

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOMASSA, METANO E ENERGIA PELAS PRINCIPAIS CRIAÇÕES PECUÁRIAS DO BRASIL

*Denise Peresin¹
Taison Anderson Bortolin¹
Andréia Cristina Trentin²
Jardel Cocconi¹
Vania Elisabete Schneider¹

*ESTIMATE OF THE POTENTIAL GENERATION OF
BIOMASS, METHANE AND ENERGY BY MAJOR ANIMAL
BREEDING OF BRAZIL*

Recibido el 13 de julio de 2014; Aceptado el 27 de enero de 2015

Abstract

Brazil's participation on the international trade of animal protein grows every year, and inevitably, leads to worsening environmental problems. Due to that, the objective of this study was to quantify the manure generated by the livestock population (broilers, layers, swine and dairy cattle), methane production, energy potential and electric power from this biomass in the years 2008-2012. Data containing actual livestock population was obtained from Brazilian Institute for Geography and Statistics – IBGE. A methodology that considers the initial and final weight of the animal, as well as residence time, was developed to estimate waste generation. Methane production, energy potential and electric power were calculated based on bibliographic references. Methane production and potential energy produced were calculated based on bibliographic references. Results show an increase in animal production in the years analyzed, and consequently an increase in the generation of waste, methane, energy potential and electric power. The estimates indicate that the electric power produced, for example, would be enough to supply about 10% of the Brazilian residential demand of 2011. The results were quite significant, however, studies with a regionalized focus, for the implementation of individual or collective systems, should be encouraged.

Key-words: animal livestock, livestock waste, biodigestion, energy from biomass.

¹ Instituto de Saneamento Ambiental, Universidade de Caxias do Sul, Brasil

² Ambiativa – Consultoria Ambiental, Brasil

*Autor correspondente: Instituto de Saneamento Ambiental, Universidade de Caxias do Sul. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130. Bloco G – Sala 206. Bairro Petrópolis, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul CEP: 95070-560 – Brasil. Caixa Postal - 1352. Email: dperesin@ucs.br

Resumo

A participação do Brasil no comércio internacional de proteína animal vem crescendo a cada ano, trazendo consigo um agravamento dos problemas ambientais. Quantificar os dejetos gerados pela pecuária mais representativa do Brasil (aves de corte e postura, suínos e gado de leite), bem como metano, potencial energético e energia elétrica a serem gerados a partir desta biomassa nos anos de 2008 a 2012, foi o objetivo deste trabalho. O rebanho efetivo foi obtido junto Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Para a estimativa de geração de dejetos foi desenvolvida uma metodologia que utiliza o peso inicial do animal, peso final e tempo de permanência. A produção de metano, potencial e energia elétrica foram calculados com base em referencial bibliográfico. Os resultados apontam para um aumento na produção animal nos anos analisados, e consequentemente um incremento na geração de dejetos, metano, potencial energético e energia elétrica. As estimativas realizadas indicam que a energia elétrica, por exemplo, seria suficiente para suprir aproximadamente de 10% da demanda residencial brasileira do ano de 2011. Os resultados mostraram-se bastante significativos, porém estudos com foco regionalizado para a implementação de sistemas individuais ou coletivos, devem ser incentivados.

Palavras chave: criação animal industrial, dejetos pecuários, biodigestão, energia elétrica.

Introdução

A cada ano vem crescendo a participação do Brasil no comércio internacional de proteína animal, com destaque para a produção de carne bovina, suína e de frango, conforme informações Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, s.d.). Até 2020 segundo o MAPA, a expectativa é que a produção nacional de carne bovina supra 44.5% do mercado mundial, a carne de frango 48.1% e a carne suína 14.2%. No ano de 2012 o setor pecuário respondeu por 6.28% do PIB nacional (CEPEA/ESALQ, s.d.).

O aumento da produção animal no Brasil vem sendo possível, conforme informações da FAO (2006), pois os produtores aproveitam os baixos custos de produção alimentar para a pecuária, decorrentes da proximidade entre os estabelecimentos de produção animal, com as lavouras de milho e soja. Além disso, o crescimento da produção animal nos últimos anos decorre também das mudanças e modernização dos sistemas utilizados, que incluíram o modelo de produção industrial e o sistema de integração vertical.

