

Análise da quantidade produzida de CO₂ pela bovinocultura no Estado do Rio Grande do Sul

Analysis of CO₂ produced from cattle culture in the state of Rio Grande do Sul, Brazil

Adilson Giovanini^I Clailton Ataídes de Freitas^{II} Daniel Arruda Coronel^{III}

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo identificar a quantidade de gases causadores de efeito estufa emitidos anualmente pela bovinocultura no Estado do Rio Grande do Sul. A partir dos resultados, é analisada a viabilidade econômica, em termos de instalação de créditos de carbono, da instalação de biodigestores nas propriedades rurais, calculando-se a quantidade de toneladas medidas em unidades de gás carbônico, equivalentes por ano, que a adoção dessa tecnologia permitiria mitigar. Entre os resultados obtidos, tem-se que a instalação de biodigestores é viável apenas para propriedades que possuem mais de 20 animais, as quais representam 63% do rebanho bovino gaúcho, e a mitigação de 29.548,26ton equiv. CO₂ ano.

Palavras-chave: biodigestor, viabilidade econômica, bovinocultura.

ABSTRACT

The aim of this paper is to identify the amount of greenhouse gases from cattle culture in the state of Rio Grande do Sul. Thus, it was analyzed the economic viability, in terms of installation of carbon credits, of biodigesters installations on farms. It was calculated the measure of the amount of tons measured in units of carbon dioxide per year in which the use of that technology would mitigate. Among the outcomes obtained, the biodigesters installation is profitable just on farms where there are more than 20 animals. These farms represent 63% of cattle culture in Rio Grande do Sul and the mitigation 29.548,26 CO₂ tons per year.

Key words: biodigesters, economic viability, cattle production.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, é crescente a discussão em nível mundial sobre as mudanças ambientais

provocadas pela emissão de gases que provocam o efeito estufa, principalmente, após a divulgação de estudos, evidenciando que a emissão de gases oriundos das atividades humanas é responsável pelo aumento observado na temperatura nas últimas décadas, conforme o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2007). Nesse sentido, uma preocupação dos agentes econômicos é a adoção de processos produtivos que, no decorrer de suas atividades, consigam mitigar ou sequestrar os gases causadores do efeito estufa (GEE).

Para viabilizar a adoção desses processos, cabe ao Governo o papel de criar um arcabouço político-institucional que estimule as empresas a adotar medidas sustentáveis, através da implementação de leis e normas que disciplinem e estimulem mudanças nas atividades consideradas agressivas ao meio ambiente. Isso pode ser alcançado através de incentivos, como linhas especiais de financiamento, concessão de subsídios fiscais e créditos e criação de grupos de estudo e autarquias, os quais têm como finalidades apoiar e estimular as iniciativas sustentáveis ou o desenvolvimento de novos processos e de novas tecnologias nos centros de pesquisa e universidades.

A bovinocultura emite diversos GEE, entre os quais se destacam o óxido nitroso (NO₂) e o metano (CH₄), emitidos durante o processo de digestão entérica e através do manejo do esterco. Concomitantemente

^IPrograma de Pós-graduação em Economia, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

^{II}Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Programa de Pós-graduação em Administração, UFSM, 971105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: daniel.coronel@uol.com.br. Autor para correspondência.

a isso, a modernização da agricultura requer maior consumo de energia elétrica, sendo esta utilizada no controle da temperatura nos criatórios de suínos e aves, na ordenha, no resfriamento do leite, na esterilização de equipamentos e na irrigação de pastagens. Além disso, a produção de energia elétrica através de biodigestores pode ser uma alternativa viável para a redução dos custos de produção, conforme pesquisas de DIAZ (2006), MARTINS & OLIVEIRA (2011), BONTURI & VAN DIJK (2012).

A utilização de energias renováveis tem se tornado cada vez mais atraente. Nesse contexto, a realização de estudos que busquem identificar a viabilidade da utilização de energias menos agressivas ao meio ambiente se apresenta relevante, para se minimizar o impacto ambiental dos processos de produção e contribuir para alcançar o desenvolvimento sustentável (BANCO MUNDIAL, 2012).

