



ARTIGO ORIGINAL

Vinícius Costa Gomes de Castro^{1*}
João Maria do Amaral Júnior¹
Lucieta Guerreiro Martorano²
Paulo Campos Christo Fernandes³
Samanta do Nascimento Monteiro¹
José de Brito Lourenço Júnior¹

Emissões de metano entérico em búfalas na Amazônia Oriental: TIER 2 e hexafluoreto de enxofre

Enteric methane emission in buffaloes in the Eastern Amazon: TIER 2 and sulfur hexafluoride

¹ Universidade Federal do Pará – UFPA, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Rodovia BR 316, km 61, Saudade I, 68740-970, Castanhal, PA, Brasil

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Rua Vera Paz, Sales, Campus UFOPA, 68035-110, Santarém, PA, Brasil

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, km 18, BR-020, 73310-970, Brasília, DF, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: vinicius.c.gomes@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Coprodutos
Gases de efeito estufa
Nutrição
Ruminante

KEYWORDS

Co-products
Greenhouse gases
Nutrition
Ruminants

RESUMO: No Brasil, a agropecuária é apontada como grande emissora de gases de efeito estufa (GEE), sendo os setores da pecuária e o uso do solo os que contribuem significativamente. Neste artigo se comparam as emissões de metano entérico, através do uso de equações do TIER 2, que considera a categoria do animal, o sistema de produção e a dieta, e pela técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆). Vinte búfalas adultas foram mantidas em baias individuais, onde recebiam dieta controlada, com níveis de adição de 0,00, 0,25, 0,50 e 1,00% de torta de dendê (*Elaeis guineensis*). As dietas foram semelhantes nas duas metodologias, em energia digestível e metabolizável. Esses dados experimentais foram obtidos no âmbito do Projeto PECUS. Os resultados evidenciaram médias de emissão similares entre as metodologias, exceto no tratamento com 1% de adição da torta de dendê (Tukey, 5%). A medição com o gás traçador SF₆ possui sensibilidade para avaliar as emissões, entretanto, envolve custos elevados. O TIER 2 pode ser considerado alternativa de baixo custo para estimar as emissões de metano entérico de ruminantes no Bioma Amazônia.

ABSTRACT: In Brazil, agriculture and livestock are considered major emitters of greenhouse gases (GHG), with animal production and land being significant contributors. In this paper we compare the enteric methane emissions through the use of TIER 2 methodology, which considers the animal category, the production system, and diet type; we also used the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer gas technique. Experimental data were obtained from the PECUS Project. Twenty adult buffaloes were kept in individual stalls and fed with four diets consisting of 0.00, 0.25, 0.50 and 1.00% levels of palm cake (*Elaeis guineensis*). The diets were similar in digestibility and metabolizable energy in both methodologies. The results showed similar emission averages among the methodologies, except for the 1% level of palm cake. Thus, TIER 2 can be considered a good estimator of enteric methane emissions when the nutritional composition of the diet and other animal characteristics are known. Measurements with trace gas SF₆ show good sensitivity to assess enteric methane emissions; however, they involve high costs, basically associated with the animals and their diet, skilled workers, equipment for sampling, and laboratory facilities.

1 Introdução

Os gases de efeito estufa (GEE) estão naturalmente em abundância na atmosfera terrestre e são responsáveis pelo bloqueio de parte da radiação infravermelha. Gases como vapor d'água, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e ozônio (O_3) são essenciais na manutenção da vida na Terra, entretanto, estudos apontam que o nível de concentração de alguns deles vem aumentando na atmosfera, como consequência de atividades antrópicas relacionadas ao desmatamento, queimadas e uso do solo sem práticas conservacionistas, apontadas como responsáveis pelo aquecimento global (Brasil, 2016).

