2013 e 2014, respectivamente.



Adicionalmente, os dados da Figura 1, permitem compreender representatividade e redução da geração hidráulica, correspondendo a 65,2% na estrutura da OIEE, incluindo a importação de Itaipu, contra 70,6% verificados em 2013 (BAJAY; BADANHAN, 2015).

Souza, Pereira e Pavan (2004) destacam que quaisquer possibilidades de geração de energia por fontes descentralizadas e em pequena escala é fundamental para o desenvolvimento sustentável, sobretudo em países com grandes extensões territoriais, como o caso do Brasil, por exemplo.

Além disso, a produção de bioenergia na agropecuária, sob a forma de Condomínios Rurais ou Condomínios de Agroenergia, estão se desenvolvendo e ganhando espaço. É o que demonstram os trabalhos de Almeida et al. (2017) e De Paula et al. (2011). De acordo com os autores, os Condomínios de Agroenergia são fazendas vizinhas agropecuárias, que acumulam o biogás produzido e o utilizam na geração de energia, podendo ser utilizada na própria unidade produtiva.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo se caracteriza como um estudo exploratório, uma vez que possibilita levantar e discutir temas que poderão servir posteriormente a outras pesquisas. A natureza das variáveis estudadas são quali-quantitativas (ENSSLIN; VIANNA, 2008). Para a coleta dos dados foram utilizadas as técnicas de observação direta, revisão sistemática da literatura e levantamento documental.

Em termos metodológicos, o potencial energético da suinocultura brasileira foi analisado a partir da mensuração do total de efluentes gerados pelos sistemas de produção de suínos e do biogás gerado com a instalação de biodigestores.

Para tanto, foi necessário levantar o número de matrizes suína em ciclo completo, que de acordo com Souza, Pereira e Pavan (2004), gera 72 litros de dejetos/dia, cujo potencial de geração de biogás é de 0,775 m³/dia. O poder calorífico do biogás é de 6,5 KWh/m³ e a eficiência de conversão do biogás em energia elétrica com grupos geradores (motores ciclo Otto) é de aproximadamente 25% (CCE, 2000).

Em posse dos dados referente ao rebanho de matrizes suínas no Brasil, foi possível mensurar o volume total de dejetos gerados por dia, haja vista que cada animal em ciclo reprodutivo gera 72 litros de dejetos/dia (SOUZA; PEREIRA; PAVAN, 2004). Ademais, foi calculado este valor em metros cúbicos e o mesmo foi multiplicado pelo valor correspondente a potência de geração de biogás (0,775).

Com estes dados, foi possível quantificar a produção de biogás por hora (dividindo o valor por 24). Por fim, para mensurar a produção de energia em KW/h, foi feito um cálculo multiplicando o valor encontrado por 1,625, (6,5 KWh/m³ x 0,25%). Assim, foi possível chegar ao valor referente ao potencial de geração de energia elétrica a partir do tratamento dos dejetos suínos e posterior utilização do biogás.

Considerando que, de acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, uma residência popular consome em média 75 KW/h, com base no ano de 2015, foi possível determinar a quantidade de residências com possibilidade de atendimento a partir da energia gerada.

Além disso, foram realizados levantamentos primários junto a duas empresas produtoras de motores que transforma o biogás em energia elétrica, através de entrevistas com representantes escolhidos de forma intencional para fazer o levantamento do potencial de energia elétrica produzida por motor. Uma empresa quis se identificar, a ER-BR. A outra não.



Considerando o objetivo proposto, o procedimento técnico adotado foi concebido como uma revisão de literatura. Este trabalho buscou a identificação, análise e compilação de dados e informações a partir de uma revisão sistemática da literatura cuja temática envolvesse a mensuração da capacidade de geração de energia elétrica a partir do tratamento de dejetos suínos oriundos da suinocultura brasileira a partir de uma abordagem exploratória-descritiva. Para tanto, adotou-se o protocolo de revisão sistemática estabelecido por Cronin, Ryan e Coughlan (2008), composto pelas etapas descritas a seguir.

