Efeito da inclusão do amendoim forrageiro e da adubação nitrogenada sobre a produção de CH_4 entérico de novilhas em pastos de capim-marandu

Andressa Scholz Berça[1], Abmael da Silva Cardoso[2], Vanessa Zirondi Longhini[3], Luíza Freitas de Oliveira Melo[3], Robert Michael Boddey[4], Ana Cláudia Ruggieri[5]

[1]Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: dessaberca@yahoo.com.br
[2]Pós-doutorando do Programa Nacional de Pós-Doutorado, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: abmael2@gmail.com
[3]Doutorandas do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mails: ne_longhini@hotmail.com; luizafo_16@hotmail.com
[4]Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: robert.boddey@embrapa.br
[5]Professora da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: acruggieri@fcav.unesp.br

Resumo: O setor agropecuário é considerado um pilar da economia nacional, no entanto está entre os principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, contribuindo com 55,8% de metano (CH_4) proveniente da fermentação entérica. Frente a essa situação, o desafio no sistema produtivo de ruminantes é desenvolver dietas e estratégias de manejo que minimizem a produção de CH_4, de modo a reduzir os impactos do aquecimento global e aumentar a eficiência produtiva. O presente estudo teve como objetivo avaliar a emissão de CH_4 entérico por novilhas leiteiras mestiças mantidas em pastos de capim-marandu, fertilizados com nitrogênio ou em consórcio com amendoim forrageiro. Os tratamentos constaram de pastos de capim-marandu sem fonte nitrogenada, fertilizados com ureia e em consórcio com amendoim forrageiro. Para avaliação da emissão do CH_4, foi utilizada a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6). A emissão de CH_4 entérico diferiu entre períodos de avaliação e entre tratamentos, sendo as médias 46,2, 40,4 e 37,8 kg de CH_4/cabeça/ano para os tratamentos adubado, consórcio e controle, respectivamente. A inclusão da leguminosa em pastagens de capim-marandu constitui em uma alternativa para a mitigação de CH_4 entérico. A produção deste gás é afetada pelas variações sazonais de precipitação e temperatura que afetam a composição química do capim e, consequentemente, a emissão de CH_4, o que pode explicar a variação na sua produção entre períodos de avaliação.

Palavras-chave: consórcio, fermentação entérica, ureia

Os autores deste trabalho são os únicos responsáveis por seu conteúdo e são os detentores dos direitos autorais e de reprodução. Este trabalho não reflete necessariamente o posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Biometeorologia (SBBiomet).

The authors of this paper are solely responsible for its content and are the owners of its copyright. This paper does not necessarily reflect the official position of the Brazilian Society of Biometeorology (SBBiomet).

DOI: 10.6084/m9.figshare.5177119

Introdução

Atualmente muito se discute a respeito do impacto ambiental das atividades pecuárias e agrícolas, principalmente no que se refere às mudanças climáticas. De acordo com o último inventário nacional de emissões de gases (MCTI, 2016), o setor agropecuário é responsável por 33% do total das emissões de gases do efeito estufa (GEE) do Brasil, sendo o metano (CH_4) proveniente da fermentação entérica e o óxido nitroso (N_2O) da adubação nitrogenada os principais gases emitidos, com contribuição de 62% e 38%, respectivamente.

O gás oriundo de sistemas de produção de bovinos origina-se, principalmente, da fermentação entérica (90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos dos animais (MCTI, 2016). A produção do CH_4 de origem entérica está diretamente relacionada ao consumo de alimentos, sendo maior quanto maior o consumo do animal (Lancaster et al., 2009; Hegarty et al., 2007). Além disso, o CH_4 apresenta relação direta com a eficiência da fermentação ruminal em virtude da perda de carbono e, consequentemente, perda de energia, influenciando o desempenho animal (Cotton e Pielke, 1995). Estudos com ruminantes demonstraram que a emissão de CH_4 depende da quantidade do alimento ingerido e da qualidade da dieta (USEPA, 1990a, b; Tamminga, 1992; Holter e Young, 1992).

A utilização de fertilizantes nitrogenados constitui uma alternativa para elevar a produção da cultura (De Oliveira et al., 2004), uma vez que o nitrogênio (N) é o elemento que mais limita a produtividade da pastagem (Boddey et al., 2004). No entanto, seu uso excessivo resulta em impactos ambientais, visto que tais adubos são oriundos de combustíveis fósseis, contribuindo com a emissão de GEE.