Seguindo essa temática, o presente estudo busca identificar a viabilidade econômica do aproveitamento do esterco para a produção de biogás, haja vista que tal tecnologia possui a vantagem de reduzir a quantidade de gases emitidos e gerar energia elétrica. Assim, delineiam-se como objetivos: i) estimar a quantidade de gases emitidos pela bovinocultura no Estado do Rio Grande do Sul; e ii) identificar o potencial de mitigação de gases causadores de aquecimento global, caso se adote a utilização de biodigestores para o tratamento dos dejetos oriundos da bovinocultura nas propriedades em que estes se mostrarem viáveis.

O artigo está estruturado em três seções, além desta introdução. Na segunda seção, são apresentados os procedimentos metodológicos; na terceira seção, os resultados obtidos e, por fim, são apresentadas as considerações finais.

METODOLOGIA

Definição de termos e variáveis e os modelos utilizados na mensuração da quantidade produzida de CO₂

Fermentação entérica

A fermentação entérica ocorre no rúmen dos animais, sendo necessária a identificação de uma série de coeficientes técnicos para a mensuração da quantidade de CH₄ emitido, tais como quantidade de animais, peso médio dos animais, modo como são criados, alimentação recebida, porcentagem de vacas grávidas, entre outros (IPCC, 2007). Definidos esses coeficientes, a quantidade de CH₄ emitida é obtida através da identificação do requerimento energético do animal nas suas diversas funções fisiológicas

(metabolismo, alimentação, crescimento, lactação e prenhes), as quais mudam conforme a idade, o sexo e a função do animal. Os gastos energéticos incorridos em cada função são:

- Metabolismo

$$EN_m = 0,335 \times (m_{vaca})^{0,75} \quad (1)$$

em que: m_{vaca} é o peso da vaca em kg (DIAZ, 2006).

- Crescimento

$$EN_{cr} = 4,18 \times [(m_{vaca})^{0,75} \times (m_g)^{1,119} + m_g] \quad (2)$$

ou:

$$EN_{cr} = 1,42EM - (0,174XEM^2) + (0,0122XEM^3) - 1,65 \quad (3)$$

em que: m_g é o peso ganho pelo animal em kg. Porém, ressalta-se que vacas adultas já passaram da fase de crescimento e, assim, deve-se adotar o valor 0 para essa função fisiológica. EM, por sua vez, é a energia metabolizável:

$$EM = F(a) \times ED \quad (4)$$

em que: ED é a energia digestível e F(a) a parte do alimento consumido pelo animal que é aproveitada na forma de energia, não sendo excretada. Esta varia segundo o tipo de alimento consumido.

- Lactação

$$EN_l = m_{leite} \times (1,47 + 0,4 \times TG_{leite}) \quad (5)$$

em que: m_{leite} é a produção diária de leite (kg/dia) e TG_{leite} o teor de gordura do leite.

- Alimentação

$$EN_{al} = (F_A) \times EN_m \quad (6)$$

Em que F_A representa um fator determinado pelo modo como o animal é criado, o qual é igual a 0 para confinamento, 0,17 para pastoreio intensivo e 0,37 para pastoreio extensivo.

- Prenhez

$$EN_{pr} = 0,075 \times EN_m \quad (7)$$

- Energia bruta ingerida (EB)

A partir da energia consumida em cada atividade, é possível determinar o montante de energia gasto pelo animal:

$$EB = \frac{(EN_m + EN_l + EN_{al} + EN_{pr}) \times \left(\frac{100}{ED}\right)}{\left(\frac{EN}{ED}\right) + \left[\frac{EN_{cr}}{EN_{cr}/ED}\right]} \quad (8)$$

Considera-se que os animais jovens gastam energia apenas com o metabolismo, com a alimentação e com o crescimento, enquanto que machos adultos requerem energia para o metabolismo e a alimentação, e as vacas requerem energia para o metabolismo, a alimentação, a lactação e a prenhez (é ponderado pelo percentual de vacas prenhas).