Como características do modelo de produção industrial destacam-se a alta taxa de conversão alimentar e concentração de animais, mecanização e pouca mão de obra. No processo de integração vertical, os pequenos produtores são contratados por grandes fornecedores e/ou processadores, na qual todas as unidades de uma cadeia produtiva passam a ser controladas por uma única empresa (HSI, 2011). Em decorrência do incremento do rebanho animal e da concentração geográfica chamados *clusters*, ocorre o aumento da quantidade de dejetos em pequenas áreas que demandarão sistemas mais efetivos de tratamento, com vistas a reduzir impacto ambiental potencial associado.

O crescimento acelerado da produção agropecuária levou ao agravamento dos problemas ambientais, tornando imprescindível o manejo dos dejetos e biogás gerado, nas análises setoriais do agronegócio. A composição do biogás pode variar de acordo com o tipo e a quantidade de biomassa empregada, fatores climáticos, dimensões do biodigestor, entre outros (Cervi *et al.*, 2010). Quando as condições ambientais para o processamento de dejetos pelos microrganismos são atendidas, o biogás obtido é composto de uma mistura de gases, com cerca de 60 ou 65% do volume total sendo metano, enquanto os 35 a 40% restantes consistem principalmente de gás carbônico e de outros gases em quantidades menores (Seixas *et al.*, 1980). O metano é produzido em condições anaeróbicas, enquanto as emissões de óxido nitroso ocorrem quando a amônia ou nitrogênio orgânico presentes no dejetos são convertidas em nitrato e nitrito (Ritter, 2005).

Existem também diferenças nas taxas de emissão de metano entre raças e tipos de animais, devido às diferenças no tamanho dos compartimentos gástricos e exigências nutricionais (Holter e Young, 1992). Devido ao seu alto poder calorífero o uso do metano na produção de eletricidade em uma usina térmica é incentivado pelo governo brasileiro. Conforme Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e Ministério do Meio Ambiente (2010) o incentivo público para a elaboração e implantação de projeto de recuperação e queima de biogás são justificáveis sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Hamed *et al.* (2012) reforça que a utilização da biomassa como recurso energético é de grande importância tanto para os países desenvolvidos, quanto em desenvolvimento. A produção de energia a partir de biomassa poderia fortalecer as economias rurais e transformá-las em atividades mais sustentáveis, gerar postos de trabalho nestas áreas e em caso de excedente, exportar esta energia para as áreas urbanas (Carpentieri *et al.*, 1993; Bildirici, 2013). A utilização de biometano proveniente de biogestão em redes de gás já existentes pode oferecer ainda uma integração dessas áreas rurais às urbanas (Pantaleo *et al.*, 2014).

Frente ao exposto, o objetivo deste trabalho foi quantificar os dejetos gerados pela pecuária mais representativa do Brasil (aves de corte e postura, suínos e vacas ordenhadas), bem como o metano, potencial energético e de energia elétrica a serem gerados a partir desta biomassa no período de 2008 a 2012.

Metodologia

Estimativa da geração de dejetos

O número efetivo do rebanho de aves (corte e postura), vacas ordenhadas e suínos, para o Brasil foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (dados de 2008 a 2012).

Para a estimativa de geração de dejetos desenvolveu-se uma metodologia que utiliza como base os valores médios da massa inicial do animal (1º dia / kg na entrada do confinamento), massa final (kg na saída do confinamento) e tempo de permanência (período em que o animal permanece em confinamento). Com estas informações calcula-se a taxa de crescimento (TC), a massa do animal (MA) a cada dia durante o período de confinamento, a quantidade de dejetos gerados por dia (GD), a quantidade de dejetos gerados por Unidade Animal (GUA), o total de dejetos gerados durante um ano (GA), por rebanho e a soma total das criações (GT). As seis etapas que compõem o método proposto estão apresentadas a seguir e são aplicadas separadamente para cada rebanho.