Uma alternativa para a redução desses impactos seria a introdução de leguminosas no sistema. A prática promove incrementos na produção animal, proporcionado pela melhoria da qualidade e aumento da oferta da forragem, além dos efeitos indiretos relacionados à fixação biológica de N atmosférico (FBN) e seu repasse ao ecossistema de pastagem (Oliveira et al., 2010). As leguminosas forrageiras tropicais, em especial o amendoim forrageiro {*Arachis pintoi* (Krapov. & W.C. Gregory)}, são fontes de proteína degradável no rúmen em quantidade superior às gramíneas e podem se constituir uma solução para elevar a qualidade da dieta. Com a inclusão destas forrageiras na dieta, a degradação da fibra no rúmen pode aumentar e com isso reduzir a limitação dos micro-organismos fibrolíticos devido à melhoria na eficiência do uso de N e a presença de compostos secundários, como o tanino, pode reduzir a metanogênese ruminal. No Brasil, no entanto, o consórcio de gramínea com amendoim forrageiro como estratégia de mitigação de CH_4 entérico em pastagens ainda foi pouco avaliado técnico e cientificamente.

Frente à problemática da emissão dos GEE com a atividade agropecuária, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a emissão de CH_4 entérico por novilhas leiteiras mestiças mantidas em pastos de capim-marandu, fertilizados com N ou em consórcio com amendoim forrageiro.

Material e Métodos

Caracterização do local e delineamento experimental

O experimento foi conduzido durante a estação chuvosa de 2017, nos meses de fevereiro e março, no Setor de Forragicultura e Pastagens da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, pertencente à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), situada no município de Jaboticabal/SP. O local apresenta latitude de 21º14'05" S, longitude de 48º17'09" W e 615 m de altitude.

O capim-marandu {*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu} e o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) foram implantados em novembro de 2014, em sistema de plantio direto, sendo o amendoim semeado simultaneamente nas entrelinhas do capim.

Foram utilizadas 21 novilhas mestiças (SRD) com aptidão leiteira, não lactantes e com peso médio de 300kg. Os animais foram devidamente registrados e seu uso foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), protocolo nº 10356/14.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 7 repetições (animais). Os tratamentos constaram de: T1) pastos de capim-marandu sem fonte nitrogenada; T2) pastos de capim-marandu com fonte nitrogenada (150 kg N ha-¹ano-1); e T3) pastos de capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro.

A área total experimental é de 2,0 hectares, sendo 0,56 ha destinados à área reserva e 1,44 ha destinados aos tratamentos e repetições. Esta área foi dividida em 12 piquetes, subdivididos em 3 unidades autocontidas cada, com área aproximada de 400 m².

O método de pastejo adotado foi o de lotação intermitente, com taxa de lotação variável, segundo a técnica *mob stocking* (Allen et al., 2011). O pastejo foi iniciado quando o capim-marandu atingiu 95% de interceptação luminosa (IL) (Pedreira et al., 2007) e interrompido com altura de resíduo de 20 cm. A IL foi medida com o auxílio de aparelho analisador de dossel LAI-2200 (LI-COR®, USA). Nas condições de Jaboticabal-SP, a altura correspondente à IL de 95% para o capim-marandu foi de 35 cm.

Emissão de metano entérico dos animais

Para a avaliação da emissão de CH_4 entérico, foi utilizada a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), descrita por Berndt et al. (2014). Os animais passaram por um período de adaptação de 15 dias ao uso do cabresto e da canga coletora antes de se iniciarem as coletas, de modo a evitar alterações induzidas pelo estresse.

Em cada animal foi instalada uma canga coletora-armazenadora em tubo de PVC de 60 mm de classe 20. A pressão interna foi próxima de 95 kPa, calibrada para atingir 50% da pressão atmosférica 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. A canga era conectada ao tubo capilar por meio de engate rápido.

Após adaptação dos animais ao aparato de amostragem, as coletas de gases ruminais foram realizadas ao longo de 5 dias consecutivos em intervalos de 24 horas, em dois períodos de avaliação. As concentrações de CH_4 e SF_6 foram determinadas em cromatógrafo a gás Shimadzu CG2014 (Kyoto, Japan). As análises dos gases foram realizadas imediatamente ao final dos períodos de coleta de campo, possibilitando o reuso das cangas no ciclo de coleta seguinte. O fluxo de CH_4 liberado pelo animal foi calculado em relação ao fluxo de SF_6, correlacionando os resultados à taxa conhecida de liberação do traçador no rúmen (Berndt et al., 2014), ajustando os valores para as condições locais de temperatura e pressão.