1) Descrição do problema: Mensuração da capacidade de geração de energia elétrica a partir do tratamento de dejetos suínos oriundos da suinocultura brasileira encontrada na literatura no período de 2002 a 2016.

2) Definição do conjunto de critérios de inclusão e exclusão: Os critérios abrangem as bases científicas selecionadas, período de publicação, tipos de artigos, palavras-chave e idioma de escrita. Para possibilitar a busca dos trabalhos foram estabelecidos descritores (construtos) alusivos à temática proposta. Foram eles: (a) Suinocultura e energia elétrica; (b) Dejetos suínos e energia elétrica; (c) Sustentabilidade energética e dejetos suínos. Foram excluídos os artigos que não continham em seu título, resumo ou assunto, palavras relacionadas aos descritores de busca; ou que tenham sido publicados antes 01/01/2002; ou não ter sido publicado em periódicos (o que excluiu artigos publicados em anais de eventos, patentes e capítulos de livros) ou estar em idioma diferente do português. Para inclusão, o artigo deveria conter em seu título, resumo ou assunto, palavras relacionadas aos descritores de busca, com data de publicação entre 01/01/2002 e 31/12/2016 (14 anos) e escritos em português.

3) Seleção e acesso à literatura: As bases de pesquisa foram o (i) Google Acadêmico, (ii) banco de dados das Universidades UFU, UNESP e UNIOESTE, além do banco de dados da EMBRAPA; e, (iii) biblioteca digital da Câmara dos Deputados. Em todas as bases, utilizou-se o mesmo critério de acesso para todos os descritores, conforme destacado no item 2.

4) Avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão: Na base do Google Acadêmico foram identificados 124 artigos dos quais apenas 7 foram selecionados, os outros 117 artigos que foram excluídos tinham pouca relevância sobre o objeto de estudo ou seu conteúdo era muito parecido. No site da EMBRAPA foram localizados 06 trabalhos, mas apenas 1 artigo foi selecionado, os outros 5 foram descartados por já terem sido citados em outros trabalhos. Na biblioteca digital da Câmara dos Deputados foram encontrados 27 artigos e apenas 01 foi selecionado, os artigos excluídos não tinham relevância com o objeto de pesquisa. No banco de dados de universidades federais foram encontrados 28 trabalhos, mas apenas 02 foram selecionados, os trabalhos descartados não foram utilizados por motivos diferentes, como pouca relevância sobre o tema, trabalhos com resultados parecidos, etc. Portanto, 11 artigos foram analisados e serviram como base para esse trabalho, dando fundamentação para a formulação da resposta relacionada ao problema levantado.

5) Análise, síntese e disseminação dos resultados: Esta etapa compreendeu a análise detalhada de cada artigo, necessária para a interpretação dos trabalhos publicados. Assim, os resultados foram analisados, possibilitando sua discussão na próxima seção e também a identificação de lacunas na literatura, as quais podem ser desenvolvidas em estudos futuros.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DA BUSCA INICIAL DOS ARTIGOS



Com base no protocolo da revisão sistemática de literatura, o resultado da busca inicial dos trabalhos com o uso dos descritores é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantitativo de trabalhos encontrados e respectivos construtos utilizados.

ID	Descritor utilizado	Base			Total
		Biblioteca digital	Google acadêmico	B. Dados universidades	
1	Suinocultura e energia elétrica	18	47	6	78
2	Dejetos suínos e energia elétrica	9	32	12	53
3	Sustentabilidade energética e dejetos suínos	0	45	7	54
	Total	27	124	28	185

Fonte: Dados da pesquisa, 2016.