Obtém-se o fator de emissão de CH₄ (kg/vaca-ano), conforme segue:

$$FE_{CH_4, fe} = \frac{365 \times EB \times TCM}{55,65 \left(\frac{MJ}{kgCH_4}\right)} \quad (9)$$

em que, TCM representa a taxa de conversão do CH₄, a qual varia conforme a digestibilidade do alimento (quanto maior a digestibilidade do alimento, menor é o FCM).

Após o cálculo do fator de emissão de CH₄, calcula-se a emissão total desse gás a partir da fermentação entérica:

$$ET_{CH_4,fe} = (FE_{CH_4,fe} \times n) \times \frac{GWP_{CH_4}}{1000} \quad (10)$$

em que: n representa o número de cabeças e GWP o potencial de aquecimento global do CH₄ em relação ao CO₂.

Para calcular a quantidade emitida de CH₄ através do sistema de gerenciamento de esterco (SGEA), é preciso calcular a quantidade de sólidos voláteis presente no esterco e o potencial de produção de CH₄ (Bo). O BO depende da região do planeta em que a fazenda se encontra. Segundo o IPCC (1996), este é igual a 0,13m³ CH₄ kgsv⁻¹ para a América Latina.

Os sólidos voláteis correspondem à parte do esterco representado pela matéria orgânica degradável. A quantidade gerada depende da energia bruta ingerida pelo animal e do teor de cinza, especificado como:

$$SV = EB \times \frac{1kg_{ms}}{18,45MJ} \times \left(1 - \frac{ED}{100}\right) \times \left(1 - \frac{C_{Cl}}{100}\right) \quad (11)$$

em que: C_{Cl} é o conteúdo de cinza no esterco (aproximadamente 8% para gado) e ED é a energia digestível do alimento. O fator de emissão de CH₄ para o SGEA é obtido conforme segue:

$$FE_{CH_4,SGEA} = 365 \times \left[BO \times SV \times \left(\frac{FCM}{100}\right)\right] \times \rho_{CH_4} \quad (12)$$

em que: Bo representa o potencial de produção de CH₄, FCM o fator de conversão de CH₄, o qual varia conforme o tipo de SGEA utilizado e o clima da região, e ρ_{CH_4} representa a massa específica do CH₄ (kg m⁻³). Com base no fator de emissão de CH₄, é possível calcular a emissão total de CH₄, a qual é dada por:

$$ET_{CH_4,SGEA} = (FE_{CH_4,SGEA} \times n) \times \frac{GWP_{CH_4}}{1000} \quad (13)$$

em que: GWP_{CH₄} é o potencial de aquecimento global do CH₄.

A emissão de óxido nitroso é calculada através da especificação seguinte:

$$ET_{N_2O} = (FE_{N_2O} \times n) \times \frac{GWP_{NO_2}}{1000} \quad (14)$$

em que: GWP_{NO₂} é o potencial de aquecimento global do NO₂ (310 vezes mais nocivo do que o CO₂), FE₂ é o fator de emissão de NO₂ e n é o número de animais.

O fator de emissão de óxido nitroso, por sua vez, é obtido pela seguinte equação:

$$FE_{N_2O} = Nex \times FE_{SGEA} \times C_m \quad (15)$$

na qual: Nex é a excreção de nitrogênio (kgNO₂ animal⁻¹ ano⁻¹).

A redução de emissões (RE) por GEE é dada pela diferença entre duas configurações alternativas de gerenciamento de esterco agrícola, as quais podem ser denominadas como a configuração de referência (CR), aqui representada pelo modo atual de destinação dos dejetos bovinos e as emissões do projeto cuja viabilidade pretende-se calcular (biodigestor), que representa a configuração alternativa (PR).

$$RE = ET_{CR} - ET_{PR} \quad (16)$$

A quantidade gerada de biogás é obtida na forma de vazão volumétrica de biogás, considerando as necessidades energéticas de cada animal.

$$\dot{V}_{biogás} = \frac{(FE_{CH_4-CR} - FE_{CH_4-PR})}{\rho_{CH_4}} \times \left(\frac{100}{\%CH_4}\right) \quad (17)$$

