

## Emissão e mitigação de gases do efeito estufa produzidos por bovinos

Oliveira, J.P.C.A.<sup>1</sup>; Gonçalves, L.C.<sup>2</sup>; Jayme, D.J.<sup>2</sup>; Santos, D.<sup>2</sup>; Oliveira, L.F.L.<sup>2</sup>; Menezes, R.A.<sup>2</sup>; Pires, F.P.A.A.<sup>2</sup>; Côrtes, I.H.G.<sup>2</sup> e Teixeira, F.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

### PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Metano.

CO<sub>2</sub>eq.

Avaliação de ciclo de vida.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Methane.

CO<sub>2</sub>eq.

Life cycle assessment.

### INFORMATION

Cronología del artículo.

Recibido/Received: 18.02.2019

Aceptado/Accepted: 05.04.2022

On-line: 15.04.2022

Correspondencia a los autores/Contact e-mail:

joaopaoliveira@yahoo.com.br

### INTRODUÇÃO

As alterações climáticas observadas nos últimos anos levantam questões a respeito do efeito que o homem exerce sobre o globo terrestre. O aumento da tem-

### RESUMO

O efeito estufa é um processo natural do planeta Terra que conserva a temperatura da superfície em valores adequados para sustentar a vida no planeta. O desenvolvimento da raça humana é apontado como o responsável pelo aumento da temperatura e das alterações nos ciclos naturais devido ao aumento da capacidade do efeito estufa em manter o calor na superfície. Estudos apontam que a temperatura continuará a aumentar no futuro próximo e medidas de mitigação são necessárias para permitir que o aumento da produção de alimentos ocorra sem aumentar o impacto ambiental. Os resultados de pesquisas ao redor do mundo apontam a intensificação da produção como uma das maneiras mais eficientes em reduzir a emissão de poluentes por quilograma de produto de origem animal. Apesar da vantagem dos ruminantes em consumir alimentos fibrosos, que não podem ser consumidos pelos humanos, a inclusão de grãos na dieta dos animais é responsável por reduzir os efeitos negativos da bovinocultura ao meio-ambiente. O setor de cria, na bovinocultura de corte, representa um grande responsável pela produção de poluentes e a interligação com os sistemas de produção de leite, utilizando bezerros nascidos de vacas leiteiras para a produção de carne, é uma alternativa para diminuir o impacto da produção. A bovinocultura brasileira é responsável por grande parte da emissão de gases do efeito estufa no país. A baixa tecnologia empregada, e a pouca intensificação dos sistemas, garante que medidas públicas possam ser adotadas para reduzir as emissões aliadas ao aumento da produção do país.

### Cattle greenhouse gas emission and mitigation

### SUMMARY

Earth greenhouse gas effect is a natural process that sustains the planet temperature to degrees suitable for life forms to survive. Humans development is shown as the responsible for both, temperature and natural cycle alterations, rise due greenhouse gases capacity in conserve higher temperatures. Studies shows that the temperature will continually increase, and mitigation measures are necessary to allow feed production growth without environmental impact. Production intensification is an efficient way to minimize pollutants emission per kilogram of animal products. Although ruminants advantage of eating fibrous feed, that are not suitable for humans, and the capacity to transform it in superior quality food, grains inclusion in cattle diet decreases environment livestock impact. Beef suckler herds are large responsible for all livestock pollution impact. Integrating intensively reared dairy calves to beef production it's an alternative to decrease livestock impact. Brazilian livestock is a major responsible for greenhouse gas production. The low technology and the poor system intensification, allows the formulation of national measures to decrease the pollutants and also enhance the production.

peratura média da Terra e o derretimento das calotas polares são apontados como consequência do desenvolvimento da civilização humana. Desde a revolução industrial no século XVIII o homem é responsável pelo aumento da emissão de gases do efeito estufa (GEE)

sem aumentar a capacidade de capturar esse excesso produzido.

