

Comparação dos impactos ambientais de sistemas de produção de bovinos de corte em pastagens do sul do Brasil

M. Dick¹, M. Abreu da Silva^{2*} e H. Dewes¹

Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre / RS / Brasil

Recibido Agosto 15, 2013. Aceptado Agosto 09, 2015.

Comparing environmental impacts of beef cattle production systems in grassland from Southern Brazil

Abstract. The importance of the primary sector in the overall context of human activities is undisputed, whether in regard to supplying food, providing jobs and income, or even constituting part of landscapes and local ecosystems. In this context, the environmental impacts of two beef cattle production systems typical of Southern Brazil, an extensive system (ES) and an improved system (IS), were characterized using Life Cycle Analyses. Construction of the systems was based on simulated herds originating from 100 female and four male weaned calves and their progeny during a 12 yr productive life, as well as land areas, external inputs and other natural resources and technology. The functional unit adopted was 1 kg of live weight gain. Higher values of greenhouse gas emissions, land use, water eutrophication and depletion of water and fossil fuels were obtained for ES compared to IS (22.5 vs. 9.16 kg CO₂ eq.; 234.8 vs. 21.03 m²; 0.00383 vs. 0.00219 kg P eq.; 0.217 vs. 0.0949 m³ water; and 0.0042 vs. -0.1255 kg oil eq., respectively). Concerning mineral depletion and terrestrial acidification, ES presented lower potential impacts than IS (0.000519 vs. 0.0536 kg Fe eq.; and 0.0028 vs. 0.0038 kg SO₂ eq., respectively). The diversity of these results allows a better understanding of the environmental impacts of production systems in broad terms and of regional peculiarities. Such knowledge is necessary for proposing alternatives to mitigate environmental effects.

Key words: Improved efficiency, Life cycle analysis, Methane, Native grassland, Sustainable development

Resumo. A importância de setor primário no contexto geral das atividades humanas é indiscutível, seja no fornecimento de alimentos, na garantia de empregos e renda ou como parte do meio ambiente, incluindo paisagens e ecossistemas locais. Neste contexto, foram caracterizados os impactos ambientais de dois sistemas de produção de bovinos de corte típicos do Sul do Brasil, denominados extensivo (SE) e melhorado (SM), através do método de análise de ciclo de vida. A base para a construção dos sistemas foram rebanhos simulados a partir de 100 fêmeas e quatro machos desmamados e sua progênie durante sua vida produtiva (12 anos), bem como as áreas de terras, os insumos externos e demais recursos naturais e tecnológicos. A unidade funcional utilizada foi a produção de 1kg de peso vivo. Maiores valores de emissão de gases de efeito estufa, de uso da terra, de eutrofização das águas, e de depleção das águas e de combustíveis fósseis foram obtidos no SE em comparação com o SM (22,5 e 9,16 kg CO₂ eq.; 234,78 e 21,03 m²; 0,00383 e 0,00219 kg P eq.; 0,217 e 0,0949 m³ e; 0,0042 e -0,1255 kg oil eq., respectivamente). Com relação à depleção de minerais e à acidificação terrestre, o SE apresentou menores impactos potenciais que o SM (0,000519 e 0,0536 kg Fe eq. e; 0,0028 e 0,0038 kg SO₂ eq., respectivamente). A diversidade dos resultados obtidos permite um melhor conhecimento dos impactos ambientais dos sistemas produtivos em termos amplos, dando subsídios para um maior entendimento das singularidades regionais, necessário para a proposição de alternativas de mitigação de seus efeitos.

¹Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócios, CEPAN, UFRGS, Porto Alegre, Brasil

²Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, Brasil Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia (DPFA). Av. Bento Gonçalves, 7712- Faculdade de Agronomia, Porto Alegre/RS/Brasil-Cep.: 91.540-000. Tel/fax: +55 51 3308 6045.