Já a quantidade gerada de esterco é dada por:

$$\dot{m}_{água} = \dot{m}_{esterco} = \frac{\dot{m}_{biogás}}{FP_{biogás}} \times n_{vacas} \quad (18)$$

Para determinar quantidade de biogás necessária para o funcionamento de um motor ciclo Otto, recorre-se às especificações a seguir (WALSH et al., 1998):

$$FC_{biogás} = \frac{FC_{gasolina} \times PCI_{gasolina}}{PCI_{biogás}} \quad (19)$$

em que: FC_{gasolina} é o fator de consumo de gasolina, PCI_{gasolina} é o poder calorífico interno da gasolina e PCI_{biogás} é o poder calorífico interno do biogás. Porém, é preciso levar em consideração que a conversão de um motor ciclo Otto a gasolina para biogás acarreta uma perda de potência.

$$\dot{m}_{biogás} = FC_{biogás} \times (1 - FPP) \times \dot{W}_{motor} \quad (20)$$

em que: \dot{W}_{motor} é a potência do motor, FPP é o fator de perda de eficiência do motor e $\dot{m}_{biogás}$ é o consumo de biogás. Segundo PICCININI et al. (1996), é preciso de 0,58m³ kwh⁻¹ de biogás para operar um motor de 15KW com um biogás composto por 65% de CH₄, enquanto que DIAZ (2006) considera que é preciso de 0,59m³ kwh⁻¹.

Fonte de dados

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC (1996) desenvolveu uma metodologia para o cálculo das emissões de CH₄, buscando suprir a necessidade da consideração das características associadas à região e ao modo como o gado é produzido, uma vez que esses fatores influenciam na quantidade de GEE produzido.

Para a aplicação da metodologia do IPCC (1996), foram feitas algumas modificações, conforme

sugerido por DIAZ (2006) e PRATI (2010). Assim, procede-se à correção dos coeficientes utilizados, conforme sugerido pela EMBRAPA (2002). Os dados utilizados referem-se à produção de gado discriminada, segundo a quantidade de animais por propriedade rural, disponibilizados pelo IBGE (censo agropecuário de 2006) e o número de vacas ordenhadas no Rio Grande do Sul, disponibilizado pela EMBRAPA Gado de Leite.

Quando se analisa a distribuição do rebanho bovino, segundo as mesorregiões e o tamanho das propriedades em termos absolutos (Tabela 1), observa-se que a mesorregião com maior rebanho bovino em propriedades que possuem entre 10 e 50 cabeças é a Sudoeste (1.352.312), seguida pela mesorregião Noroeste (1.332.477) e Sudeste (708.032).

Outro fato que chama a atenção é a quantidade de animais que se encontra em propriedades com menos de 10 cabeças, 4.135.280, das quais 1.081.066 (26%) se encontram na mesorregião Noroeste e 725.301 (18%) na região Sudeste. Cada uma das demais regiões possui em torno de 12% do total de animais em propriedades com até 10 animais, e a exceção é a região Nordeste, que possui apenas 8% (Tabela 1).

A predominância da produção bovina em pequenas propriedades pode limitar a possibilidade de uso de biodigestores, ao exigir que uma parcela maior do custo fixo seja carregada em cada unidade produzida, dada a existência de economias de escala, conforme verificado por CERVI (2010). Segundo esse autor, é necessário um investimento de R\$ 190,00 por m³ para a construção de um biodigestor que produz 43m³ diários de biogás, enquanto que o investimento por m³ em um biodigestor que produz 1.500m³ diários de biogás é de apenas R\$ 80,00 por m³.

RESULTADOS

Para o cálculo da emissão total de GEE, subdividiu-se o rebanho de gado segundo a idade e a função, a partir de dados do Censo agropecuário (IBGE). Assim, 43% dos animais correspondem a vacas leiteiras, ou fêmeas (vacas e novilhas com mais de dois anos de idade), 15% correspondem a machos adultos (touro, bois e garrotes para corte e bois e garrotes para os trabalhos) e 42% correspondem a animais jovens (bezerros e bezerras com menos de dois anos de idade).