1º etapa - Taxa de crescimento (TC): massa ($kg.dia^{-1}$) obtida por animal/dia. Os valores utilizados nesta etapa para cada espécie estão apresentados na Tabela 1.

$$TC (kg.dia^{-1}) = (massa\ final - massa\ inicial) / tempo\ de\ permanência$$

2º etapa - Massa do animal (MA): massa corporal do animal (kg), acumulada durante o período que permanece em confinamento.

$$MA (kg) = massa\ inicial + (TC * dia) \text{ (a taxa de crescimento vai sendo acumulada, conforme o período de permanência do animal)}$$

3º etapa - Geração de dejetos em kg por animal.dia⁻¹ (GD): quantidade de dejetos produzidos por dia, por unidade animal, em função de sua massa corporal. A quantidade de dejetos produzidos, em função da massa corporal, seguiu os valores propostos pela ASAE (2003) apresentados na Tabela 2.

$$GD (kg\ de\ dejetos\ em\ um\ dia) = MA.geração\ de\ dejetos\ do\ animal\ em\ um\ dia\ (ASAE,\ 2003)$$

4º etapa - Geração de dejetos por Unidade Animal (GUA): refere-se à quantidade de dejetos gerados por animal durante o tempo de permanência (soma do GD durante o período de permanência)

$$GUA (kg\ no\ período\ de\ permanência) = soma\ (GD\ 1º\ dia + GD\ 2º\ dia + GD\ 3º\ dia + n)$$

5º etapa - Geração de dejetos em um ano (GA) por rebanho

$$GA (kg.ano^{-1}) = GUA.rebanho\ (quantidade\ de\ animais.ano^{-1}).$$

6º etapa - Geração de dejetos total ano (GT)

$$GT (kg.ano^{-1}) = soma\ dos\ dejetos\ produzidos\ por\ cada\ rebanho\ em\ um\ ano\ (aves\ de\ corte + aves\ de\ postura + vacas\ ordenhadas + suínos)$$

Tabela 1. Dados de massa inicial, final e tempo de permanência das criações, utilizados nos cálculos de estimativa de geração dos dejetos

	Aves de corte (mercado nacional)	Aves de corte (exportação)	Aves de postura	Vacas ordenhadas	Suínos
Massa inicial	39 gr ¹	39 gr ²	2,000 gr ³	450 kg (peso médio) ³	1,100 gr ⁴
Massa final	2,421 gr ¹	1,200 gr ¹	2,820 gr ³		90 kg ⁴
Tempo de permanência	47 dias ¹	35 dias ¹	413 dias ³	365 dias	135 dias ⁴

1 – Sordi, Souza e Magalhães (2004); 2 - Avila et al. (2006); 3 - USDA (1992); 4 - Amaral et al. (2006)

Tabela 2. Produção média de dejetos por kg de animal por dia

Unidade	Tipo de criação			
	Aves de corte	Aves de postura	Vacas ordenhadas	Suíno
kg	0.085	0.064	0.086	0.084

Fonte: Adaptada de ASAE (2003)

Estimativa da geração de metano

A produção de metano através da biodigestão dos dejetos foi calculada com base no método utilizado pelo CENBIO (2012) adaptado de CETESB (1998). A equação proposta pelo referido método foi adequada às informações existentes, conforme apresentado na Equação 1:

$$\text{Metano} \left(m^3 \frac{CH_4}{\text{ano}} \right) = (Et \times Pb \times Conc. CH_4 \times ME^{-1}) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Et: Esterco total [kg.esterco/ano]

Pb: Produção de biogás [kg.biogás/kg.esterco];

Conc. CH₄: Concentração de metano no biogás [%];

ME: Massa específico do metano (kg.m³)(igual a 0.716 kg.m³ - Domingues et al. (2013))

As taxas de geração de biogás e concentração de metano são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores para produção de biogás e metano

Rebanho	kg.biogás/kg.esterco	Concentração metano no biogás (%)
Suínos	0.062	66
Vacas ordenhadas	0.037	60
Aves	0.055	60

Fonte: Motta, 1986

Estimativa do potencial energético e energia elétrica

A estimativa do potencial energético e energia elétrica, foi calculada utilizando a equação proposta por Domingues *et al.* (2013) (Equação 2):

$$Py = \frac{Q_{CH_4,y} \times PCI_{CH_4} \times E \times \eta}{31,536,000} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

P_y : potencial energético no ano (MW);

$Q_{CH_4,y}$: quantidade de metano no ano ($m^3CH_4.ano^{-1}$);

PCI_{CH_4} : poder calorífico inferior ($MJ.m^{-3}$ de CH_4) – $33.8 MJ.m^{-3}$ de CH_4 (Reichert *et al.* 2004);

E : eficiência de coleta do gás (35%);

η : eficiência elétrica (28%);

31,536,000: fator de conversão ($segundos.ano^{-1}$)

Com os dados de potencial energético, calculou-se a energia elétrica, dividindo o valor da potência pelo número de horas de funcionamento do motor durante um ano ($8,322 h.ano^{-1}$) - descontadas as horas necessárias para a manutenção -, e pelos 12 meses do ano.