Nos últimos 50 anos, as projeções de clima, até o fim do século XXI, afirmam que haverá mudanças climáticas no planeta (Meehl et al., 2007). O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas avaliou vários trabalhos científicos que apontaram alterações significativas no clima. O IPCC (2006) afirmou que a temperatura média no planeta subiu em torno de $0,7^\circ\text{C}$ ao longo do século XX, e que há aceleração no aquecimento global.

No Brasil, a agropecuária é apontada como grande emissora de GEE, sendo os setores da pecuária e o uso do solo os que contribuem significativamente. Em 2014, a emissão da agropecuária brasileira representou cerca de 20% da emissão total de GEE (SEEG, 2016). Especificamente na pecuária, uns dos principais fatores de emissão de GEE vêm do metano oriundo da fermentação entérica de ruminantes, participando com 68% das emissões pelo setor pecuário (Berchielli et al., 2012). Na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, o Brasil se comprometeu a reduzir emissões de GEE. Assim, no terceiro inventário de GEE, em 2014, observou-se que cerca de 60% foi decorrente da fermentação entérica e 31% pelos solos agrícolas, correspondendo a 91% das emissões por ações antrópicas do agronegócio (Brasil, 2016).

A emissão de CH_4 pelos ruminantes representa perda de parte da energia ingerida pelos animais, influenciada pela qualidade e quantidade dos alimentos ingeridos, sistema digestivo e idade do animal. Estratégias nutricionais são avaliadas para reduzir as emissões, por exemplo, a suplementação lipídica na dieta de ruminantes. Observou-se que para cada 1% de acréscimo de gordura na dieta houve redução de até 6% na produção de $\text{CH}_4 \cdot \text{kg}^{-1}$ de matéria seca consumida (Abdalla et al., 2008).

Na região Norte se concentram aproximadamente 900 mil cabeças de búfalos, ou 66% do efetivo nacional, especialmente na Ilha do Marajó, estado do Pará, onde é fonte primária de carne, leite e couro, além de ser animal símbolo da cultura regional (Silva et al., 2014; IBGE, 2017a). O dendezeiro está entre as oleaginosas tropicais de maior rendimento e potencial na obtenção de óleo, e para cada 100 toneladas de cachos processados são obtidas três toneladas da torta (Furlan Junior et al., 2006). É um produto com boa disponibilidade no estado do Pará que, em 2015, se destacou em nível nacional, com 87% da produção (IBGE, 2017b).

Diversas metodologias têm sido testadas para avaliar as emissões de GEE, entre as quais se destacam as equações matemáticas para estimar as emissões de metano entérico e a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), o qual determina as emissões “*in vivo*”. O Painel Intergovernamental de Mudanças

Climáticas desenvolveu equações que permitem inventariar a produção de metano, como TIER 1, TIER 2 e TIER 3, e que dependem de informações das características dos animais e alimentos consumidos. Neste artigo se comparam as emissões de metano entérico estimadas por TIER 2 e as determinadas com uso do SF_6 , em búfalas consumindo diferentes níveis de torta de dendê (*Elaeis guineensis*) na Amazônia Oriental.

2 Material e Métodos

Neste trabalho foram utilizadas duas metodologias, uma para determinar a emissão de metano entérico, através da técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), e outra a partir do método TIER 2. Os dados experimentais foram obtidos no âmbito do Projeto PECUS. Todos os procedimentos experimentais com os animais foram aprovados de acordo com o Comitê de Ética em pesquisa com animais da Embrapa Amazônia Oriental.

Os dados utilizados foram obtidos de experimento de campo, pela técnica com SF_6 . O estudo foi desenvolvido na Unidade de Pesquisa Animal “Senador Álvaro Adolpho” ($1^\circ 28' \text{S}$ e $48^\circ 27' \text{W}$), da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, com 20 fêmeas bubalinas, secas e não gestantes das raças Murrah e Mediterrâneo, com idade e peso médio iniciais de 32 ± 05 meses e 476 ± 39 kg, manejadas em sistema de confinamento em baias individuais, adaptadas durante 21 dias às dietas experimentais, com acesso a água e mistura mineral *ad libitum*.