Mundialmente o setor agropecuário é considerado um dos maiores responsáveis por essas alterações, 24% de toda a emissão mundial de GEE segundo IPCC (2014). De acordo com a Gerber et al. (2013) a pecuária é responsável por 14,5% das emissões de GEE no mundo, sendo que é atribuído a bovinocultura 65% desse valor. No Brasil a participação da bovinocultura na emissão de GEE pode ser ainda maior, 31% do total produzido (calculado com dados do MCTI 2015).

O efeito estufa é uma condição natural do planeta permitindo que a temperatura da superfície possa sustentar a vida. Os principais gases relacionados a esse efeito são o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). O  $\text{CO}_2$  é o gás de referência utilizado e todos os outros são convertidos em equivalentes de  $\text{CO}_2$  ( $\text{CO}_2\text{eq}$ ). Considerando-se o efeito que os outros gases podem exercer em um período de 100 anos no potencial de aquecimento global, o  $\text{CH}_4$  é 25 vezes mais potente do que o  $\text{CO}_2$ , e o  $\text{N}_2\text{O}$  é 298 vezes (IPCC, 2007). Na pecuária o metano é o principal gás emitido, sendo sua maior parte produzido pela fermentação dos alimentos no rúmen. O óxido nitroso é o segundo mais importante, proveniente principalmente dos excrementos dos animais e da adubação de pastagens (Gerber et al. 2013).

Objetivou-se com este trabalho revisar acerca da produção de gases do efeito estufa e as alternativas para mitigá-los.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo as nações unidas (UN 2017) até o ano de 2030 a população mundial deve crescer em 12 %, com isso, a demanda por alimentos aumentará em todo o planeta, sendo possível prever um aumento nas emissões de gases do efeito estufa. O'Mara (2011) estimou um crescimento de 30% da emissão de  $\text{CH}_4$  para 2020, sendo este valor muito acima do esperado para o crescimento populacional (UN 2017). Porém, este valor apontado por O'Mara não leva em conta a adoção de medidas de mitigação de GEE que poderão ocorrer com o aumento da produção de alimentos.

Para se obter resultados confiáveis sobre a redução de GEE na produção animal é necessário que se façam estudos de avaliação do ciclo de vida, para se evitar que a redução de emissões em um ponto da cadeia seja compensada por outro. A revisão de Eckard, Grainger & De Klein (2010) aponta algumas alternativas para se mitigar a emissão de  $\text{CO}_2\text{eq}$  na bovinocultura: a manipulação dos animais (utilizando animais que produzem menos  $\text{CH}_4$  e reduzindo os animais não produtivos em fazendas); a melhoria da alimentação com a utilização de forrageiras melhoradas (forrageiras com alta celulose produzem mais metano, aproximadamente 3 vezes mais que as hemiceluloses, os animais também podem diminuir a ingestão com forragens de alta qualidade, visto que a exigência é suprida mais rapidamente, ou então podem aumentar sua produção, diminuindo a emissão de  $\text{CH}_4$  por kg de leite ou carne); a utilização de pequenas quantidades de componentes

das plantas (taninos e saponinas); a adição de ácidos graxos a dieta (redução de 2,5 a 7,3% da emissão de GEE); a incorporação de precursores de propionato (funcionam como aceptores de hidrogênio no rúmen); e a manipulação ruminal. Além deste estudo, varios outros trabalhos demonstram como mudanças alimentares e nutricionais são capazes de levar a diminuição das emissões de metano.