A partir dos dados primários, foi calculada a emissão potencial de CH_4 por dia, por ano, por quilograma de peso vivo e a perda de energia bruta ingerida na forma de CH_4, considerando 0,0133 Mcal/g de CH_4 e 17 Mcal de energia por kg de matéria seca (Holter e Young, 1992).

Análise estatística das variáveis avaliadas

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, sendo o animal considerado unidade experimental. Os tratamentos e períodos de avaliação foram considerados efeitos fixos. Os dados foram analisados quanto à homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett e quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Lilliefors. A análise das variâncias foi conduzida utilizando o modelo linear misto (função *lme*) do programa estatístico R (R Development Core Team, 2016), como apresentado abaixo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde μ corresponde à média geral do tratamento; α_i ao efeito do período; β_j ao efeito do tratamento; $(\alpha\beta)_{ij}$ ao efeito da interação do período com tratamento e ε_{ijk} ao erro aleatório.

Quando significativos, os períodos foram comparados pelo teste de Fisher e as médias dos três tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

De acordo com as análises estatísticas, houve diferença nas médias entre tratamentos e períodos na massa de forragem (Tabela 1). Os resíduos foram normais e as variâncias homocedásticas. A média desta variável foi significativamente maior no 2º período de avaliação, quando comparada ao 1º, além de ter sido maior (9539 ±1486 kg MS ha^{-1}) no tratamento que recebeu adubação nitrogenada, em relação ao controle (6692±1095) e ao consórcio (5159±631).

Tabela 1. Massa de forragem (kg MS ha^{-1}) de pastos de capim-marandu adubado com N, consorciado com amendoim forrageiro e controle.

	Tratamento		
	Adubado	Consórcio	Controle
1º Período	7170 (±1816) a	4660 (±509) c	5870 (±796) b
2º Período	11186 (±1986) a	5658 (±752) c	7514 (±1393) b
Média	9539 (±1486)	5159 (±631)	6692 (±1095)

A ANOVA foi significativa para períodos de avaliação ($\alpha<0,05$) e tratamentos. As médias seguidas pela mesma letra na linha (tratamento) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha<0,05$).

Como foi observado por Alvim et al. (1990) e por Gutiérrez et al. (1990), dentre as cultivares do gênero *Brachiaria*, o capim-marandu é o mais responsivo ao aumento da disponibilidade de N e o que apresenta maior eficiência de utilização deste nutriente. Desta forma, a maior quantidade de massa (kg MS ha^{-1}) encontrada no tratamento adubado pode ser explicada pelo fornecimento de fonte nitrogenada à planta, responsável pelo seu maior crescimento e, consequentemente, pela sua maior produção.

A produção de forragem também foi influenciada pela presença de leguminosas no sistema. Estas forrageiras, devido ao maior aporte de N proveniente da fixação biológica, proporcionaram maior fertilidade do solo e, consequentemente, contribuíram para o crescimento da planta e aumento da sua produção.

Comparativamente, as médias da produção de CH_4 entérico obedeceram à mesma ordem encontrada para massa de forragem (Tabela 2), sendo maior no tratamento adubado, seguida do controle e, por fim, do consórcio. No entanto, neste caso, as médias no 1º período de avaliação foram superiores ao 2º.

Tabela 2. Produção de CH_4 entérico por novilhas leiteiras em pastejo rotacionado de capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo), adubados com nitrogênio e controle sem adubação nitrogenada.

	Tratamento								
	Adubado			Consórcio			Controle		
Período	1º	2º	média	1º	2º	média	1º	2º	média
CH_4 (g/animal/dia)*	202.6	84.5	143.6a	154.5	66.7	110.6b	128.0	79.1	103.5b
CH_4 (g/kg MS ingerido)	23.9	12.2	18.1	22.4	9.3	15.8	19.6	11.7	15.6
CH_4 (kg/cabeça/ano)	61.6	30.9	46.2	56.4	24.4	40.4	46.7	28.9	37.8
CH_4 Ym (%)	7.8	4.0	5.9	7.3	3.0	5.1	6.4	3.8	5.1

Refere-se aos dois períodos de avaliação (1º e 2º) sendo o n = 7. MS: matéria seca; Ym: taxa de conversão de CH_4. *A ANOVA para a variável produção de CH_4 foi significativa para períodos de avaliação ($\alpha<0,05$) e tratamentos. As médias seguidas pela mesma letra na linha (tratamento) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha<0,05$).