Foram utilizados quatro tratamentos e cinco repetições, com níveis de adição de 0,00, 0,25, 0,50 e 1,00% de torta de dendê (*Elaeis guineensis*), em relação ao peso vivo do animal, além de 0,15% de farelo de trigo, como palatabilizante, e silagem de milho, como volumoso. Os animais foram arraçoados individualmente duas vezes ao dia às 08h00min e às 17 h 00 min. As quantidades de silagem eram pesadas diariamente e ajustadas para sobras de até 10%.

As análises bromatológicas das dietas experimentais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Pará – UFPA/Campus Castanhal, para avaliar o conteúdo de matérias seca, orgânica e mineral dos alimentos, de acordo com as recomendações da AOAC (2005). A fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido seguiram o método sequencial, descrito por Van Soest et al. (1991). As determinações de proteína bruta foram efetuadas pelo método Kjeldahl (AOAC, 2005). A composição química dos ingredientes das dietas experimentais em matéria seca está apresentada na Tabela 1.

Na primeira metodologia, a avaliação da emissão de metano entérico foi realizada utilizando-se a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), conforme metodologia descrita por Johnson et al. (1994). A técnica consiste em colocar no rúmen do animal uma cápsula que libera o SF_6 , cuja taxa de liberação é conhecida antes da sua inserção no rúmen. Assume-se, neste método, que o padrão de emissão de SF_6 simula o padrão de emissão de CH_4 .

Os animais passaram por período de 15 dias de adaptação ao uso de cabresto e canga coletora, antes de iniciar as coletas, com a finalidade de evitar alterações no consumo voluntário, induzidas pelo estresse. Utilizou-se canga coletora-armazenadora em tubo de PVC de 60 mm de classe 20, tendo pressão interna

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas de búfalas suplementadas com torta de dendê.**Table 1.** Chemical composition of the dietary ingredients in buffaloes supplemented with palm cake.

Composição nutricional (%MS)	Ingrediente		
	Torta de dendê	Farelo de trigo	Silagem de milho
Matéria seca	90,44	85,85	29,40
Matéria orgânica	95,82	93,51	94,92
Proteína bruta	14,27	16,77	7,73
Fibra em detergente neutro	66,30	49,10	56,07
Fibra em detergente ácido	41,49	12,80	31,48
Extrato etéreo	12,53	3,64	3,17

próxima de zero atmosfera, calibrada para atingir meia atmosfera de pressão no final do período de coleta, mediante tubo capilar de aço inoxidável, com 0,127 mm de diâmetro interno, preso a um cabresto. A calibração foi determinada pelo comprimento do tubo capilar que, no caso, apresentou aproximadamente 4 cm, para um período de 24 horas.

A canga foi conectada ao tubo capilar por meio de engate rápido. Após a adaptação dos animais ao aparato de amostragem, as coletas dos gases ruminais foram realizadas ao longo de cinco dias consecutivos. Os animais foram removidos de suas baias às 07h30min e conduzidos para o curral de manejo, onde as amostras foram coletadas.

As cangas coletoras foram transportadas para o laboratório, onde as amostras foram diluídas e a pressurização das cangas mensuradas, até atingir pressão aproximada de 1,2 atm com injeção de nitrogênio, e leituras de pressão feitas em medidor digital ($\pm 0,01$). As curvas de calibração foram estabelecidas utilizando-se padrões de gases certificados pela White Martins/Praxair, com concentração em ppt (34 ± 9 , 91 ± 9 e 978 ± 98 ppt) para SF₆ e para mensuração do CH₄ em ppm (4,85 e 20 ppm), conforme Westberg et al. (1998).