Conforme se observa na tabela 2, a bovinocultura gaúcha é responsável pela emissão de 1.601.426ton CO₂ equiv ano⁻¹ ao CH₄, através do manejo do esterco, sendo que, desse total, 348,45

é emitido através do manejo do esterco em lagoas anaeróbicas, 791.914 é emitido por esterco que permanece no pasto e 17.598 é emitido por esterco que é armazenado e, posteriormente, usado sem nenhum tratamento. Segundo a EMBRAPA (2002), as emissões de CH₄ estavam entre 800 e 1200 toneladas em 1995, indicando que o incremento do rebanho bovino aumentou a emissão de CH₄ no período 1995-2005 em cerca de 600.000 toneladas.

Em relação ao NO₂, tem-se que a bovinocultura gaúcha emite 4.486.709ton CO₂ equiv. ano⁻¹. Dessas, 11.776ton ocorrem através de lagoas anaeróbicas, 3.532.842ton, por meio do esterco que fica no pasto e 942.091 são geradas por meio de esterco que é armazenado para uso posterior. Assim, tem-se 6.088.136ton CO₂ equiv. ano⁻¹ (CH₄ e NO₂), que são emitidas através do manejo do esterco. Com a adição da emissão entérica (18.169.047ton CO₂ equiv. ano⁻¹), tem-se que a bovinocultura gaúcha emite cerca de 24.257.183ton CO₂ equiv. ano⁻¹.

Conforme indicado pela tabela 2, a utilização do biodigestor aumenta a emissão de GEE (-745.821, -460.405, -1.633.654, respectivamente, para vacas de corte, machos e jovens), contrariando as expectativas. Ressalta-se que os cálculos realizados se baseiam em DIAZ (2006). Porém, este utiliza, para o fator de emissão de CH₄ no gerenciamento de esterco, um BO de 0,24, enquanto que o IPCC e a EMBRAPA recomendam um BO de 0,13. A mudança do valor desse parâmetro mostra-se fundamental na determinação da viabilidade ou não do projeto, pois se reflete diretamente na quantidade de biogás gerado. Enquanto, no primeiro caso, obtém-se uma produção de 1,08m³ animal-dia⁻¹ de biogás por vaca leiteira, no segundo caso, a produção cai para 0,61m³ animal-dia⁻¹. Isso inviabiliza a construção do biodigestor, haja vista que o VPL torna-se negativo quando se consideram os custos de instalação recomendados por DIAZ (2006) e uma taxa de juros equivalente à do programa mais alimento (2%), pois a receita total gerada é inferior aos custos incorridos, mesmo considerando a renda extra oriunda da obtenção de adubo e energia elétrica (0,22KW dia⁻¹ por bovino vendida a 0,34R\$ KW⁻¹). Segundo ESPERANCINI et al. (2007), o litro de nitrogênio é vendido a R\$3,87, a R\$3,22 fósforo e R\$1,90 o potássio, sendo que cada litro de biofertilizante possui 1,60g de nitrogênio, 0,52g de fósforo e 0,45g de potássio.

Além disso, o FCM para o esterco que fica no pasto e que é armazenado para uso posterior é, respectivamente, igual a 1,5% e 0,5%, enquanto que o FCM para o esterco tratado em biodigestores é de 5%. A consequência é a impossibilidade de recorrer-se

Tabela 1 - Efetivo de bovinos por mesorregião.

Mesorregião	Até 10	De 10 a 19	De 20 a 49	De 50 a 99	Mais de 100	Menos de 50	Entre 10 e 50
Noroeste	1.081.066	829.655	502.821	50.282	50.282	2.413.543	1.332.477
Nordeste	323.294	165.086	130.693	34.393	34.393	619.074	295.780
Centro-Occidental	471.091	323.034	309.574	107.678	134.598	1.103.700	632.608
Centro-Oriental	486.665	157.230	74.872	14.974	14.974	726.255	232.102
Metropolitana	506.938	140.383	85.789	23.397	23.397	733.110	226.172
Sudoeste	540.925	540.925	811.387	439.501	1.048.041	1.893.236	1.352.312
Sudeste	725.301	379.920	328.112	120.883	172.691	1.433.333	708.032

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Censo agropecuário (IBGE).

ao aproveitamento dos créditos de carbono, fazendo com que o próprio produtor arque com os custos de instalação do biodigestor, além de perder a receita oriunda dos créditos de carbono.