Os bovinos de corte, bastante representativos no cenário nacional não foram incluídos neste estudo, pois não existem dados do percentual de criação que ocorre em sistema confinado, semi-confinado ou extensivo.

Resultados e Discussão

O rebanho animal do Brasil no período de 2008 a 2012, para as criações analisadas, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Rebanho animal para o Brasil de 2008 a 2012

Ano	Aves de corte (cabeças) ¹	Aves de postura (cabeças) ²	Suínos (cabeças) ¹	Vacas ordenhadas (cabeças) ¹
2008	4,811,998,627	207,711,504	28,816,982	21,585,281
2009	4,689,960,562	208,871,491	30,917,200	22,435,289
2010	4,900,296,578	210,761,060	32,500,871	22,924,914
2011	5,187,335,313	216,204,308	39,306,718	23,229,193
2012	5,142,967,128	213,230,493	35,989,286	22,803,519

Fonte: 1 – Pesquisa Trimestral de Abate Animal (IBGE; 2008a, 2009a, 2010a, 2011a, 2012a)

2 – Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE; 2008b, 2009b, 2010b, 2011b, 2012b)

Analisando a Tabela 4, observou-se que todos os rebanhos apresentaram uma tendência de aumento na produção de 2008 a 2011, sendo que o maior percentual foi verificado na criação de suínos, representando cerca de 25% neste período. Identificou-se ainda uma pequena redução no rebanho animal de todas as criações no ano de 2012, quando comparado a 2011. Segundo informações de IBGE (2013), neste período a atividade pecuária passou por aumento nos custos dos principais insumos de produção, tais como produtos veterinários, dificuldades de obtenção de milho e soja, importantes componentes da ração animal, sobretudo para avicultura e suinocultura. Os problemas tangenciaram a escassez de milho e soja, passando por dificuldades logísticas de distribuição.

Os rebanhos de aves de postura e vacas ordenhadas foram mais significativos na região Sudeste, enquanto na região Sul destacaram-se os rebanhos de aves de corte e suínos.

O total de dejetos gerados por cada uma das criações, nos anos avaliados, estão discriminados na Tabela 5.

Tabela 5. Geração total de dejetos por tipo de criação para o Brasil de 2008 a 2012

Ano	Aves de corte (t.ano ⁻¹)	Aves de postura (t.ano ⁻¹)	Suínos (t.ano ⁻¹)	Vacas ordenhadas (t.ano ⁻¹)	Total de dejetos (t.ano ⁻¹)
2008	16,415,588	9,988,321	14,995,205	304,902,887	346,302,001
2009	16,001,178	10,044,102	16,088,074	316,909,675	359,043,029
2010	16,763,135	10,134,966	16,912,153	323,825,873	367,636,127
2011	17,834,137	10,396,718	20,453,644	328,123,966	376,808,465
2012	17,688,702	10,253,715	18,727,385	322,111,108	368,780,910

Os dados apresentados na Tabela 5, indicam que o potencial total de geração de dejetos animais aumentou conforme o rebanho foi incrementado, chegando a 376,808,465 toneladas no ano de 2011. A região Sudeste foi a responsável pela maior geração de dejetos, sendo condizente com o tamanho dos rebanhos de aves de postura e foi o de vacas ordenhadas, como comentado anteriormente. O potencial mais significativo de geração de dejetos foi o de vacas ordenhadas, seguida pelos suínos e aves de corte. Deve-se considerar que a geração de dejetos pelas diferentes criações está diretamente relacionada ao tamanho do rebanho, porte do animal, tempo de permanência e quantidade de dejetos gerados por PV (kg/vivo).