As concentrações de CH₄ e SF₆ foram determinadas em cromatógrafo a gás Modelo 7890A, equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna megabore (0,53 μ m, 30 m) Plot HP-Al/M (para CH₄) e detector de captura de elétrons (μ -ECD) e coluna megabore HP-MolSiv (para SF₆).

Na segunda metodologia, denominada TIER 2 (IPCC, 2006), as dietas foram usadas para estimar o fator de emissão de metano entérico nas 20 búfalas do experimento de campo. Para quantificar a necessidade de energia requerida para essa categoria animal foram utilizadas equações para calcular a energia de manutenção, atividade, crescimento e trabalho. A equação para estimar a energia líquida de manutenção foi $NEm = Cf_i \cdot (PV)^{0,75}$, onde NEm: energia líquida requerida pelo animal para manutenção em MJ.dia⁻¹; Cf_i: coeficiente que varia para cada categoria animal, para búfalos não lactantes (0,322); PV: peso vivo do animal em kg.

A estimativa de energia líquida para atividade ao longo do dia, como busca de alimento, consumo de água e se manter protegido de chuva e sol, para seu bem-estar, é mensurada através da equação $NEa = Ca \cdot NEm$, onde NEa: energia líquida para a

atividade animal, em MJ.dia⁻¹; Ca: coeficiente correspondente à situação da alimentação animal, para búfalos confinados (0,00). NEm: energia líquida requerida pelo animal para manutenção em MJ.dia⁻¹. Esse componente não foi considerado, pois os animais estavam em confinamento, portanto, sem demanda de energia para essas atividades.

A equação para estimar energia líquida para crescimento foi $NEG = 22,02 \cdot (BW/C \cdot MW)^{0,75} \cdot WG^{1,097}$, onde NEG: energia líquida necessária para o crescimento em MJ.dia⁻¹; BW: média do peso vivo dos animais na população em kg; C: coeficiente com um valor de 0,8 para fêmeas; MW: peso de maturidade corporal dos animais em kg; WG: ganho de peso diário médio dos animais da população, em kg.dia⁻¹.

A equação utilizada para estimar a razão entre energia líquida disponível na dieta para manutenção e energia digestível consumida foi $REM = [1,123 - (4,092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1,126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - 25,4/DE\%]$, onde REM: razão entre energia líquida disponível na dieta de manutenção e energia digestível consumida; DE%: energia digestível, expressa em percentagem da energia bruta.

Para estimar a razão entre energia líquida disponível na dieta para crescimento e energia digestível consumida, a equação foi $REG = [1,164 - (5,160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1,308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - 37,4/DE\%]$, onde REG: razão entre energia líquida disponível para o crescimento em uma dieta e energia digestível consumida; DE%: energia digestível, expressa em percentagem da energia bruta.

As equações REM e REG relacionam a energia líquida disponível no alimento e as exigências para o crescimento e manutenção, depois se calcula a exigência de energia bruta para cada animal em sua categoria.

Utilizou-se a equação para estimar a exigência de energia bruta: $GE = \{[(NEm + NEa)/REM] + NEG/REG\} / DE\% / 100$, onde GE: energia bruta em MJ.dia⁻¹; NEm: energia líquida requerida pelo animal para manutenção em MJ.dia⁻¹; NEa: energia líquida para a atividade animal em MJ.dia⁻¹; REM: razão entre energia líquida disponível na dieta de manutenção e energia digestível consumida; NEG: energia líquida necessária para o crescimento em MJ.dia⁻¹; REG: razão entre energia líquida disponível para o crescimento em uma dieta e energia digestível consumida; DE%: energia digestível, expressa em percentagem da energia bruta.

Para estimar o fator de emissão em kg de CH₄.cabeça⁻¹.dia⁻¹ (FE), utilizou-se a equação $FE = \{[GE \cdot (Ym/100)] \cdot 365\} / 55,65$, onde: GE: ingestão de energia bruta em MJ.cabeça⁻¹.dia⁻¹; Ym: fator de conversão de metano contido na alimentação, para búfalos criados a pasto (6,5% \pm 1%).