Conforme apresentado na Tabela 3, foram encontrados 185 trabalhos. Todavia, para que estes, de fato, retratem o tema investigado, foram aplicados os critérios de exclusão/inclusão na etapa 2 da revisão sistemática, perfazendo um total de 174 artigos excluídos. Dentre os motivos que esses trabalhos foram descartados, está o tempo de produção fora do período estudado, trabalhos repetidos e trabalhos com pouca relevância sobre o tema.

Por fim, ao final da etapa de exclusão/inclusão, restaram apenas 11 trabalhos, que atendiam plenamente a pergunta de pesquisa do protocolo de revisão sistemática utilizado.

4.2 CONTEXTO DAS PUBLICAÇÕES

No que tange às publicações científicas brasileiras que abordaram o tema desse trabalho, verificou-se que existe um número pouco expressivo destas, considerando o horizonte de tempo analisado (2002-2016).

É possível analisar que o assunto é relativamente novo apesar do impacto ambiental gerado pela criação de suínos. Assim são apresentadas alternativas para a solução do problema e uma delas é a temática desse trabalho. Os resultados estão expostos em ordem cronológica.

Tabela 4 – Título, autoria, ano de publicação e objetivo principal dos trabalhos.

ID	Título de trabalho	Autoria	Ano	Assunto principal
1	Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental	Andrade, Ranzi, Muniz, Silva e Elias	2002	Uso de biodigestores em propriedades rurais, com destaque aos países que utilizam essa tecnologia desde o começo do século passado e as diversas funcionalidades desses equipamentos.
2	Biogás da suinocultura: Uma importante fonte de geração de energia	Lima, Paulo César Ribeiro	2007	Quantificação do rebanho suíno no Brasil, mensuração da geração de biogás proveniente dos dejetos produzidos por esse rebanho, e quantificação da energia elétrica gerada, bem como, o total de casas que seriam atendidas por essa energia.



3	Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo	Esperancini, Colen, Bueno, Pimentel e Simon	2007	Comparação dos custos da energia elétrica advinda da concessionária e de outras fontes de geração com os custos da energia gerada através do biogás oriundo dos dejetos suínos.
4	Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura	Coldebella, Souza, Ferri e Kolling	2008	Este trabalho defende a utilização de biodigestores para a geração de biogás e por consequência energia elétrica, além de suprir as demandas da propriedade, a energia gerada ainda se transforma em fonte de renda.
5	Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica	Cervi, Esperancini e Bueno	2010	Utilização do biogás oriundo de dejetos suínos como gerador de energia elétrica e constatação que o dimensionamento errado dos equipamentos pode afetar o resultado esperado.
6	Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura	Martins e Oliveira	2011	Apresentação da utilização de biodigestor como solução para o problema do impacto ambiental causado pela criação de suínos na região, visto que o terreno é acidentado e o dejetos produzido não tem como ser utilizado como biofertilizante, assim, sua única aplicação seria para a geração de biogás.
7	Um estudo sobre a utilização de biogás como fonte de energia renovável de energia em uma fazenda de criação de porcos	Freitas e Borsato	2012	Neste trabalho que teve como base de pesquisa uma fazenda considerada de grande porte verificou-se que com a utilização correta e sistemática dos biodigestores, o biogás gerado produziu energia elétrica mais que suficiente para a demanda da propriedade.
8	Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia	Dias, Colen, Fernandes, Souza e Bueno	2013	Análise da viabilidade econômica na substituição da energia elétrica fornecida pela concessionária pela energia gerada através do biogás proveniente de biodigestor numa pequena propriedade rural.
9	Viabilidade econômica e otimização do uso do biogás de suinocultura	Sônego, Bílio e Silva	2013	Verificação do uso de biodigestores que além de diminuir o impacto ambiental da criação de suínos, também pode se tornar uma ótima fonte de renda mesmo para quem não cria porcos.
10	A tecnologia da biodigestão anaeróbica na produção de biogás gerado por dejetos de suínos	Silva, Haroldo Wilson	2013	Esse trabalho apresenta como resultado do uso de biodigestor além do biogás, o biofertilizante que pode ser utilizado na propriedade ou ainda ser vendido gerando assim renda extra ao produtor.
11	A suinocultura brasileira e seu potencial de geração de energia elétrica através do tratamento dos dejetos suínos	Dias, Leitão, Coser e Dias	2016	Vantagens da utilização do biogás como fonte gerador de energia elétrica visto que no Brasil a maior parte da energia é produzida por hidrelétricas.

Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

O biogás, oriundo do tratamento dos dejetos suínos com o uso de biodigestores pode ser transformado em energia elétrica. Segundo Lima (2007) os biodigestores são estruturas hermeticamente fechadas nas quais podem ser acumuladas grandes quantidades de dejetos orgânicos que, por digestão anaeróbica, produzem biogás. O biogás contém compostos simples como o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂) (LIMA, 2007).

A geração do biogás por meio dos biodigestores, segundo Oliveira (2006) pode ocorrer em três níveis de temperatura: na temperatura entre 45°C e 60°C, o processo é considerado



termofílico; entre 20 e 45°C é mesofílico; e, a digestão anaeróbia de matéria orgânica em temperaturas inferiores a 20°C é conhecida por digestão psicrófila. O autor destaca que a maioria dos biodigestores anaeróbios são desenvolvidos no nível mesofílico.

Lima (2007) estimava-se que a população brasileira de suínos gerava dejetos suficientes para se produzir cerca de quatro milhões de m³/dia de biogás. Esse biogás poderia gerar aproximadamente dois milhões de kWh de energia elétrica por dia, o que representa 60 milhões de kWh por mês. Admitindo-se um consumo médio mensal de 170 kWh, a energia elétrica produzida a partir da suinocultura brasileira poderia atender mais de 350 mil residências. O estudo de Lima (2007) será importante para fazer análises e comparações com a quantidade atual de produção do biogás que será levantado neste trabalho.

Este mesmo autor destaca que a utilização de biodigestores apresenta eficiência muito maior que as lagoas convencionais. A produção de biogás nesses equipamentos, ao degradar cerca de 60% a 90% da matéria orgânica, permite uma redução significativa dos tempos de retenção e facilita a realização dos trabalhos de limpeza das lagoas (LIMA, 2007).

Souza, Pereira e Pavan (2004) destacam que quaisquer possibilidades de geração de energia por fontes descentralizadas e em pequena escala é fundamental para o desenvolvimento sustentável, sobretudo em países com grandes extensões territoriais, como o Brasil, por exemplo.

Esperancini et al. (2007) em um estudo sobre a substituição de fontes convencionais de energia por biogás mostra as diversas fontes de energia para o consumo no campo, como óleo diesel, lenha, energia elétrica e outros. No triênio 2002-2004 essas mesmas fontes tiveram forte elevação de preço, cujo impacto foi sentido com maior intensidade entre os produtores rurais de renda mais baixa, assim sendo, a implantação de alternativas tecnológicas que utilizem a biomassa para geração de biogás se torna uma alternativa promissora.

Adicionalmente, Esperancini et al. (2007) verificou que biodigestor gera uma economia considerável com a redução de uso do gás GLP a energia elétrica fornecida também foi suficiente para a redução de uso da energia fornecida pela concessionária local. Como conclusão desse estudo foi possível verificar a viabilidade econômica da substituição das fontes convencionais de energia pelas fontes renováveis provenientes de dejetos suínos (ESPERANCINI, et al. 2007).

Em outro trabalho do mesmo autor, Esperancini et al. (2010) verificou a viabilidade econômica da utilização do biogás. Seu estudo concluiu que a produção do biogás é viável, mas o mal dimensionamento dos biodigestores e/ou grupo gerador pode influenciar no resultado final esperado, corroborando com o que já tinha sido apresentado por Andrade et al. (2002), em que os mesmos ressaltaram que apesar das vantagens apresentadas na implantação dos biodigestores nas propriedades rurais, os resultados obtidos podem ficar abaixo do esperado se houver erros de mal dimensionamento dos projetos, além dos erros com operação e/ou manutenção das instalações.