*Autor para la correspondencia, e-mail: marceloabreudasilva@yahoo.com.br; milenedick@yahoo.com.br; hdewes@ufrgs.br

Palavras-chave: Análise de ciclo de vida, Campo nativo, Desenvolvimento sustentável, Eficiência melhorada, Metano

Introdução

Os problemas ambientais evidenciados nas últimas décadas, com consequências negativas para a humanidade, têm alertado diferentes agentes e setores da sociedade quanto à finitude dos recursos naturais, propalada há alguns séculos, mas só recentemente assimilada como tão ou mais importante que o desempenho econômico das atividades. Desta maneira, discussões quanto à sustentabilidade das diferentes atividades humanas, em seu sentido amplo, ganham destaque (Robèrt, 2000), sobretudo no setor primário que, por sua relevância, vem se tornando alvo de críticas e cobranças, sobretudo, no que se refere à produção de ruminantes e sua relação com a dinâmica solo-planta-animal (Blanco *et al.*, 2007; Medeiros *et al.*, 2007; Pedroso *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2006) e com o aquecimento global.

Neste contexto, o Brasil encontra-se numa posição de destaque, uma vez que os sistemas de criação ocupam, segundo o IBGE, cerca de 160 milhões de hectares e abrigam o maior rebanho bovino comercial do mundo, mantido quase que exclusivamente em pastagens com uma utilização ínfima de insumos externos às unidades produtivas em comparação ao que ocorre nos países desenvolvidos. Em meio a isso, a Região Sul, com sua vocação pecuária manifestada desde o início de sua colonização e uma economia, ainda hoje, fortemente baseada na produção primária, se encontra em uma situação privilegiada, dada sua

condição climática que permite a manutenção dos animais em pastagens de alta qualidade, durante todos os meses do ano.

Estas características favorecem a aplicação de práticas melhoradoras da produção, associadas a vantagens ambientais e, fazem com que os custos produtivos estejam entre os mais baixos do mundo. A análise da sustentabilidade destes sistemas, com vistas à escolha de práticas mais adequadas pode ser facilitada pela utilização de metodologias que auxiliam a determinação do alinhamento de diferentes atividades com os princípios do desenvolvimento sustentável: ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável. Entre estas, podemos destacar a Análise de Ciclo de Vida (ACV) devido à sua amplitude, difusão mundial e, seu escopo (Goedkoop *et al.*, 2009a), sendo mundialmente utilizada no estudo de sistemas de produção bovina (Beauchemin *et al.*, 2010; Nguyen *et al.*, 2010; Ogino *et al.*, 2007, 2004) e na proposição de cenários futuros (Beauchemin *et al.*, 2011).

Neste contexto, o presente trabalho teve o intuito de caracterizar os impactos ambientais de dois sistemas de produção de bovinos de corte típicos da Região Sul do Brasil, determinados com base em informações obtidas a partir de dados bibliográficos, bem como em informações obtidas a partir de diferentes agentes ligados à atividade.

Metodologia

A Região Sul do Brasil, segundo dados do IBGE, possui um rebanho bovino de 27,88 milhões de cabeças, correspondendo a 13,1% do total brasileiro, dos quais mais da metade encontra-se no Estado do Rio Grande do Sul, particularmente no Bioma Pampa. O clima é caracterizado como subtropical úmido, sendo a média anual das temperaturas de 18,8°C e o índice pluviométrico de 1672 mm/ano. Neste ambiente, a vegetação dominante é o campo nativo com predominância de espécies dos gêneros *Paspalum*, *Axonopus*, *Briza* e *Bromus*.

Dois sistemas típicos de criação se destacam: (1) extensivo ou tradicional (SE) baseado no uso exclusivo de pastagens naturais em pastoreio contínuo, com flutuações sazonais do suprimento de alimento e da qualidade das pastagens e um padrão de ganho de peso nas estações quentes e perda nas estações frias; (2) melhorado (SM) através da introdução de espécies

forrageiras hibernais (gêneros *Lolium*, *Avena*, *Trifolium* e *Lotus*) e pastoreio rotacionado com troca semanal de poteiros, com vistas à melhoria da qualidade da forragem e à minimização dos impactos da estacionalidade produtiva (Gonzalez *et al.*, 2009; Krolow *et al.*, 2012), resultando em incrementos dos índices produtivos (Teixeira e Abreu da Silva, 2007).