O delineamento experimental para avaliar os dados com SF₆ e TIER 2 foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. As emissões com SF₆ e TIER 2 foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e ao Teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa *Statistical Analysis System* (SAS).

3 Resultado e Discussão

As médias das emissões de metano entérico (Tabela 2), determinadas pelo SF₆ e as estimadas no TIER 2, evidenciam que não houve diferenças significativas entre si ($p > 0,05$) nos tratamentos controle e com adição de 0,25 e 0,50% de torta de

dendê na dieta, o que indica que o TIER 2 pode ser utilizado como estimador dessas emissões, quando se conhecem a composição nutricional da dieta e características do animal, tais como categoria, peso, sexo e sistema de produção.

Entretanto, as medições com SF₆ no tratamento com 1,00% de torta de dendê em relação ao peso vivo, foram inferiores ($p < 0,05$) às estimadas pelo TIER 2. Esse fato pode ser explicado pelo maior teor de lipídios na dieta, que reduz a emissão de metano entérico, e que pôde ser detectado com maior precisão através da metodologia com o gás traçador (SF₆), que possui sensibilidade para avaliar emissões de metano entérico em animais que receberam dieta com maior nível de inclusão de componentes redutores da produção de metano (Figura 1).

A dieta é fator importante que influencia a produção de metano entérico, por ser fornecedora de substrato para os micro-organismos metanogênicos (Morgado et al., 2012). O avanço nos estudos de lipídios em dietas de ruminantes é resultado do conceito de que a manipulação da dieta usando suplementação com esse componente apresenta-se como estratégia capaz de influenciar uma variedade de processos fisiológicos ou alterar o perfil de ácidos graxos de produtos alimentícios derivados de ruminantes (Pereira et al., 2017). Outra razão para a realização da suplementação com gordura em dietas de ruminantes é o aumento de sua concentração energética. Ácidos graxos produzem mais energia do que outros nutrientes orgânicos, quando metabolizados pelo animal.

Tabela 2. Estimativa e medição de metano entérico de búfalas recebendo dieta com diferentes níveis de inclusão de torta de dendê.

Table 2. Estimating and measuring enteric methane in buffaloes receiving diet with different inclusion levels of palm cake.

Nível de inclusão de torta de dendê (%)	Método de avaliação	
	TIER 2	SF ₆
0,00	58,08 (±2,85) aA	78,16 (±33,13) aA
0,25	57,83 (±2,46) aA	70,28 (±25,76) aA
0,50	57,79 (±2,73) aA	62,46 (±27,15) aA
1,00	57,23 (±4,85) aA	27,65 (±3,60) bB

Média seguida por letras minúsculas e maiúsculas diferentes, nas linhas e colunas, diferiu entre si ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

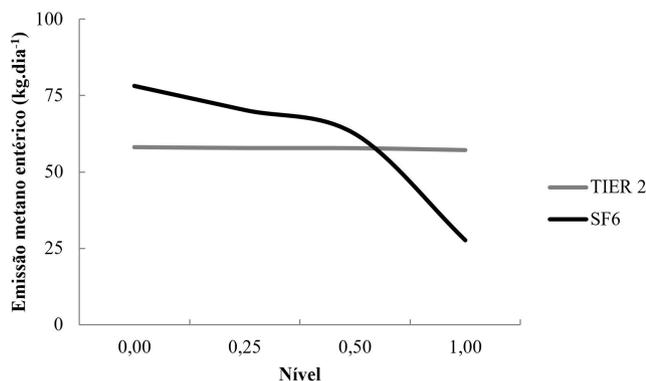


Figura 1. Emissão de metano entérico de búfalas recebendo dieta com diferentes níveis de inclusão de torta de dendê, pelas técnicas TIER 2 e SF₆.