Os dejetos suínos por serem líquidos e possuírem alta taxa orgânica (0.0031 kg DBO/kg PV) (ASAE, 2003), demandam amplos sistemas de armazenamento e tratamento, com períodos prolongados de detenção. Além disso, em decorrência do alto custo para serem transportados, frequentemente são aplicados próximos aos locais de criação, onde os solos já estão saturados.

A Região Sul, em especial o estado de Santa Catarina, é a região que necessita de uma especial atenção em relação a esta questão.

A quantidade de dejetos gerados pelo rebanho de aves de postura, apesar de ser responsável pela menor porção de dejetos gerados no Brasil, apresenta elevado potencial orgânico (0.0033 kg DBO/kg PV) (ASAE, 2003), sendo importante que seja gerenciado adequadamente.

Pela análise da Tabela 5, observa-se que os dejetos das vacas ordenhadas em comparação com as outras categorias, tem o maior potencial para ser usado como fonte de energia limpa e adubo orgânico, especialmente na região Sudeste, onde é gerada a quantidade mais significativa.

O armazenamento inadequado perto de córregos e áreas residenciais é uma grande preocupação, devido ao potencial de poluição ambiental associada a estes dejetos, bem como biossegurança (Onurbaş e Türker, 2012). Said *et al.* (2013) cita que o manejo e armazenagem inadequada dos dejetos resulta na perda de matéria orgânica e poluição, já que poderiam ser utilizados como combustível, pela queima direta de dejetos em queimadores de baixa eficiência ou utilizados como adubo orgânico.

O potencial de geração de metano, a partir destes dejetos, está sistematizado e apresentado na Figura 1.

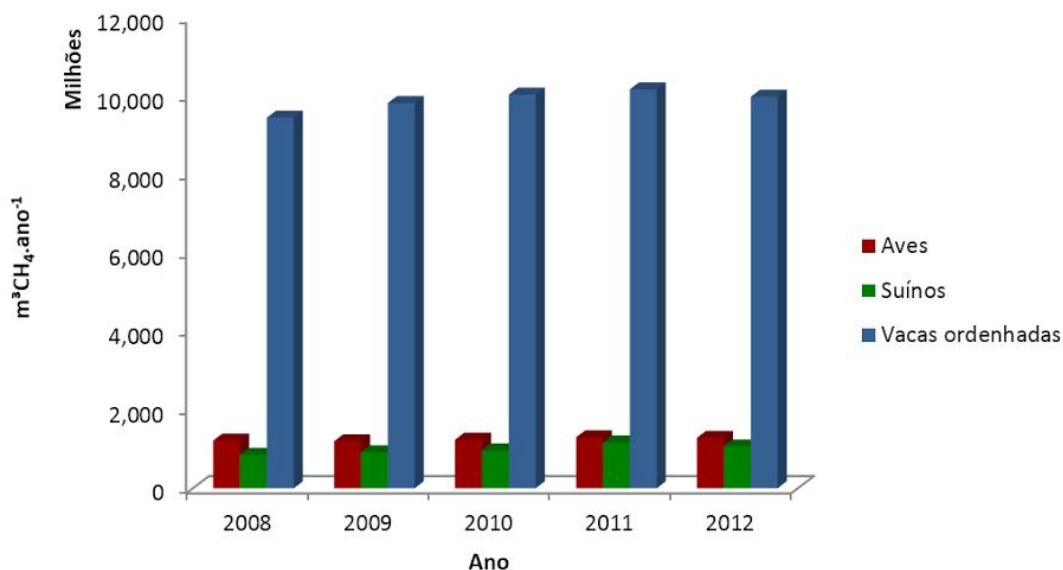


Figura 1. Síntese da geração de metano nas principais criações animais para o país nos anos de 2008 a 2012.

Com a biodigestão dos dejetos produzidos, estimou-se uma geração potencial em média nos anos avaliados de 12,000 milhões de $\text{m}^3\text{CH}_4.\text{ano}^{-1}$. O metano gerado a partir dos dejetos das vacas ordenhadas foi significativamente maior do que as demais criações nos 5 anos avaliados e nas 5 regiões brasileiras, seguida pelas criações de aves (corte e postura) e suínos. Os dejetos das vacas ordenhadas mostram-se como uma opção viável de geração de energia elétrica a partir da biomassa, por ser significativamente maior do que quando comparado as quantidades de $\text{m}^3\text{CH}_4.\text{ano}^{-1}$ produzidos pelos suínos e aves.