Nesta ecoregião foram simuladas propriedades representativas localizadas entre 29°30' e 32°30' de latitude sul e 52°10' e 57°40' de longitude oeste. Cada unidade produtiva constituiu-se de um rebanho de 100 fêmeas e quatro machos desmamados e sua prole durante toda sua vida produtiva (12 anos), sendo as demais características definidas de acordo com suas especificidades (Quadro 1). As emissões de gases de efeito estufa (GEE) foram estimadas para cada sistema por categoria animal durante o período total considerado (12 anos), incluindo: as emissões de

Quadro 1. Parâmetros utilizados para a construção dos sistemas extensivo (SE) e melhorado (SM)

Descrição	SE	SM	Descrição	SE	SM
Produtividade animal (kg GPV/dia) ^{2,3,6,8}	0,23	0,6	Produção de MS (ton/ano) ^{4,7,13,16}	3	11,5
Peso médio desmame (machos) (kg) ^{2,3}	170	210	Fator Ym (conversão energia/metano) ⁵	7,2	6,5
Peso médio desmame (fêmeas) (kg) ^{2,3}	150	190	Consumo médio (kg MS/dia) ^{4,10}	8,1	9,99
Taxa de mortalidade (%) ^{2,3}	4	1	Eficiência de uso da forragem (%) ^{1,14}	50	70
Idade à primeira cria (meses) ^{2,3}	48	30	Rocadas/ano ¹⁵	-	1
Peso médio adulto (kg) – machos ^{6,8}	600	700	Calagem cada 6 anos (ton/ha) ¹⁵	-	2
Peso médio adulto (kg) – fêmeas ^{6,8}	380	400	P ₂ O ₅ cada 2 anos (kg/ha) ¹⁵	-	100
Peso de abate (kg) – machos ^{6,8}	440	500	K ₂ O cada 2 anos (kg/ha) ¹⁵	-	130
Peso de abate (kg) – fêmeas ^{6,8}	420	480	Semente gramín. cada 2 anos (kg/ha) ¹⁵	-	40
Taxa de desmame (%) ^{2,3,6,8}	55	78	Semente legum. cada 2 anos (kg/ha) ¹⁵	-	10
Digestibilidade da forragem (%) ^{4,7,8,16}	47	55	Área necessária (ha)	275,77	65,92
Taxa média de descarte (%/ano) ^{2,3}	20	12,5	Lotação (UGM/ha)	0,51	2,21

¹Blanco *et al.* (2007); ²Corrêa (2001); ³Euclides Filho (2000); ⁴Gonzalez *et al.* (2009); ⁵IPCC (2006a); ⁶Kichel *et al.* (2011); ⁷Krolow *et al.* (2012); ⁸Lima *et al.* (2002); ⁹Medeiros *et al.* (2007); ¹⁰NRC (2000); ¹¹Oliveira *et al.* (2006); ¹²Pedroso *et al.* (2004); ¹³Teixeira e Abreu da Silva (2007); ¹⁴Santos *et al.* (2006) e; ¹⁵Siqueira *et al.* (1987); ¹⁶Maraschin (2001).
*Inclui todas as vacas de descarte.

metano (CH_4), da fermentação ruminal e das dejeções dos animais; as emissões diretas e indiretas de óxido nitroso (N_2O) devidas à disposição de dejeções dos animais na pastagem; e o balanço de gás carbônico (CO_2), assumindo os estoques de carbono (C) no solo como sendo estáveis. Para os cálculos foram utilizados os métodos descritos pelo IPCC (2006a,b). Maiores detalhes destes procedimentos podem ser obtidos em Abreu da Silva *et al.*, 2014.

A análise de ciclo de vida (ACV) foi descrita conforme as definições das normas ISO14040 (2006) e ISO14044 (2006), não sendo consideradas questões sociais e econômicas.