Figure 1. Methane enteric measurement in buffaloes receiving diet with different levels of palm cake inclusion, TIER 2 and SF₆ techniques.

Segundo o NRC (2007), o valor energético de fontes lipídicas é, no mínimo, duas vezes superior aos de grãos de cereais.

Os resultados deste trabalho reforçam a afirmativa que o acréscimo de gordura na dieta reduz a produção de CH₄.kg⁻¹ de matéria seca consumida por ruminantes (Abdalla et al., 2008). A máxima emissão foi identificada nos animais em tratamento controle, ou seja, que não receberam a torta de dendê. Os resultados evidenciam que o TIER 2 estimou as emissões de metano entérico para dietas com inclusão de até 0,50% de torta de dendê em função do peso vivo das búfalas, quando os resultados não diferiram estatisticamente entre os dois métodos analisados. Para formulações de concentrados recomenda-se que a adição de lipídio total não ultrapasse 6 a 7% da matéria seca dietética (Hollmann & Beede, 2012), por influenciar a digestão ruminal, reduzir a digestibilidade da fibra e influenciar, também, a produção de metano e a relação acetato:propionato.

No aspecto nutricional, pesquisas evidenciam que a taxa de emissão de metano entérico pode ser influenciada pelo alimento ingerido, especialmente pelo tipo de carboidrato e da taxa de sua fermentação, o que diminui a disponibilidade de H₂ e altera o pH e a microbiota ruminal (Codognoto et al., 2014). A inclusão de gordura na dieta é interessante por ser fonte densa de energia, pois enquanto carboidratos têm cerca de 4 Mcal.kg⁻¹, a gordura tem 9 Mcal.kg⁻¹; é fonte de ácidos graxos essenciais, melhora a absorção de vitaminas lipossolúveis e melhora a eficiência energética das dietas (Nicacio et al., 2015).

As estimativas de emissão de metano entérico com o TIER 2 apresentaram valores próximos às determinadas através da técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆), até a inclusão da torta de dendê de 0,50% do peso vivo, mas superestima para inclusão em 1,00%. Portanto, o TIER 2 pode ser utilizado em inventários de emissões de metano por ruminantes no Bioma Amazônia, por ser de fácil uso, enquanto a metodologia do gás traçador necessita de mão de obra qualificada, estrutura laboratorial e rede de pesquisa consolidada.

4 Conclusão

O TIER 2 é um bom estimador de emissões de metano entérico, quando se conhecem a composição da dieta nutricional, idade, sexo e peso do animal, bem como as características dos sistemas de produção.

As emissões quantificadas pela técnica do gás traçador SF₆ exibem maior sensibilidade, por considerar respostas entre tipo de dieta, microbiota ruminal e metabolismo do animal. Os elevados custos e as especificidades de utilização da metodologia com SF₆, que necessita de animais adaptados, controle na sua alimentação, pessoal treinado, instalações, equipamentos de coleta e análise laboratorial, constituem fatores que limitam a aplicação em escala, considerando-se o rebanho de bubalinos na Amazônia.

O TIER2 apresenta-se como boa opção metodológica nas estimativas para os inventários de emissões do rebanho efetivo nos estados e municípios da região.

Referências

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C.; GODOI, A. R.; CARMO, C. A.; EDUARDO, J. L. P. Utilização de subprodutos da indústria

de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 260-268, 2008.

AOAC. *Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists*. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005.

BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. *Revista Brasileira Saúde e Produção Animal*, v. 13, p. 954-968, 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação. *Terceira comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima*. Brasília: MCTI, 2016. Disponível em: <sirene.mcti.gov.br/publicações>. Acesso em: 18 jul. 2017.

CODOGNOTO, L. C.; PORTO, M. O.; CAVALI, J.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Alternativas de mitigação de emissão de metano entérico na pecuária. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, v. 3, n. 1, p. 81-92, 2014.