Coldebella et al. (2008) defende o uso dos dejetos suínos como uma fonte renovável de energia elétrica. Segundo estes autores, com a produção de dejetos e, conseqüentemente sua transformação em biogás, a viabilidade econômica de implantação do sistema está diretamente ligada a quantidade de energia elétrica a ser produzida. E mesmo com valores elevados de investimento, ainda é vantajoso explorar essa forma de energia renovável, pois a fazenda, que foi objeto de seus estudos, produz dejetos suficientes tanto para produção de biofertilizantes como de biogás. Portanto, eles concluem que a instalação de biodigestores em propriedades rurais pode se tornar uma fonte de renda extra, pois além da geração de energia elétrica, a propriedade pode explorar o mercado de biofertilizantes.



Freitas e Lima (2012) fizeram uma pesquisa em uma fazenda de Uberlândia/MG que havia iniciado suas atividades na suinocultura no ano de 1998. Na fazenda, a utilização dos biodigestores contribuiu para a integração das atividades agropecuárias, aproveitando o material que antes era descartado. Outras vantagens foram observadas, como a substituição do GLP que era utilizado para aquecer a água do banho dos leitões, e o motor que antes era de diesel foi substituído por outro que funciona a base de biogás, o que reduziu o odor que incomodava a vizinhança e, principalmente redução dos gases de efeito estufa. Além de todas essas vantagens, com o biogás gerado na fazenda é produzida energia elétrica suficiente para manter toda propriedade, reduzindo assim os custos da empresa.

Dias et al., (2013), assim como Sônego, Bílio e Silva (2013) mostram em seus estudos a viabilidade da implantação de biodigestores em unidades produtoras de pequeno porte com a finalidade de produzir biogás a partir de dejetos suínos. Tais pesquisas corroboram com o estudo de viabilidade econômica de Almeida et al. (2017) quanto aos Condomínios de Agroenergia.

Silva (2013) analisou a biodigestão anaeróbica como fonte de produção de energia renovável e também fonte de renda. Evidenciou de forma prática que além de diminuir os impactos ambientais da exploração da atividade de suinocultura essa tecnologia pode ser positiva aos produtores de suínos, tanto pela geração de energia elétrica, como pela produção de biofertilizantes.

Dias et al. (2016) relatam as vantagens do biogás como fonte de energia renovável, visto que no Brasil a geração de energia elétrica é basicamente a partir dos recursos hídricos existentes, mas com o passar do tempo, os períodos chuvosos estão se alterando, e com isso, o nível das represas estão cada vez mais baixos, com isso, o país é obrigado a utilizar as termelétricas, que são usinas que utilizam combustível para geração de energia elétrica. Esse tipo de usina tem o custo elevado, além de ser mais poluente.

Embora seja possível a comercialização, Martins e Oliveira (2011) relatam ser mais vantajoso economicamente o uso desta energia na propriedade rural, substituindo ou reduzindo a aquisição da energia elétrica distribuída pela concessionária.

Martins e Oliveira (2011) mostram ainda que a biodigestão é uma ótima forma de geração de renda para os produtores de suínos. Em estudo realizado em fazendas produtoras de suínos em Santa Catarina pôde ser observado que essa é uma alternativa, pois não há como se utilizar os dejetos como fertilizante orgânico, sendo assim, a solução apresentada soluciona parte dos problemas ambientais e ainda gera renda aos produtores. Porém, devido o tamanho das unidades produtoras estudadas, cada uma terá um projeto e tempos de retorno diferente das outras. Também foi analisada a volatilidade do mercado de suinocultura, podendo interferir diretamente no prazo de retorno do investimento (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

Dentro da mesma atividade suinícola, os dejetos podem apresentar diferentes concentrações e biodegradabilidade, de acordo com a composição das dietas alimentares, sistema de cultivo e de limpeza das instalações e, sobretudo, do sistema de criação adotado (SANTOS, 2000). A Tabela 5 apresenta a capacidade de produção diária de biogás da suinocultura brasileira a partir do tratamento de dejetos.