Os sistemas incluem (Figura 1): os animais, as pastagens (nativas – SE e melhoradas – SM), o fornecimento de água (aguadas naturais – SE e bebedouros – SM) e a suplementação restrita ao fornecimento de sal (comum – SE e mineral – SM); assim como, os recursos utilizados para produzir esses componentes (minerais, combustíveis, energia, etc.) e o transporte dos diferentes materiais, tanto externa como internamente à unidade produtiva. Foram excluídos da análise: os bens de capital (maquinários, construções, etc.); a origem dos animais e seu destino final (transporte e abate), considerados iguais em ambos os sistemas; os medicamentos e defensivos, devido à indisponibilidade de informações. Dados relativos a recursos e emissões associadas à produção e transporte de insumos (sementes, diesel, máquinas agrícolas, etc.) foram obtidos a partir das bases de dados Ecoinvent® e LCAfood® incorporadas ao software SimaPro® versão 7.3.3 (Goedkoop *et al.*, 2009a), utilizado para a estruturação da análise. No que se refere à composição dos fertilizantes adotou-se uma mistura de diferentes

fontes de fósforo e potássio, de forma a reproduzir a variabilidade de sua utilização. Para os transportes externos de insumos foi considerada uma quilometragem média de 250 km. A unidade funcional adotada foi a produção de 1 kg de peso vivo.

Após a fase de coleta de dados, foi necessária a transformação dos mesmos a fim de permitir a adequação à unidade funcional e a caracterização do escopo. Também conforme previsto nas normas ISO 14044 (2006), os resultados do inventário do ciclo de vida foram verificados e validados quanto ao balanço de massa e energia.

O agrupamento e a conversão das diversas intervenções em impactos ambientais potenciais foram realizados através do método *Recipe midpoints* versão 1.6, padrão de normalização World H e perspectiva Hierarchist, que permite a estimativa de 18 diferentes categorias de impacto ambiental. As categorias de impacto e os indicadores ambientais avaliados foram selecionados por sua relevância demonstrada em estudos similares. Assim, foi dada ênfase às categorias: aquecimento global ($\text{kg CO}_2 \text{ eq.}$); ocupação de terra (m^2); acidificação terrestre ($\text{kg SO}_2 \text{ eq.}$); eutrofização das águas (kg P eq.); e depleção de água (m^3), de minerais (kg Fe eq.) e de combustíveis fósseis (kg oil eq.). Na determinação do impacto das categorias utilizadas foram adotados os seguintes fatores de caracterização: aquecimento global $\text{kg CO}_2 \times 1$, $\text{kg CH}_4 \times 22$ e $\text{kg N}_2\text{O} \times 298$, com potencial de aquecimento global num horizonte de tempo de 100 anos (GWP 100); acidificação terrestre $\text{kg NH}_3 \times 2,45$, $\text{kg NO}_x \times 0,56$; eutrofização das águas $\text{kg PO}_4 \times 0,33$, $\text{H}_3\text{PO}_4 \times 0,32$ e $\text{P}_2\text{O}_5 \times 0,44$; depleções de recursos segundo Goedkoop *et al.* (2009b).

Resultados e Discussão

Em doze anos, os sistemas SE e SM apresentaram ganhos de peso totais de 112610 e 213964 kg, respectivamente. As emissões de GEE no SE totaliza-

ram 22,5 kg de $\text{CO}_2 \text{ eq.}$ por kg de ganho de peso vivo (GPV), enquanto o SM apresentou 9,16 kg $\text{CO}_2 \text{ eq.}$ /kg GPV. Diferenças no consumo de MS/dia, no