FURLAN JUNIOR, J.; KALTNER, F. J.; AZEVEDO, G. F. P.; CAMPOS, I. A. *Biodiesel: porque tem que ser dendê*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 205 p.

HOLLMANN, M.; BEEDE, D.K. Enteric methane emissions and lactational performance of Holstein cows fed different concentrations of coconut oil. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 5, p. 2602-2615, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa pecuária municipal 2015*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3939#resultado>. Acesso em: 18 set. 2017a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Produção agrícola municipal*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 18 set. 2017b.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Emissions from livestock and manure management. In: IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Guidelines for national greenhouse gas inventories*. vol. 4: agriculture, forestry and other land use. Geneva: IPCC, 2006. chap. 10.

JOHNSON, K. A.; HUHLER, M. T.; WESTBERG, H. H.; LAMB, B. K.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environmental Science & Technology*, v. 28, p. 359-362, 1994.

MEEHL, G.A.; COVEY, C.; TAYLOR, K.E.; DELWORTH, T.; STOUFFER, R.J.; LATIF, M.; MCAVANEY, B.; MITCHELL, J.F.B. The WCRP CMIP3 Multimodel Dataset: a new era in climate change research. *Bulletin American Meteorological Society*, v. 88, p. 1383-1394, 2007.

MORGADO, E. S.; EZEQUIEL, J. M. B.; GALZERANO, L.; HOMEM JUNIOR, A. C. Produção in vitro de CH₄ e CO₂ em líquido ruminal de ovinos alimentados com dietas contendo alto teor de amido ou fibra solúvel em detergente neutro associado ou não ao óleo de girassol. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 14, n. 1, p. 81-84, 2012.

NICACIO, A. C.; NUNEZ, A. J. C.; MARINO, C. T.; NOGUEIRA, E.; FELTRIN, G. B.; OLIVEIRA, L. O. F.; ALBERTINI, T. Z.; BUNGENSTAB, D. J.; GOMES, R. C.; MEDEIROS, S. R. *Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações*. 1. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2015. 176 p.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Washington: NRC, 2007. 362 p.

PEREIRA, G. F. C.; CAVALCANTE, E. O.; LIMA, E. I. M.; TORRES, T. R.; SILVA, J. R. C.; SILVA, D. C. Plant extracts as phyto-genic additives considering intake, digestibility, and feeding behavior of sheep. *Tropical Animal Health and Production*, v. 49, p. 353-359, 2017.

SEEG – SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA. *Base de dados de emissões*. SEEG, 2016. Disponível em: <http://seeg.eco.br/>. Acesso em: 01 maio 2016.

SILVA, J. B.; FONSECA, A. H.; BARBOSA, J. D.; CABEZAS-CRUZ, A.; FUENTE, J. Low genetic diversity associated with low prevalence of *Anaplasma marginale* in water buffaloes in Marajó Island, Brazil. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, v. 5, p. 801-804, 2014.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WESTBERG, H. H.; JOHNSON, K. A.; COSSALMAN, M. W.; MICHAL, J. J. *A SF₆ tracer technique: methane measurement from ruminants*. Washington: Washington State University, 1998. 40 p.

Contribuição dos autores: Vinicius Costa Gomes de Castro desenvolveu as atividades para estimativa de emissões de metano entérico, através da metodologia TIER 2; João Maria do Amaral Júnior atuou na determinação de emissões de metano entérico, através da metodologia do SF₆; Lucieta Guerreiro Martorano contribuiu na sumariação, avaliação de dados experimentais e na redação do artigo; Paulo Campos Christo Fernandes contribuiu com a escrita científica; Samanta Monteiro do Nascimento contribuiu nas análises dos dados; José de Brito Lourenço Júnior contribuiu na avaliação de resultados experimentais, redação e revisão do artigo.

Fonte de financiamento: Embrapa Amazônia Oriental, através do Projeto PECUS/Bioma Amazônia, Universidade Federal do Pará/PPGCAN e CNPq.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.