Aditivos antimicrobianos como a monensina são capazes de reduzir as emissões de metano pelos ruminantes (Ranga Niroshan Appuhamy et al., 2013 e Li. Z.J et al., 2018), sendo largamente utilizados com o objetivo de aumentar a eficiência alimentar dos animais. Estudos recentes evidenciam a capacidade que determinados alimentos incluídos na dieta, mesmo que em pequenas quantidades, possuem de diminuir a produção entérica de metano (devido a ações antioxidantes e/ou antimicrobianas recentemente descobertas) (Kim et al., 2014, Cobellis et al., 2016, e Kolling et al., 2018). Outros trabalhos demonstram como que a substituição de determinados alimentos por subprodutos da indústria alimentícia, mantendo o balanceamento da dieta, são capazes de diminuir as emissões de GEE (Moate et al., 2016). Estes avanços são importantes pois representam alternativas ao uso de antimicrobianos, evitando o surgimento de problemas decorrentes do seu uso exacerbado. A longo prazo, a seleção genética também representa uma alternativa para a mitigação de gases do efeito estufa. Estudos demonstram que é possível diminuir a produção de metano nos sistemas de produção selecionando animais mais eficientes (Eckard, Grainger & De Klein, 2010, Beukes et al., 2010, Knapp et al., 2014). A variação genética sugere que reduções na ordem de 11 a 26% em 10 anos são possíveis, e poderia ser ainda maior em um programa de seleção genômica (Y. de Haas et al., 2011). Todas essas alternativas são ferramentas que podem ser utilizadas para diminuir a produção de  $\text{CH}_4$  pela fermentação entérica dos ruminantes. O  $\text{N}_2\text{O}$ , que provém em sua maioria da nitrificação e desnitrificação que ocorrem no estrume dos animais no pasto ou em confinamento, da urina, e dos adubos utilizados, também pode ser mitigado pelo manejo adequado dos dejetos dos animais, e pela adubação com produtos mais estáveis e no momento certo.

A intensificação dos sistemas de produção tem a capacidade de reduzir a emissão de GEE por kg de produto animal. Knapp et al (2014) ao realizar uma meta-análise sobre a produção de metano entérico em vacas de leite destacou que em determinados sistemas de produção é possível reduzir as emissões de GEE em até 30% a partir da combinação de: Melhoria genética do rebanho e de abordagens de gestão, incluindo a adoção de tecnologias que levem a redução do estresse calórico (diminuição das perdas energéticas para regulação térmica), gestão de doenças e fertilidade, tecnologias de melhoria de desempenho e projeto de instalações para aumentar a eficiência alimentar e a produtividade ao longo da vida dos animais e dos rebanhos. Entretanto a intensificação do uso da terra pode levar a um aumento na emissão de gases poluentes por área. Dessa maneira é necessário que nos estudos se compute as reduções obtidas em cada etapa

de produção para se obter um resultado do ciclo total de emissões nas unidades de produção.

Beukes et al. (2010) estudaram os efeitos segregados das estratégias de mitigação de GEE para avaliar se o aumento da eficiência do sistema de produção de leite em fazendas na Nova Zelândia levaria a redução da emissão de poluentes e melhoraria a rentabilidade do sistema. Os autores observaram que melhorando o rebanho (diminuindo o número de animais improdutivos) reduziu-se a produção de  $\text{CH}_4$  em 8% e aumentou 7% na conversão de alimentos em sólidos do leite. Também observaram que a seleção de animais com maior eficiência alimentar reduziu a produção de  $\text{CH}_4$  em 17% e aumentou a conversão em 16%. A melhora do manejo de pastagens e o cultivo de milho para ensilagem reduziram a produção de  $\text{CH}_4$  em 19 e 18% respectivamente, e aumentaram a conversão em 25%. Os autores observaram que o consumo está diretamente relacionado a produção de GEE e que as estratégias para diminuir o consumo sem alterar a produção dos animais ou índices zootécnicos devem ser pesquisadas para diminuir a emissão de gases e melhorar a rentabilidade dos sistemas. Capper (2011) demonstrou as diferenças que as mudanças no sistema de produção dos Estados Unidos da América (EUA) acarretaram no impacto ambiental. Os sistemas comparados foram o comum encontrado no país em 1977 e o utilizado atualmente (usando dados de 2007). As diferenças entre os sistemas eram: o aumento da utilização de ferramentas e tecnologias para melhorar a eficiência do sistema, a entrada de animais desmamados diretamente para os confinamentos e a utilização de bezerros de leite para engorda, sendo abatidos com 520 kg. A autora verificou que o sistema atual utiliza menos recursos, 69,9% do número de animais, 81,4% dos alimentos, 87,9% da água, para produzir a mesma quantidade de carne. E a produção de GEE também foi menor, 82,3% e 88% do  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ , respectivamente. A pegada de carbono (produção de  $\text{CO}_2\text{eq}$ ) de 2007 foi 16,3% menor do que de 1977. Melhorar a eficiência dos sistemas de produção é uma alternativa para mitigar a produção de GEE e possivelmente melhorar a viabilidade financeira, visto que com melhor uso dos recursos se produz mais e em menor tempo.