Tabela 5 - Produção de biogás a partir de dejetos da suinocultura brasileira.



Sistema de criação	Unidade de referência	Plantel brasileiro (cabecas)	Geração de dejetos (L/animal/dia)	Produção diária de dejetos (m ³ /animal/dia)
Unidade de produção de Leitões (matrizes tecnificadas)	Matriz reprodutora em ciclo fechado	1.600.000	115.200.000	115.200

Fonte: Adaptado de Santos (2000).

Da Tabela 5, percebe-se a quantidade de produção de resíduos na suinocultura brasileira, com um rebanho atual de 1.600.000 porcas reprodutoras em criação de leitões, onde cada animal produz o equivalente a 72 litros de chorume/dia. Com isso, tem-se uma produção diária de aproximadamente 115 milhões de litros de dejetos (115.200 m³).

A partir destes dados, foi possível mensurar também a produção diária de biogás. De acordo com a Tabela 5 são produzidos diariamente em torno de 115.200 m³ de biogás. Segundo Coldebella et, al. (2008) e Santos (2000), a produção de biogás está diretamente relacionada a temperatura, uma vez que esta influencia na digestão anaeróbia e afeta os processos relacionados a atividade biológica dos microrganismos envolvidos.

O poder calorífico do biogás é de 6,5 KWh/m³ e a eficiência de conversão do biogás em energia elétrica com grupos geradores (motores Ciclo Otto) é de aproximadamente 25% (SANTOS, 2000). Importante ressaltar que a tecnologia predominante na geração de energia elétrica a partir do biogás tem eficiência de apenas 25% (motores ciclo Otto) e que a disseminação de novas tecnologias, como é o caso da utilização de turbinas movidas pelo vapor gerado na queima do biogás, aumenta substancialmente o potencial energético da suinocultura.

Com um total de 1.600.000 matrizes e com uma potência de geração de biogás de 0,775 m³/dia/animal, seria possível produzir 1.240.000 m³/dia de biogás, que dividido por 24 horas, corresponderia a 51.666,66 m³/hora de biogás. Este valor multiplicado por 1,625 KWh (6,5 KWh/m³ x 0,25%) chegaria ao total de 83.958,32 KW/h.

Com estas bases teóricas podemos estimar que o potencial total de geração de energia elétrica se fosse tratado por biodigestão anaeróbica 100% do dejetos do plantel de matrizes tecnificadas brasileiras seria de 83.958,32 KW/h.

Assim, verifica-se a potencialidade da geração de energia existente a partir do tratamento de dejetos na suinocultura brasileira e posterior geração do biogás. Trata-se de uma fonte alternativa e renovável com potencial significativo de incorporação na matriz energética brasileira, sobretudo, para uso nas próprias propriedades agrícolas. Como também, a transformação dos dejetos da pecuária em bioenergia é uma forma sustentável para as unidades produtoras, bem como, um fim aos dejetos dos animais das propriedades que são prejudiciais ao meio ambiente.

5 CONCLUSÃO

É notório ressaltar que o tratamento dos dejetos além de aumentar a renda dos produtores também ajuda na diminuição da agressão ao meio ambiente, visto que os gases provenientes desses resíduos são danosos, e poluem o solo, trazendo impacto extremamente negativos para o meio ambiente.

O tratamento de dejetos dos animais deve atender além dos objetivos tradicionais de melhorar a qualidade do ar, do solo e da água, da saúde humana e animal, incluir a recuperação de nutrientes, o aproveitamento da energia e a conservação da água. Os modelos de produção



sustentáveis conduzem mudanças nos sistemas tradicionais de produção animal, além de proporcionarem incrementos de lucro a atividade através da geração de biogás e biofertilizantes.