A única exceção refere-se às vacas de leite, e a explicação encontra-se na taxa de excreção de nitrogênio. Enquanto o gado leiteiro apresenta Nex de 70%, o gado de corte apresenta Nex de 40%. Assim, a adoção de biodigestores acarretaria na mitigação anual de 46.902ton equiv. CO₂ ano⁻¹, permitindo a geração de R\$ 713.147,00 em créditos de carbono e a emissão de 1.018.138,956m³ de biogás por ano, com os quais poderiam ser produzidos 4.698MW de energia elétrica. E, mesmo considerando um cenário mais pessimista em que o produtor recolha apenas o esterco que fica nas suas instalações (por exemplo, 50% do total produzido pela vaca), então 23.451 toneladas equivalentes de CO₂ deixariam de ser emitidas. Isso permite a geração de cerca de R\$ 356.567,00 em créditos de carbono e a obtenção de 3.982.146m³ de biogás por ano, o que possibilita produzir 2.349MW de energia elétrica.

Segundo SCHENINI et al (2006), a produção de energia elétrica no Brasil emite 0,45kg de CO₂ por MW de energia elétrica gerada. Assim, a produção dessa energia com o uso do biodigestor permitiria a mitigação de 2.114ton equiv. de CO₂ e a obtenção de R\$ 32.142,00 créditos de carbono adicionais (R\$ 35.716,00, caso se considere o aproveitamento de apenas 50% do esterco gerado).

CONCLUSÃO

A bovinocultura é responsável pela emissão de um montante significativo de gases GEE (24.257.183ton de CO₂ equiv. ano⁻¹), sendo necessária a adoção de medidas que visem à mitigação dessa emissão. Entre estas, destaca-se a construção de biodigestores para o tratamento do esterco gerado nas propriedades, os quais, além de evitarem a emissão de

CO₂, ainda representam uma fonte de renda extra para as propriedades. Outra possibilidade é a realização de políticas visando a diminuir o consumo de carne bovina, ou a substituição desta pelo consumo de outras carnes que emitem menos CO₂ ao longo da sua produção. Porém, nesse caso, fica-se sujeito às preferências dos consumidores, os quais tendem a se mostrar bastante resistentes à ideia de diminuir o consumo de carne.

Os resultados encontrados corroboraram as expectativas *a priori*, evidenciando que a emissão de gases pela bovinocultura realmente é elevada no RS. Porém, a adoção de biodigestores se mostra viável apenas em 63% das propriedades que possuem gado leiteiro, as quais possuem mais de 20 animais por propriedade. Infelizmente, nas propriedades com menos de 20 animais, a receita auferida não compensa os custos incorridos, e isso limita o montante de CO₂ mitigado. Mesmo assim, a implantação de biodigestores se justifica, uma vez que deixariam de ser emitidos 49.016ton equiv. CO₂ ano⁻¹, o que representa 3% da emissão atual.

Além disso, há necessidade de criação de um arcabouço político-institucional mais favorável que estimule a adoção de iniciativas que visam à produção de carne e leite através da adoção de processos produtivos mais eficientes, tanto do ponto de vista econômico quanto do ambiental. A destinação atual dos dejetos representa um potencial de geração de energia elétrica desperdiçado e uma emissão de gases causadores de aquecimento global que poderiam deixar de ser emitidos.

Por fim, ressalta-se a necessidade da realização de novos estudos econômicos que busquem contornar as dificuldades enfrentadas, mensurando com uma maior precisão os custos administrativos e a quantidade emitida de gases, bem como de pesquisas que visem a melhorar o processo produtivo, seja através do desenvolvimento de biodigestores mais eficientes e baratos, ou do desenvolvimento de motores que consigam um melhor aproveitamento do biogás.