Capper (2012), em estudo semelhante, comparou o impacto ambiental de três sistemas de produção de gado de corte nos EUA. Os sistemas comparados foram o convencional (terminados em confinamento com utilização de tecnologias de aumento de crescimento (TAC)), o natural (os animais são terminados em confinamento, mas sem receber TAC) e o boi verde (dieta exclusiva de forragem). A autora constatou que a pegada de carbono (C) foi maior para o sistema natural e para o boi verde, 17,4 e 67,5%, respectivamente. Levando-se em conta o sequestro de C das pastagens em relação ao sistema convencional, elas teriam que ser capazes de retirar  $1,35 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Maia et al. (2009) encontraram valores de sequestro de  $\text{CO}_2$  de 610 a 720 t, que se fossem sequestrados no experimento de Capper (2012), restaria a metade do  $\text{CO}_2\text{eq}$  na atmosfera. Além disso, a etapa de cria existe em todos os sistemas e corresponde a aproximadamente 80% das emissões (Beauchmin et al. 2010). Se melhorar o sequestro de

C, tanto o sistema convencional, quanto o boi verde reduzirão suas emissões, sendo que no sistema convencional serão necessárias menos vacas para repor o rebanho, uma vez que são necessários menos animais para produzir a mesma quantidade de carne.

Beauchmin et al. (2010) apontam como alternativas para reduzir a produção de  $\text{CO}_2\text{eq}$ : a mudança na dieta das vacas, com adição de grãos e aumento do valor nutricional das forragens; e o ajuste do rebanho, com maior eficiência reprodutiva e melhor conversão alimentar. Os animais a pasto possuem a capacidade de consumir alimentos que não podem ser utilizados pelo homem e produzir carne e leite. Diferente dos que se alimentam apenas de grãos que podem competir com o homem. Dessa maneira, as pesquisas para mitigar GEE na bovinocultura devem continuar para que a produção a pasto se torne cada vez menos impactante ao meio ambiente.

O impacto da fase de cria na bovinocultura de corte leva a questionamentos de como reduzir a emissão de poluentes do sistema como um todo. Nguyen, Hermansen & Mogensen (2010) realizaram um experimento para avaliar a diferença entre os impactos ambientais de rebanhos de corte que vieram da produção de bezerros em sistemas de produção de leite e dos bezerros de sistemas de cria convencionais em fazenda de corte. Os autores encontraram que o impacto ambiental dos bezerros de corte foi maior em todas as comparações com os bezerros de leite para cada 1 kg de carne produzido. Os dados comparados foram potencial de aquecimento global, acidificação, eutrofização, uso da terra e uso de energia não-renovável, e os resultados foram: 16,9 versus 27,3 kg  $\text{CO}_2\text{eq}$ , 101 versus 210 g  $\text{SO}_2\text{eq}$ , 622 versus 1651 g  $\text{NO}_3\text{eq}$ , 16,5 versus 42,9  $\text{m}^2\text{ano}$ , e 41,1 versus 59,2 MJ, respectivamente. Nos países desenvolvidos, onde a alta produção de leite das vacas levou a diminuição dos rebanhos, e as emissões de  $\text{CH}_4$  correspondem a apenas 25,5% das emissões mundiais (O'Mara, 2011), a produção de bezerros para corte por vacas de leite diminuirá, o que levará ao aumento dos sistemas de cria, podendo acarretar em maiores emissões de GEE. Mas em países como o Brasil, que a produção de leite está aumentando, essas medidas podem ser adotadas diminuindo a emissão de GEE.