As variáveis climáticas influenciam no teor de fibra na planta (Van Soest, 1994). Neste sentido, a menor temperatura média, luminosidade e precipitação incidentes no 2º período de avaliação contribuíram para acúmulo de carboidratos estruturais na planta, o que, por sua vez, provavelmente diminuiu a digestibilidade da massa ingerida.

Segundo Pedreira et al. (2009), a relação parede celular:conteúdo celular e a constituição da parede celular das plantas forrageiras são os principais fatores envolvidos na produção de CH_4. Aliado a isso, Holter e Young (1992) apontaram que a digestibilidade da celulose e hemicelulose da planta afeta diretamente a metanogênese, uma vez que a digestão da fibra da parede celular aumenta a produção de CH_4 entérico devido à maior quantidade de acetato produzida em relação ao propionato. Estes fatores explicam a maior emissão de CH_4 entérico no 2º período.

De acordo com o default do IPCC tier 1, uma cabeça de gado zebuíno (430 kg) emite 56 kg de CH_4 por ano. Se as nossas novilhas apresentavam em média 300 kg, o equivalente seria uma emissão de 39,1 kg/cabeça/ano. Neste experimento, foram encontradas médias de 46,2, 40,4, e 37,8 kg de CH_4/cabeça/ano para os tratamentos adubado, consórcio e controle, respectivamente. Portanto, só o adubado difere do IPCC.

A menor emissão de CH_4 entérico observada no tratamento consórcio em relação ao adubado pode estar diretamente relacionada à melhoria da qualidade e ao aumento da oferta de forragem ocasionada pela introdução de leguminosas no sistema, bem como à presença de compostos secundários, como tanino, que possivelmente reduziu a metanogênese ruminal devido ao seu efeito deletério nos organismos metanogênicos, como também observado por Animut et al. (2008) e Waghorn et al. (2002).

Conclusões

A adubação nitrogenada aumenta significativamente a produção de capim-marandu. A introdução de amendoim forrageiro em pastos de capim-marandu contribui para mitigação de CH_4 entérico.

Referências Bibliográficas

Allen VG, Batello C, Berretta EJ et al (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and Forage Science 66:2-28.

Alvim MJ, Botrel MA, Verneque RS et al (1990). Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. Efeito sobre a produção de matéria seca. Past. Trop.,Cali 12:2-6.

Animut G, Puchala R, Goetsch AL et al (2008). Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. Animal Feed Science and Technology 144:212–227. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.014>.

Berndt A, Boland TM, Deighton MH et al (2014). Guidelines for use of sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants. In: Lambert MG (ed) New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre, New Zealand, pp 1-166.

Boddey RM, Macedo R, Tarré RM et al (2004). Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. Agriculture, Ecosystems & Environment 103:389-403.

Cotton WR, Pielke RA (1995). Human impacts on weather and climate. Cambridge: Cambridge University Press.

De Oliveira OC, De Oliveira IP, Alves BJR et al (2004). Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrados. Agriculture, Ecosystems & Environment 103:290-300.
Gutiérrez A, Paretas JJ, Suérez JD et al (1990). Genero Brachiaria, una nueva alternativa para la ganaderia cubana. Havana: Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes.
Hegarty RS, Goopy JP, Herd RM et al (2007). Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. Journal of Animal Science 85:1479-1486.
Holter JB, Young AJ (1992). Nutrition, feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science 75:2165-2175.
Lancaster PA, Carstens GE, Crews DHJ et al (2009) Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. Journal of Animal Science 87:3887-3896.
MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2016). Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, 3ed. Brasília.
Oliveira P, Kluthcouski J, Favarin JL et al (2010). Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
Pedreira BC, Pedreira CGS, Da Silva SC (2007). Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 2:281-287.
Pedreira MS, Primavesi O, Lima MA et al (2009). Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. Scientia Agricola 62:742-750.
R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/.
Tamminga S (1992). Nutritional management of dairy cows as a contribution to pollution control. Journal of Dairy Science 75:345-357.
USEPA - U.S. Environmental Protection Agency (1990a). Greenhouse gas emissions from agricultural systems: Summary Report. In: Proceedings of the workshop on greenhouse gas emissions from agriculture. Washington.
USEPA - U.S. Environmental Protection Agency (1990b). Methane emissions and opportunities for control. In: Proceedings of the workshop on greenhouse gas emissions from agriculture. Washington.
Van Soest PJ (1994). Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press.
Waghorn CG, Tavendale MT, Woodfield DR (2002). Methanogenesis from forages fed to sheep. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, Dunedin 64:167–171.