Como comparativo citam-se os dados apresentados no documento “Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil” para o ano de 2010, o qual aponta a emissão de CH_4 pelo manejo dos dejetos animais de suínos, aves e gado leiteiro de 560.5 Gg CH_4 (MCTI, 2013), ou 782 milhões $\text{m}^3\text{CH}_4.\text{ano}^{-1}$. Enquanto que no ano de 2005, a geração foi de 450 Gg CH_4 (MCT, 2009), ou 628 milhões $\text{m}^3\text{CH}_4.\text{ano}^{-1}$, demonstrando um aumento de 110.5 Gg CH_4 em 5 anos. Estas estimativas são aproximadamente 15 vezes menores do que os valores obtidos neste estudo, que foram de 12,000 milhões de $\text{m}^3\text{CH}_4.\text{ano}^{-1}$. A discordância entre os valores obtidos pelas referências citadas e este estudo, pode ser explicada pelo emprego de diferentes metodologias.

Convém salientar que a geração de metano a partir do tratamento de dejetos altera ao longo do tempo em função de diversas variáveis. Enfatiza-se que os valores obtidos neste estudo são teóricos e podem ter variações dos valores potenciais em função da eficiência dos processos, tais como quantidade de carga, eficiência de conversão de energia, tipo de equipamento, temperatura de processo, além de atividades de manutenção e monitoramento. Deve-se considerar ainda, o porte e a localização das granjas e agroindústrias, os quais muitas vezes inviabiliza em termos econômicos a implantação de um sistema individual de biodigestão, sendo necessária a implantação de sistemas coletivos, o que demandaria estudos regionalizados de espacialização das atividades (IPEA, 2011).

Os resultados do potencial energético e energia elétrica pelas criações analisadas estão apresentadas na Tabela 6.

De acordo com a Tabela 6, a criação de vacas ordenhadas, concentrada principalmente nas regiões Sudeste e Sul, apresenta-se como a principal criação com potencial de geração de potencial energético e energia elétrica. Para estas regiões, os dejetos animais poderiam representar uma importante fonte para a produção de energia renovável.

No ano de 2011, segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2012) o consumo final de energia nos setores industrial, residencial, comercial e público somou 480,120 GWh, enquanto somente no residencial somou 111,971 GWh. Sendo assim, por exemplo, a energia elétrica produzida a partir desta biomassa supriria cerca de 10% da demanda residencial do ano de 2011.

Tabela 6. Estimativa da geração de potencial energético ($\text{GW}\cdot\text{ano}^{-1}$) e energia elétrica ($\text{GWh}\cdot\text{ano}^{-1}$) a partir do metano gerado pelos dejetos das aves (corte e postura), suínos e vacas ordenhadas para o Brasil, nos anos de 2008 a 2012

Ano	Suínos ($\text{GW}\cdot\text{ano}^{-1}$)	Aves ($\text{GW}\cdot\text{ano}^{-1}$)	Vacas ordenhadas ($\text{GW}\cdot\text{ano}^{-1}$)	Total potencial energético ($\text{GW}\cdot\text{ano}^{-1}$)	Total energia elétrica ($\text{GWh}\cdot\text{ano}^{-1}$)
2008	0.090	0.128	0.993	1.211	10,090.05
2009	0.097	0.126	1.032	1.255	10,456.66
2010	0.102	0.130	1.055	1.287	10,723.28
2011	0.123	0.137	1.069	1.329	11,073.23
2012	0.112	0.135	1.049	1.296	10,798.27

Lima (2007) estimou que a população brasileira de suínos tenha gerado dejetos suficientes para se produzir cerca de 4 milhões de m^3/dia de biogás. Esse biogás poderia gerar aproximadamente 2 milhões de kwh de energia elétrica por dia, o que representa 60 milhões de kwh por mês. Os valores apresentados pelo autor aproximam-se dos estimados por este estudo que variou aproximadamente entre 62 milhões $\text{kwh}/\text{mês}^{-1}$ em 2008 e 85 milhões $\text{kwh}/\text{mês}^{-1}$ em 2012, para a produção de suínos.