Diversos estudos foram conduzidos nos EUA para se determinar os pontos mais preocupantes para se mitigar a emissão de GEE. White & Capper (2013) avaliaram o impacto ambiental, econômico e social de três sistemas de produção de carnes nos EUA, com o objetivo de avaliar a sustentabilidade dos mesmos. Os três sistemas estudados foram um controle, um com aumento de 15% do ganho médio diário (GMD), e o terceiro com aumento de 15% do peso ao abate. Os autores observaram a redução do consumo, do uso da terra, e do uso da água (6,4, 3,2 e 12,3%, respectivamente) com o aumento do GMD. A pegada de C reduziu 11,7%, e a excreção de nitrogênio (N) e fósforo (P) reduziram 4 e 13,8%, respectivamente. Já para o aumento do peso ao abate, também foram observados redução do consumo (12,1%), do uso da água (9,2%), do uso da terra (15,5%), GEE (14,7%), N (10,1%) e P (17,2%). Os autores ressaltam que o impacto ambiental pôde ser reduzido, mas para a obtenção de ganhos sociais

e econômicos deve-se observar fatores dependentes dos consumidores e dos produtores; visto que para se atingir a sustentabilidade deve-se responder a três perguntas: é ambientalmente adequado? É economicamente viável? É socialmente justo?

O sistema de produção de carne nos EUA permite o uso de tecnologias de aumento do crescimento (TAC) com a participação de hormônios. Alguns mercados, como o brasileiro e o europeu não permitem a utilização de hormônios, e mesmo nos EUA a pressão para proibição é cada vez maior. Capper & Hayes (2012) realizaram um estudo para verificar o impacto ambiental e econômico da utilização de TAC. Os autores utilizaram o modelo de criação comum nos EUA, cria, cria e engorda, e engorda de super-precoces. A retirada de TAC aumentou a população necessária para produzir a mesma quantidade de carne (aumento de 11,8%). Mais alimentos, terras e água tiveram que ser utilizados, 10,6, 10,0 e 4,2%, respectivamente. A emissão de GEE aumentou 9,8%. O sistema convencional que usa TAC confere um efeito de diluição da manutenção ao aumentar as taxas de crescimento mas não aumenta os requerimentos nutricionais na mesma proporção. Reduzindo-se a quantidade de recursos necessários quando comparado aos não convencionais. Os autores também observaram valor semelhante de emissão ao observado por Beauchemin et al. (2010), com a fase de cria sendo responsável por 74% das emissões. Isso demonstra a necessidade de mais pesquisas para melhorar a alimentação de animais a pasto e de novas técnicas para reduzir a produção de metano entérico de animais em pastagens. Os autores concluem que a retirada de TAC do sistema americano diminuiria a competitividade da carne americana, que poderia aumentar a produção em outros países, como o Brasil. Mas visto que o Brasil ainda possui parte do aumento da produção relacionada a incorporação de novas terras, além de aumentar a produção de GEE no sistema americano, a produção brasileira agravaria a emissão mundial.

Segundo dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2017), 18,64% de toda a emissão de CO<sub>2</sub>eq de 2015 foi originada da produção de CH<sub>4</sub> entérico dos bovinos, sendo que os bovinos de corte foram responsáveis por 17% e os de leite por 3%. Além disso, em 2012, 41% de todo o N<sub>2</sub>O agropecuário provinha dos animais em pastagens (MCTI, 2014). Isso evidencia que a mitigação de GEE deve ocorrer em conjunto com o aumento da produção brasileira e intensificação dos sistemas, como os estudos apresentados demonstram ser possível.

O potencial de mitigação dos GEE da bovinocultura é significativo e não implica em diminuição da produção atual, mas no aumento. Segundo Bustamante et al. (2012), em 2008, apesar da redução em 50% do desmatamento de 2003 a 2008, 80% das novas áreas de pastagem eram de áreas desmatadas. 17% do território nacional é composto por áreas de pastagem, e políticas de incentivo a intensificação da pecuária podem ajudar a reduzir a emissão de GEE. Além do aumento do aporte de animais em pastagens intensificadas, Maia et al. (2009) afirmam que os solos do estado do Mato

Grosso e Rondônia podem passar de emissores para aceptores de C.