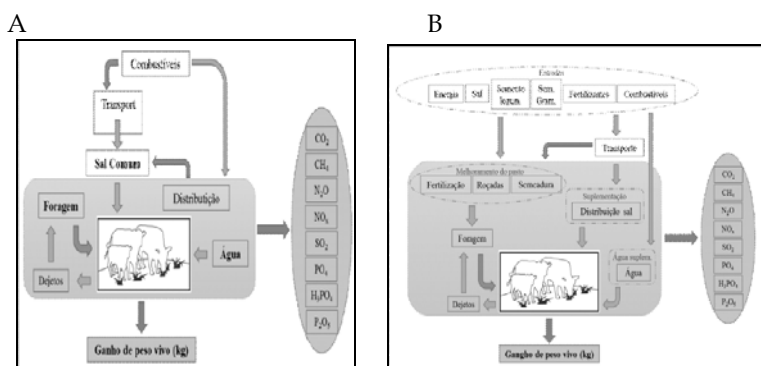


Figura 1. Limites dos sistemas SE (A) e SM (B).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ym, na digestibilidade e na eficiência de uso da pastagem, relacionadas ao tempo necessário para a produção de 1 kg GPV, foram fundamentais na definição dos valores de emissão de GEE de cada sistema; corroborou-se assim as afirmações de Bartl *et al.* (2011) e Cederberg *et al.* (2009) quanto à possibilidade de redução dos GEE através de incrementos produtivos, tanto com melhorias do manejo das pastagens quanto dos índices produtivos do rebanho. Estes valores quando expressos em kg de carcaça quente (HSCW), considerando um rendimento de 50% (18,32 e 45 kg CO₂ eq./kg HSCW para SM e SE), de certa forma reproduzem a variação de valores observados por Weiss e Leip (2012) em sistemas intensivos de produção, característicos de países desenvolvidos (14,2 e 17,4 kg CO₂ eq./kg HSCW na Áustria e na Holanda) e sistemas extensivos (acima de 40 kg CO₂ eq./kg HSCW na ilha de Chipre e na Letônia), encontrados nos demais países.

No que se refere ao uso da terra obteve-se para os sistemas SE e SM, respectivamente, valores de 234,78 e 21 m²/kg GPV, que correspondem sobretudo ao tempo necessário para a obtenção de 1 kg GPV (4,35 e 1,67 d, respectivamente no SE e SM), devido a diferenças de GPV (0,23 e 0,6 kg GPV/dia, respectivamente, no SE e SM). A maior eficiência de uso da terra, em consequência de um melhor desempenho produtivo, resulta numa menor pressão de utilização de ecossistemas onde haja nítido interesse na manutenção de seu estado natural. Expresso em kg HSCW, o valor obtido para o SM (42 m²) é muito semelhante ao proposto por Nguyen *et al.* (2010) como valor médio de sistemas de ciclo completo da EU (42,9 m²). Já a comparação dos valores observados para SE (469,56 m²/kg HSCW) e SM, resulta em uma relação (SE/SM) semelhante à obtida por Bartl *et al.* (2011) quando comparados dois sistemas pecuários típicos do Peru, com distintos graus de intensificação (11,2 e 13,5, respectivamente).

A depleção das águas no SE foi de 0,217 m³/kg GPV, sendo devida a seu consumo relativamente importante pelos animais, devido ao maior tempo, acima referido, necessário para produzir 1 kg de PV. No SM, o valor obtido foi de 0,0949 m³/kg GPV. Variação ainda mais importante foi obtida por Ridoutt *et al.* (2012) em sistemas de produção de carne de New South Wales, Austrália (0,221 a 0,0033 m³/kg GPV). Neste caso, os sistemas mais impactantes incluem água de irrigação, o que permite afirmar, segundo estes autores, que a produção de carne em

pastagem não apresenta necessariamente impacto significativo na utilização da água, fazendo com que a suposta contribuição da produção bovina para a escassez de água no mundo não se sustente.

Com relação à depleção de minerais e à acidificação terrestre, o SE apresentou um impacto potencial menor que o SM (0,000519 e 0,0536 kg Fe eq./kg GPV; 0,0028 e 0,0038 kg SO₂ eq. / kg GPV, respectivamente). Em ambos os casos, a diferença dos valores obtidos deve-se ao grande contraste existente entre os dois sistemas: enquanto no SM foram utilizados fertilizantes à base de P e K, calcário e sal contendo diferentes minerais, além da introdução de leguminosas; no SE, o único insumo externo utilizado foi o sal comum.

Os valores de depleção de combustíveis fósseis obtidos para os dois sistemas evidenciam duas situações diferentes: enquanto no SE foram utilizados 0,0042 kg oil eq./kg GPV o valor obtido para o SM foi de -0,1255 kg oil eq./kg GPV. Nesse caso, a introdução de leguminosas no SM em detrimento à utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos foi determinante na definição do impacto da categoria, uma vez que o efeito da fixação de N anulou todas as contribuições das demais atividades.