Na análise de diversos trabalhos relacionados à produção de energia a partir de biomassa, Bildirici (2013) verificou diversas teorias entre elas de que o incremento no uso de energia está relacionado ao crescimento econômico e de que existe uma relação bidirecional entre consumo de energia e aumento do Produto Interno Bruto (PIB). Além disso, segundo o mesmo autor, em países em desenvolvimento, a produção de energia a partir de biomassa moderna, pode fornecer uma base para o emprego e economia na área rural.

Considerações finais

Os resultados deste, bem como de outros estudos, apontam que a problemática envolvendo a geração de dejetos pelas diferentes criações é decorrente das características do mesmo, especialmente em relação a alta concentração de matéria orgânica, grandes quantidades geradas em pequenas áreas e sistemas de tratamento inexistentes ou ineficazes.

O rebanho de vacas ordenhadas apresentou a maior geração de dejetos e potencial de produção de energia, representando mais de 86% da produção total de dejetos no Brasil, quando comparado às demais criações analisadas. O maior percentual desta geração, 89%, ocorreu na região Sudeste. Sendo assim, uma das possíveis soluções para a redução deste problema é a biodigestão destes dejetos, com a qual é possível produzir gás renovável, eletricidade, calor e um composto fertilizante estável, além de evitar a emissão de trilhões de $\text{m}^3 \text{CH}_4\cdot\text{ano}^{-1}$ e eliminar patógenos e odores.

A estimativa do potencial de geração de energia elétrica a partir da biodigestão dos dejetos e efluentes das criações avaliadas (aves de corte e postura, suínos e vacas ordenhadas), por exemplo, seria suficiente para suprir aproximadamente de 10% da demanda residencial brasileira do ano de 2011. Considerando um consumo médio de 100 kWh.mês⁻¹ por habitante, seria possível atender a uma população de 9,290,318 habitantes.mês⁻¹.

Apesar das estimativas apontarem que a produção de metano e potencial de energia elétrica a partir dos dejetos das criações estudadas, ser bastante significativo, sugere-se a realização de outros estudos, que considerem o porte e a localização das granjas, com vistas a avaliar a viabilidade para a implantação de sistemas individuais ou sistemas coletivos de biodigestão. Propõem-se ainda, que inicialmente a energia elétrica que seria produzida sirva para atender às necessidades dos empreendimentos e o restante transferido para a rede.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, pelo financiamento da pesquisa.

Referências bibliográficas

- Amaral, A.L., Silveira, P.R.S.da, Lima, G.J.M.M. de, Klein, C.S., Paiva, D.P. de, Martins, F., Kich, J., Zanella, J.R.C., Fávero, J., Ludke, J.V., Bordin, L.C., Miele, M., Higarashi, M.M., Morés, N., Costa, O.D., Oliveira, P.A.V. de, Bertol, T.M., Silva, V.S. (2006) *Boas Práticas de Produção de Suínos*, Circular Técnica 50, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia – S.C., 60 pp.
- ASAE, American Society of Agricultural Engineers (2003) *Manure production and characteristics*, St Joseph: MI, 4 pp.
- Avila, V.S. de, Jaenisch, F.R.F., Figueiredo, E.A. de, Schimdt, G.S., Rosa, P.S., Brum, P.A.R de (2006) *Sistema para produção de ovos com a Poedeira EMBRAPA 051*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2 pp.
- Bildirici, M.E. (2013) Economic growth and biomass energy, *Biomass and Bioenergy*, **50**, 19-24.
- Carpentieri, A.E., Larson, E.D., Woods, J. (1993) Future biomass-based electricity supply in Northeast Brazil, *Biomass and Bioenergy*, **4**:(3), 149-173.
- CENBIO, Centro Nacional de Referência Biomassa (2012) *Atlas de Bionergia do Brasil*, São Paulo, 66 pp.
- CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (s.d), *PIB do Agronegócio*.
- Cervi, R.G., Esperancini, M.S.T., Bueno, O. de C. (2010) Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica, *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, **30**(4), 831-844.
- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1998) *Inventário Nacional de Emissões de Metano pelo Manejo de Resíduos*, CETESB, São Paulo, 98 pp.
- Domingues, E.G., Borges, T.T., Garces Junior, W.B., Alves, A.J., Calixto, W.P., Domingos, J.L. (2013) Economic Viability Analysis of Investment Alternatives for the Use of Biogas in a Pig Farming in the Middle East Area of Brazil, *Journal of Energy and Power Engineering*, **7**, 1433-1439.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética-Brasil (2012) *Balanco Energético Nacional 2012: Ano base 2011*, EPE, Rio de Janeiro, 282 pp.
- FAO, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2006) *Livestock Report*, FAO, Rome, 85 pp.