Segundo Thornton & Herrero (2010), as medidas de mitigação de C possuem um preço que pode impedir a sua prática, tornando-se mais difícil a sua utilização por pequenos produtores. Mas políticas podem ser implementadas para beneficiar aqueles que adotarem medidas de redução de emissão de GEE, como a venda de créditos de C ou a valorização dos produtos.

Cohn et al. (2014) construíram um modelo onde projetaram políticas de redução de emissão de C. Eles sugeriram que o subsídio a agricultores que adotassem manejos intensivos poderia reduzir as emissões de GEE em 40%. Ao mesmo tempo ocorreria o aumento de 9,5% da produção da bovinocultura, e redução da emissão pelo desmatamento, devido a redução da área de pastagens.

Segundo Conti (2015), a concentração de CO<sub>2</sub> no planeta aumentou nos últimos 800 mil anos, mas acentuou-se ultimamente. O CH<sub>4</sub> aumentou 2,3 vezes e o N<sub>2</sub>O aumentou 15%. Mas o homem não pode ser considerado o único responsável pelo aquecimento global, pois a história do planeta é marcada por tendências, rupturas e ciclicidades, incluindo processos de macro-escala da esfera geológica e astronômica, sobre as quais o homem não pode exercer controle.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bovinocultura possui pontos-chaves a serem melhorados para se reduzir o impacto ambiental. O potencial de aquecimento global pode ser reduzido através de estratégias de alimentação, melhorarias na utilização de dejetos e adubos, intensificação do uso das pastagens, e a interligação da produção de leite com a de carne, além da utilização de animais de maiores méritos genéticos, o que levaria a sistemas de produção mais eficientes.

As pesquisas de novas tecnologias de mitigação devem continuar para acompanhar a necessidade de alimentação da população em crescimento.

A comparação de trabalhos de mitigação deve ser criteriosa, pois muitos fatores podem influenciar nos resultados obtidos.

## BIBLIOGRAFIA

- Beauchemin, KA, Janzen, HH, Little, SM, McAllister, TA, & McGinn, SM 2010, 'Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study', *Agricultural Systems*, vol. 103, no. 6, pp. 371-79.
- Beukes, PC, Gregorini, P, Romera, AJ, Levy, G, & Waghorn, GC 2010 'Improving production efficiency as a strategy to mitigate greenhouse gas emissions on pastoral dairy farms in New Zealand', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 136, no. 3, pp. 358-65.
- Bustamante, M, Nobre, CA, Smeraldi, R, Aguiar, AP, Barioni, LG, Ferreira, LG, Longo, K, May, P, Pinto, AS & Ometto, JP 2012, 'Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil', *Climatic change*, vol. 115, no. 3-4, pp. 559-77.
- Capper, JL 2011, 'The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007', *Journal of Animal Science*, vol. 89, no. 12, p. 4249-61.