Tabela 2 - Valores encontrados para a emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE).

Parâmetro	Vaca (leite)	Vaca (corte)	Machos	Jovens	Total
Percentual de animais	0,43	0,43	0,15	0,42	100%
Número de animais	1.203.601 ¹	3.201.757	2.023.494	4.755.395	11.184.248
F E lagoa anaeróbica	109,51	116,30	121,95	0,69	348,45
E. T. lagoa anaeróbica	138.395	390.966	259.107	3444	7.91.914
E. T. NO ₂ em lagoa anaeróbica	2.052	3.119	1.971	4633	11.776
F. E. no ₂	0,11	0,06	0,06	0,06	0,30
F. E. fermentação entérica	140,78	130,00	136,32	0,77	407,88
E. T. fermentação entérica	3.558.246	8.740.886	5.792.900	77.014	18.169.047
F. E. pasto	7,30	7,75	8,13	0,05	23,23
E. T. pasto	138.395	390.966	259.107	3.444	791.914
F. E. NO ₂ pasto	2,20	1,26	1,26	1,26	5,97
E. T. NO ₂ pasto	615.641	935.827	591.438	1.389.934	3.532.842
F. E. armazenado	0,61	0,65	0,68	0,00	1,94
E. T. armazenado	3.075	8.688	5.757	76,55	17.598
F. E. NO ₂ armazenado	2,20	1,26	1,26	1,26	5,97
E. T. NO ₂ armazenado	164.171	249.554	157.716	370.649	942.091
Total metano	279.866	790.620	523.972	6.966	1.601.426
Total NO ₂	781.865	1.188.501	751.126	1.765.216	4.486.709
Emissão total (sist. atual)	1.061.731	1.979.122	1.275.099	1.772.182	6.088.136
Emissão total	4.619.977	10.720.009	7.068.000	1.849.196	24.257.183
F. E. biodigestor	6,08	6,46	6,78	0,04	19,36
E. T. biodigestor	153.772	434.407	287.897	3.827	879.904
Emissão total biodigestor	1.014.828	2.724.944	1.735.505	3.405.837	8.881.115
Emissão evitada	46.902	-745.821	-460.405	-1.633.654	-2.792.979

Fonte: Os autores.

REFERÊNCIAS

BANCO MUNDIAL. **Carbon finance at the World Bank**. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/ESSDNETWORK/NewsAndEvents/20546024/CarbonFinanceQA.pdf>>. Acesso em: ago. 2012.

BONTURI, G. de L.; VAN DIJK, M. Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v.8, n.2, p.88-95, 2012.

CERVI, R.G. et al. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suínica para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.5, p. 831-844, 2010.

DIAZ, G.O. **Análise de sistemas para resfriamento de leite em fazendas leiteiras com o uso de biogás gerado em projetos MDL**. 2006. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Escola Politécnica de São Paulo, SP.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Primeiro inventário brasileiro de emissões Antrópicas de gases de efeito estufa**. Relatórios de referência. Emissões de metano da pecuária. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. 86 p.

ESPERANCINI, M.S.T. et al. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás

emassentamento rural do Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.1, p.110-118, 2007.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL FOR CLIMA CHANGE). **Guidelines for national greenhouse gas inventories: reference manual**. Wembley, United Kingdom 1996. 50 p.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL FOR CLIMA CHANGE). **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge, 2007. 80 p.

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

PICCININI, S. et al. **Biogas use in pig breeding: sizing and installation of cogenerators in Italy**. Italy: CRPA e ENEL, 1996. 25 p.

PRATI, L. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores**. 2010. 83 p. Monografia de Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SCHENINI, P.C. et al. **O mecanismo de desenvolvimento limpo como atrativo ao investimento ambiental: estudo de caso em um frigorífico de bovinos**. In: SEGeT, 3. – SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2006, Resende RJ –Anais.do SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. Resende RJ, 2006.12 p.