- Hamed, T.A., Flamm H., Azraq M. (2012) Renewable energy in the Palestinian Territories: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16**(1), 1082-1088.
- Holter, J.B., Young, A.J. (1992). Nutrition. feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows, *Journal of Dairy Science*, **75**, 2165-2175.
- HSI, Humane Society International (2011) *O impacto da criação de animais para consumo no meio Ambiente e nas mudanças climáticas no Brasil*, HSI, 10 pp.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008a, 2009a, 2010a, 2011a, 2012a) *Pesquisa Trimestral do Abate de Animais*, Acesso em: 20 mai 2014. Disponível em:
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=AX&z=t&o=24>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008b, 2009b, 2010b, 2011b, 2012b) *Produção Pecuária Municipal*. Acesso em: 20 mai 2014. Disponível em:
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=73&z=t&o=24>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) *Indicadores IBGE – Estatística da produção agrícola*, 80 pp.
- IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2012) *Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas*, IPEA, Brasília, 129pp.
- Lima, P.C.R. *Biogás da Suinocultura* (2007), Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, Brasília, 27pp.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (s.d.) *Animal exportação*, Mapa, Brasília.
- MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia (2009) *Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa - Informações gerais e valores preliminares*, MCT, Brasília, 16 pp.
- MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2013) *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*, MCTI, Brasília, 80 pp.
- Motta, F.S. (1986) *Produza sua energia - biodigestores anaeróbios*, Recife Gráfica Editora S.A, Recife: 144pp.
- Onurbaş Avcioglu, A.; Türker, U. (2012) *Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16**(3), 1557-1561.
- Pantaleo, A.M., Giarola, S., Bauen, A., Shah, N. (2014) Integration of biomass into urban energy systems for heat and power - Part II: Sensitivity assessment of main techno-economic factors, *Energy Conversion and Management*, **83**, 362-376.
- PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, MMA – Ministério do Meio Ambiente (2010) *Produto 6 – Resumo Executivo. Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável*, PNUD/MMA, São Paulo, 56 pp.
- Reichert, G.A. (Coord.), Silveira, D.A. da, Ballestrin, R., Rodrigues, A.B., Reis, M.P., Fleck, E., Hoffman, M., Nascimento, L.H. (Coord.) (2004) *Estudo de viabilidade e sustentabilidade Projeto Ecoparque: relatório final*, Convênio DMLU, CGTEE e ELETROBRÁS, Porto Alegre, Brasil. 279 pp.
- Ritter, W. (2005) *Greenhouse Gases and Animal Agriculture: Extent of Problem and Controls. Impacts of Global Climate Change*, Environmental and Water Resources Institute (EWRI) of the American Society of Civil Engineers (ASCE), 1-9.
- Said, N., El-Shatoury, S.A., Díaz, L.F., Zamorano, M. (2013) Quantitative appraisal of biomass resources and their energy potential in Egypt. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **24**, 84-91.
- Seixas, J., Folle, S., Machett, D. (1980) *Construção e funcionamento de biodigestores (Circular Técnica. 4)*, Embrapa-DID, Embrapa-CPAC, Brasília, Embrapa-DID. Embrapa-CPAC, 60pp.
- Sordi, A., Souza, S.N.M. de, Magalhães, E.A. (2004) *Estimativa do potencial de geração de energia elétrica proveniente do uso dos resíduos da avicultura de corte na mesoregião oeste do Paraná*, Nota Técnica, Engenharia na Agricultura, Viçosa: MG, **12**(4), 316-321.
- USDA, United States Department of Agriculture (1992) *Agricultural Waste management field handbook. National Engineering Handbook - Soil Conservation Service - Part 651*, Washington D.C., 763 pp.