Por fim, os valores de eutrofização das águas por unidade de GPV foram maiores no SE que no SM (0,00383 e 0,00219 kg P eq./kg GPV), devido ao efeito multiplicador do maior tempo de permanência dos animais no SE, apesar do incremento potencial dos fluxos de P, devidos à fertilização fosfatada observado no SM.

Estas diferenças e aparentes dualidades reiteram a importância atribuída por Nemecek *et al.* (2011) à análise do sistema como um todo. A abordagem de diversas categorias de impacto evita, segundo Mueller-Lindenlauf *et al.* (2010), erros de interpretação devidos à simples avaliação de aspectos como o consumo de energia ou o aquecimento global, criando novas possibilidades de mitigação dos impactos ambientais dos sistemas de produção bovina.

Incrementos dos níveis produtivos e reduções da produção de metano entérico e do uso da terra podem representar grandes oportunidades na busca de sistemas mais amigáveis em termos ambientais nas diferentes situações produtivas sul brasileiras. No entanto, a adoção de práticas melhoradoras deve ser precedida de estudos de ACV a fim de evitar que a implementação de um procedimento alternativo cause outros problemas.

Literatura Citada

- Abreu da Silva M., M. Dick e H. Dewes, 2014. Quantificação dos impactos ambientais da produção de bovinos de corte em sistemas tradicionais do Sul do Brasil através do método de análise de ciclo de vida. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 22(1-2): 9-14.
- Bartl, K., C. A. Gómez, and T. Nemecek, 2011. Life cycle assessment of milk produced in two smallholder dairy systems in the highlands and the coast of Peru. *J. Clean. Prod.* 19(13): 1494-1505.
- Beauchemin, K. A., H. H. Janzen, S. M. Little, T. A. McAllister, and S. M. McGinn, 2010. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study. *Agric. Syst.* 103(6): 371-379.
- Beauchemin, K. A., H. H. Janzen, S. M. Little, T. A. McAllister, and S. M. McGinn, 2011. Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: evaluation using farm-based life cycle assessment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167: 663-677.
- Blanco, C., E. Sosinski, B. Santos, M. Abreu da Silva, and V. P. Pillar. 2007. On the overlap between effect and response plant functional types linked to grazing. *Community Ecology.* 8(1): 57-65.
- Cederberg, C., D. Meyer, and A. Flysjö, 2009. Life cycle inventory of greenhouse gas emissions and use of land and energy in Brazilian beef production. SIK-rapport. SIK - Institutet för Livsmedel och Bioteknik.
- Corrêa, E. S., 2001. Desempenho reprodutivo em um sistema de produção de gado de corte. Embrapa Gado de Corte.
- Euclides Filho, K. 2000. Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo-ambiente-mercado. Embrapa Gado de Corte.
- Goedkoop, M., A. D. Schryver, M. Oele, S. Durksz, and D. Roest, 2009a. Introduction to LCA with SimaPro 7. Pré Consultants.
- Goedkoop, M., R. Heijungs, M. Huijbregts, N. De Schryver, J. Struijs, and R. Van Zelm, 2009b. ReCiPe 2008: a life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. VROM-Ruimte en Milieu, Ministerie van Volkshuis-vesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- Gonzalez, H. L., I. M. P. H. Velho, M. Abreu da Silva, R. B. Medeiros, N. R. Paim, and J. L. Nörnberg, 2009. Milk quality of Jersey cows kept on winter pasture supplemented or not with concentrate. *Braz. J. Anim. Sci.*, 38(10): 1983- 1988.
- IPCC, 2006a. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, agriculture, forestry and other land use: emissions from livestock and manure management.
- IPCC, 2006b. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, agriculture, forestry and other land use: N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application.
- ISO 14040, 2006. Environmental management-life cycle assessment: principles and framework.