Portanto, os resíduos da produção de suínos, que naturalmente podem causar danos ambientais, quando devidamente tratados, podem se tornar agentes de sustentabilidade ambiental e econômica, notadamente para a geração de energia elétrica.

Constatou-se o grande potencial da geração de energia elétrica em caráter renovável, através da utilização do biogás. Considerando o plantel de matrizes tecnificadas no Brasil, é possível gerar 83.958,32 KW/h de energia. Em escala mais ampla, pode se tornar uma nova fonte de renda extra na propriedade suinícola, sobretudo frente ao forte aumento do custo da energia elétrica no país, bem como garantir a autossuficiência energética da propriedade.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, uma residência unifamiliar (4 a 6 pessoas) consome em média 75 KW/h, com base no ano de 2015. A partir dessa base teórica, é possível verificar que o total de KW/h gerados pelo tratamento dos dejetos suínos (83.958,32) consegue abastecer 1.119 residências deste porte. Caso este potencial energético seja utilizado nas propriedades rurais, o resultado é ainda mais nítido.

Assim, conclui-se que o uso de tecnologias renováveis nas propriedades rurais de suínos, além ser uma excelente alternativa para o tratamento dos dejetos gerados pelas atividades suinícolas, mitigando a poluição ambiental, torna-se uma fonte econômica viável, principalmente quando o biogás é gerado e convertido em energia elétrica.

Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de novas pesquisas que tratem da produção de bioenergia a partir da pecuária brasileira, como: (i) Caracterização e viabilização econômico-financeira de Condomínios de Agroenergia para o Distrito Federal, visto essa unidade ter uma concentração considerável na produção de suínos nacional; (ii) Mapeamento de práticas inovadoras na geração de Agroenergia no Brasil, a partir de dejetos de suínos ou bovinos; (iii) estudos sobre viabilidade financeira de projetos que contemplem a geração de bioenergia na agropecuária no país, fato esse, identificado por Almeida et al. (2017) como sendo ainda escassos; (iv) potencial de criar Condomínio de Agroenergia no Distrito Federal; e, (v) realizar uma revisão sistemática internacional sobre Agroenergia, geração de bioenergia e Condomínios de Agroenergia para identificar até que ponto a temática é abordada fora do país e se existe esse tipo de modelo no exterior, bem como, em quais regiões do Brasil se concentram.

REFERÊNCIAS

ABCS – Associação Brasileiro dos Criadores de Suínos. **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Elaboração de Conteúdo Técnico: Alexandre César Dias. Brasília DF: ABCS, MAPA, 2015. 140p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. 2012. **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2015.

ALMEIDA, C.; BARICCATTI, R.A.; FRARE, L.M.; NOGUEIRA, C.E.C.; MONDARDO, A.A; CONTINI, L.; GOMES, G.J.; ROVARIS, S.A.; SANTOS, K.G.; MARQUES, F. Analysis of the socio-economic feasibility of the implementation of an agroenergy condominium in



western Paraná – Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 75 (2017), p. 601–608.

ANDRADE, M. A. N. RANZI.; T. J. D.; MUNIZ, R. N.; SILVA, L. G. S.; ELIA, M. J. **Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental**, 2002.

BAJAY, S. V.; BADANHAN, L. F. **Energia no Brasil: os próximos dez anos**. Departamento Nacional de Política Energética–DNPE, Secretaria de Energia–SEM Ministério das Minas e Energia–MME, Brasília, 2015.

BÁNKUT, S. M.S.; SOUZA, J. P. Arranjos contratuais e assimetria de poder no sag suinícola no oeste paranaense no sag suinícola no oeste paranaense. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 16, n. 1, 2014.

BRASIL. Lei nº 10.438/2002. **Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE)**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm. Acesso em 05 de Jan. 2016.

CENTRO PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - CCE. **Guia técnico do biogás**. Algés: JE92. Projetos de Marketing Ltda, 2000.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, p. 831-844, 2010.