- Capper, JL 2012, 'Is the grass always greener? Comparing the environmental impact of conventional, natural and grass-fed beef production systems', *Animals*, vol. 2, no. 2, pp. 127-43.
- Capper, JL & Hayes, DJ 2012, 'The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from US beef production', *Journal of Animal Science*, vol. 90, no. 10, pp. 3527-37.
- Cobellis, G, Trabalza-Marinucci, M, & Yu, Z 2016, 'Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review', *Sci. Total Environ.* pp. 545-546:556-568.
- Cohn, AS, Mosnier, A, Havlik, P, Valin, H, Herrero, M, Schmid, E, O'Hare, M & Obersteiner, M 2014, 'Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, no. 20, pp. 7236-41.
- Conti, JB 2011, 'Considerações sobre as mudanças climáticas globais', *Revista do Departamento de Geografia*, vol. 16, pp. 70-5.
- Eckard, R.J, Grainger, C & De Klein, CAM 2010 'Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review' *Livestock Science*, vol. 130, no. 1, pp. 47-56.
- Gerber, PJ, Steinfeld, H, Henderson, B, Mottet, A, Opio, C, Dijkman, J, Faluccci, A, & Tempio, G 2013, *Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Kolling, GJ, Stivanin, SCB, Gabbi, AM, Machado, FS, Ferreira, AL, Campos, MM,
- Tomich, TR, Cunha, CS, W. Dill, S, Pereira, LGR, & Fischer, V 2018 'Performance and methane emissions in dairy cows fed oregano and green tea extracts as feed additives', *Journal of dairy science*, vol. 101, no. 5, pp. 4221-4234.
- IPCC 2007, *Climate change 2007: Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge University Press for the Intergovernmental Panel of Climate Change, Cambridge.
- IPCC 2014, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Knapp, JR, Laur, GL, Vadas, PA, Weiss, WP, & Tricarico, JM 2014 'Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions', *Journal of dairy science*, vol. 97, no. 6, pp. 3231-3261.
- Maia, SMF, Ogle, SM, Cerri, CE & Cerri, CC 2009, 'Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil' *Geoderma*, vol. 149, no. 1, pp. 84-91.
- MCTIC 2018, *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*, Brasília, acessado em 26 de março de 2018, <sirene.mcti.gov.br/publicacoes>.
- MCTI 2014, *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*, Brasília, acessado em 4 de dezembro de 2017, <http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/Estimativas+2ed.pdf/0abe2683-e0a8-4563-b2cb-4c5cc536c336>.
- Nguyen, TLT, Hermansen, JE & Mogensen, L 2010, 'Environmental consequences of different beef production systems in the EU' *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, no. 8, pp. 756-66.
- O'Mara, FP 2011, 'The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future'. *Animal Feed Science and Technology*, vol. 166, pp. 7-15.
- Moate, PJ, Williams, SRO, Jacobs, JL, Hannah, MC, Beauchemin, KA, Eckard, RJ & Wales, WJ 2017 'Wheat is more potent than corn or barley for dietary mitigation of enteric methane emissions from dairy cows', *Journal of dairy science*, vol. 100, no. 9, pp. 7139-7153.
- Thornton, PK & Herrero, M 2010 'Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics' *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, no. 46, pp. 19667-72.
- Elo, A, Ervasti, J, Kuosma, E, & Mattila, P 2008, 'Evaluation of an organizational stress management program in a municipal public works organization', *Journal of Occupational Health Psychology*, vol. 13, no. 1, pp. 10-23.
- UN 2017, *World Population Prospects: The 2015 Revision*, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, acessado em 25 de março de 2018 <http://www.populationpyramid.net/world/2020/>.
- White, RR & Capper, JL 2013, 'An environmental, economic, and social assessment of improving cattle finishing weight or average daily gain within US beef production', *Journal of Animal Science*, vol. 91, no. 12, p. 5801-12.
- Kim, WY, Hanigan, MD, Lee, SJ, Lee, SM, Kim, DH, Hyun, JH, Yeo, JM, & Lee, SS 2014, 'Effects of *Cordyceps militaris* on the growth of rumen microorganisms and in vitro rumen fermentation with respect to methane emissions', *Journal of dairy science*, vol. 97, no. 11, pp. 7065-7075,
- Haas, Y, Windig, JJ, Calus, MPL, Dijkstra, J, Haan, M, Bannink, A, & Veerkamp, RF 2011, 'Genetic parameters for predicted methane production and potential for reducing enteric emissions through genomic selection', *Journal of dairy science*, vol. 94, no. 12, pp. 6122-6134
- Li, ZJ, Ren, H, Liu, SM, Cai, CJ, Han, JT, Li, F & Yao, JH 2018 'Dynamics of methanogenesis, ruminal fermentation, and alfalfa degradation during adaptation to monensin supplementation in goats', *Journal of dairy science*, vol. 101, no. 2, pp.1048-1059.