- ISO 14044, 2006. Environmental management-life cycle assessment: requirements and guidelines.
- Kichel, A. N., J. A. A. Costa, J. R. Verzignassi e H. P. Queiroz, 2011. Diagnóstico para o planejamento da propriedade. Embrapa Gado de Corte. 182 p.
- Krolow, R. H., M. Abreu da Silva, N. R. Paim, R. B. Medeiros, and H. L. Gonzalez. 2012. Milk composition of Holstein cows grazing ryegrass with the use of white clover as a protein source. *Braz. J. Anim. Sci.*, 64(5): 1352- 1359.
- Lima, A. L., M. Pessoa e M. A. V. Ligo. 2002. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência-emissões de metano da pecuária. Brasília: IBGE-EMBRAPA-MCT.
- Maraschin, G. E., 2001. Production potential of South America grasslands. In: Proceedings of the XIX International Grassland Congress: Grassland Ecosystems: An outlook into the 21st Century, p. 5-15.
- Medeiros, R. B., C. E. S. Pedroso, J. B. J. Jornada, M. Abreu da Silva, and J. C. Saibro, 2007. Diurnal ingestive behavior of sheep grazing annual ryegrass at different phenological growth stages. *Braz. J. Anim. Sci.*, 36(1): 198-204.
- Muller-Lindenlauf, M., C. Deittert, and U. Kopke, 2010. Assessment of environmental effects, animal welfare and milk quality among organic dairy farms. *Livest. Sci.*, 128(1-3): 140-148.
- Nemecek, T., O. Huguenin-Elie, D. Dubois, G. Gaillard, B. Schaller, and A. Chervet, 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production. *Agric. Syst.*, 104(3): 233-245.
- Nguyen, T. L. T., J. E. Hermansen, and L. Mogensen, 2010. Environmental consequences of different beef production systems in the EU. *J. Clean. Prod.* 18(8): 756-766.
- NRC, 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. (7th Ed.) National Academy of Science. Washington, DC.
- Ogino, A., K. Kaku, T. Osada, and K. Shimada, 2004. Environmental impacts of the Japanese beef-fattening system with different feeding lengths as evaluated by a life-cycle assessment method. *J. Anim. Sci.*, 82(7): 2115- 2122.
- Ogino, A., H. Orito, K. Shimada and H. Hirooka, 2007. Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow-calf system by the life cycle assessment method. *Anim. Sci. J.* 78(4): 424-432.
- Oliveira, R. L., M. A. A. F. Barbosa, M. M. Ladeira, M. M. P. Silva, A. C. Ziviani, and A. R. Bagaldo, 2006. Beef cattle nutrition and production during reproduction phase. *Braz. J. Anim. Health Prod.*, 7(1): 57-86.
- Pedroso, C. E.S., R. B. Medeiros, M. Abreu da Silva, J. B. J. Jornada, J. C. Saibro, and J. R. F. Teixeira, 2004. Sheep behavior at the pregnancy and at the lactation grazing on different phenological stages of annual ryegrass. *Braz. J. Anim. Sci.*, 33(3): 1340-1344.
- Robèrt, K. H., 2000. Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other? *J. Clean. Prod.*, 8(3): 243-254.
- Ridoutt, B. G., P. Sanguansri, M. Freer, and G. S. Harper, 2012. Water footprint of livestock: comparison of six geographically defined beef production systems. *Int. J. Life Cycle Ass.* 17(2): 165-175.
- Santos, B. R. C., M. Abreu da Silva, and R. B. Medeiros, 2006. Interaction between grazing behavior and functional type dynamics in native grassland in the Central Depression Region of Rio Grande do Sul. *Braz. J. Anim. Sci.*, 35(5): 1897-1906.
- Siqueira, O. J. F., E. E. Scherer, G. Tassinari, I. Anghinoni, J. Patella, M. J. Tedesco, P. A. Milan, e P. R. Ernani, 1987. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. EMBRAPA-CNPT.
- Teixeira, J. R. F. and M. Abreu da Silva, 2007. Typology of beef cattle production systems related to ectoparasitosis frequency. *Braz. J. Anim. Sci.*, 36(6): 2176-2183.
- Weiss, F. and A. Leip, 2012. Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: a life cycle assessment carried out with the CAPRI model. *Agric. Ecosyst. Environm.* 149:124- 134.