COLDEBELLA, A. SOUZA, S.N.M.; FERRI, P.; KOLLING, E.M. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Informe Gepec**, v. 12, n. 2, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. 2014. **Planilha custo de produção suínos: série histórica, suínos-UPTS-UF 2014**, n. 28. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1562&t=2>> Acesso em: 28 jul. 2015.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, 2005.

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. **British journal of nursing**, v. 17, n. 1, p. 38, 2008.

DE PAULA, G.; PEROSA, J.M.Y.; RECHZIEGEL, W.; BUENO, O.C. Suinocultores da agricultura familiar do município de Marechal Cândido Rondon (PR). **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, Ponta Grossa, v. 4, n. 1, p.19-26, 2011.



DIAS, C. P.; LEITÃO, F.O.; COSER, F.; SILVA, W. H. A suinocultura brasileira e seu potencial de geração de energia elétrica através do tratamento dos dejetos suínos. 54º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, **SOBER** Centro Cultural e de Exposições Ruth Cardoso – Maceió/AL, 14 a 17 de agosto de 2016.

DIAS, M. I. A.; COLEN, F. FERNANDES, L. A.; SOUZA, R. M.; BUENO, O. C. **Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia.** Energ. Agric., Botucatu, vol. 28, n.3, 2013. p.155-164.

ENSSLIN, L.; VIANNA, W. B. O design na pesquisa quali-quantitativa em engenharia de produção: questões epistemológicas. **Revista Produção Online**, v. 8, n. 1, 2008. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/28>>. Acesso em: 18 de Agosto 2015.

ESPERANCINI, M. S. T.; COLEN, F.; BUENO, O. C. B.; PIMENTEL, A. E. B.; SIMON, E. J. **Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.1, 2007. p.110-118, jan./abr.

FREITAS, G. S.; BORSATO, J. M. L. S. **Um estudo sobre a utilização de biogás como fonte de energia renovável de energia em uma fazenda de criação de porcos.** Em XXI ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA. 2012.

GERVASIO, E. W. **Suinocultura - Análise da Conjuntura Agropecuária.** SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/SuinoCultura_2012_2013.pdf. Acesso em: 10 out. 2015.

GUSMÃO, M. M. F. C.C. **Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 170 p. 2008.

LIMA, P. C.R. **Biogás da Suinocultura:** Uma importante fonte de geração de energia. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Brasília, 2007. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema16/2007_11958.pdf. Acesso em: 26 de agosto de 2015.

LORENZO, E. **Eletricidad solar.** Ingenieria de los sistemas fotovoltaicos. Sevilla, Espanha: Progensa, 1994. 184 p.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 477-486, 2011.

MIELE, M.; WAQUIL, P. D. **Dimensões econômicas e organizacionais da cadeia produtiva da carne suína.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. p. 35



OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2006. (Série Documentos DOC-115).

ROCHA, D. T. **Competitividade entre os sistemas integrado e independente de produção de suínos.** Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

RODRIGUES, G. Z. et al. Evolução da produção de carne suína no Brasil: uma análise estrutural-diferencial. **Revista de Economia e Agronegócio-REA**, v. 6, n. 3, 2015.

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás.** Portugal: Centro para a Conservação de Energia, 2000.

SILVA, H. W. **A tecnologia da biodigestão anaeróbica na produção de biogás gerado por dejetos de suínos.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.3, n.1, 2013. p.55-60.

SÔNIGO, D. A. BÍLIO, R. S.; SILVA, E. F. **Viabilidade econômica e otimização do uso do biogás de suinocultura.** Em IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador/BA, 2013

SOUZA, S. N. M.; PEREIRA, W.C.; PAVAN, A.P. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, v. 26, n. 2, p. 127-133, 2004.

STREET, A. **A crise energética de 2015.** Valor Econômico. São Paulo, 24 de fevereiro de 2015.