

INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE NO BRASIL

Fernando Rodrigues Teixeira Dias¹, Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura², Juliana Ferreira Picoli³, Fernando Paim Costa⁴, Urbano Abreu⁵, Maria do Carmo Fasiaben⁶

¹Embrapa Pantanal, fernando.dias@embrapa.br

²Embrapa Meio Ambiente

³Embrapa Meio Ambiente

⁴Embrapa Gado de Corte

⁵Embrapa Pantanal

⁶Embrapa Informática Agropecuária

Resumo: A produção de bovinos de corte no Brasil gera cerca de 5 bilhões de dólares em exportações e o seu impacto ambiental é foco da atenção mundial, daí a relevância da construção de inventários de ciclo de vida (ICV) que sirvam de base à realização de estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) destes sistemas. Este trabalho apresenta lições aprendidas na construção de ICV de dez sistemas de produção de bovinos de corte para a base de dados ecoinvent, incluindo sistemas de produção de bezerras e bezerras para uso pelos demais sistemas. Para isto, usou-se como base modelos matemáticos do desempenho zootécnico destes sistemas. Ajustes foram feitos em premissas dos modelos originais, informações foram acrescentadas de literatura relevante, processos a montante disponíveis na base de dados ecoinvent 3.3 foram adotados ou adaptados para a geografia nacional. Informações de transporte comercial de animais e insumos foram usadas para a estimativa de distâncias percorridas. Neste momento os *datasets* produzidos estão em revisão pela equipe do ecoinvent centre para serem publicados na versão 3.5. Este artigo apresenta as premissas assumidas para o trabalho e as soluções encontradas para se completar informação ausente de modelos econômicos e bem como alguns resultados preliminares. Estas premissas e soluções podem ser úteis na construção de inventários nacionais para outros sistemas de produção animal (bovinos de leite, outros animais criados a pasto) ou na elaboração de ICV de estudos de caso específicos que partam de modelos econômicos.

Palavras-chave: ICV, pecuária, modelos.

Introdução

A produção de gado de corte é importante atividade para a economia do Brasil e para alimentação do mundo, ao mesmo tempo em que tem sido alvo de críticas da comunidade científica internacional como uma das principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) nacionais, especialmente pelas emissões entéricas, decomposição de dejetos e desmatamento de áreas de florestas (provocado pela necessidade de abertura de novas áreas para pastagem). Atualmente, há esforços de pesquisa para mostrar a real situação da produção bovina nacional e seus impactos (SILVA et al., 2016; RUVIARO et al., 2014). Uma das iniciativas importantes é a regionalização de bases de dados internacionais de ICV, como a ecoinvent, a mais completa e utilizada em nível global, reunindo milhares de conjuntos de dados ("*datasets*"), abrangendo inventários para produtos agrícolas, florestais e agroindustriais. A equipe do ecoinvent centre e seus parceiros no mundo inteiro têm envidado esforços para ajustar os *datasets* de ICV disponíveis na base de dados às realidades nacionais. O projeto "Life Cycle Inventories of Brazilian agricultural products: a contribution to the ecoinvent database", ICVAgroBR, corresponde a uma destas iniciativas.

O projeto ICVAgroBR

O projeto ICVAgroBR teve a participação da Embrapa, Centro Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), Fundação Espaço ECO, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Quantis, Agroscope e ecoinvent centre, e teve como objetivo gerar e fornecer à base de dados ecoinvent *datasets* representativos dos sistemas de produção típicos de alguns dos mais importantes produtos do agronegócio brasileiro. Como resultado, foram produzidos mais de 70 *datasets* para sistemas agropecuários e agroindustriais, com abrangência regional e nacional, incluindo *datasets* para cana-de-açúcar e derivados, soja e derivados, milho, manga, eucalipto para lenha e gado bovino de corte, além de *datasets* de operações agrícolas compartilhadas por estes cultivos e dados de transporte de insumos e produtos. Estes resultados estão em fase final de revisão pela equipe editorial do ecoinvent centre e têm sua publicação prevista para 2018, na versão 3.5 desta base de dados. Este artigo comenta um subconjunto dos resultados deste projeto: os *datasets* de sistemas de produção de gado de corte.

Embora os ICV elaborados ainda estejam em revisão, as premissas assumidas para o trabalho e as soluções encontradas para se completar informação ausente de modelos econômicos podem ser úteis na construção de ICV nacionais para outros sistemas de produção animal (bovinos de leite, outros animais criados a pasto) ou na elaboração de ICV de estudos específicos que partam de modelos matemáticos de desempenho zootécnico ou econômico.

O WFLDB – World Food LCA Databas e o projeto ICV AgroBR

Outra base de dados internacional de inventários de ciclo de vida para o setor de alimentos está sendo desenvolvida pelo projeto World Food LCA Database (WFLDB), lançado em 2012 pela Quantis e Agroscope, em parceria com o ecoinvent (NEMECEK, et al., 2015). Como estas duas bases de dados, ecoinvent e WFLDB, têm objetivos em parte coincidentes, o padrão metodológico para a construção de *datasets* para estas bases de dados é coerente.

Etapas do estudo

A produção dos *datasets* consistiu nas seguintes etapas:

- Definição dos sistemas a serem modelados.
- Obtenção de dados, publicações e modelos matemáticos destes sistemas.
- Revisão da literatura mais relevante para padrões de ICV (modelos de emissões, critérios de alocação etc.) a serem seguidos em estudos de ACV na produção de bovinos de corte.
- Revisão da literatura mais relevante sobre regionalização de modelos de emissões para o Brasil.
- Definição de padrões adotados para os ICV de pecuária, em acordo com os demais *datasets* do projeto ICVAgroBR.
- Adaptação dos modelos matemáticos de desempenho zootécnico e econômico para modelos dedicados ao cálculo de entradas em ICV, e adição de fórmulas para o cálculo de emissões.
- Elaboração dos *datasets* e envio para revisão.

Os sistemas modelados e os datasets gerados

No total, 10 *datasets* de produção (“*ordinary activity*”) e 3 *datasets* de mercado (“*market activity*”) foram elaborados. Dos *datasets* de produção, cinco representam sistemas de ciclo completo (“*full-cycle*”), que produzem bois gordos para abate, desde o nascimento; três representam sistemas de cria (“*cow-calf*”), que produzem bezerros desmamados, para posterior recria-engorda; e dois representam sistemas de recria-engorda (“*fattening*”): um de bezerros e um de bezerras. Dois dos sistemas de cria modelados ocorrem na parte mais baixa do bioma Pantanal, em que o regime de cheias e a produção extensiva majoritariamente sobre pasto nativo só permitem sistemas de cria. Os demais ICV foram baseados em sistemas que ocorrem no Cerrado e na parte mais alta do Pantanal. Os sistemas modelados são de vários níveis de uso de tecnologia: com manejo de pastagem mais ou menos intenso, com mais ou menos suplementação alimentar, com e sem confinamento. Em todos os sistemas, os produtos e coprodutos são medidos em kg de peso vivo, mas apenas os animais adultos são destinados ao abate.

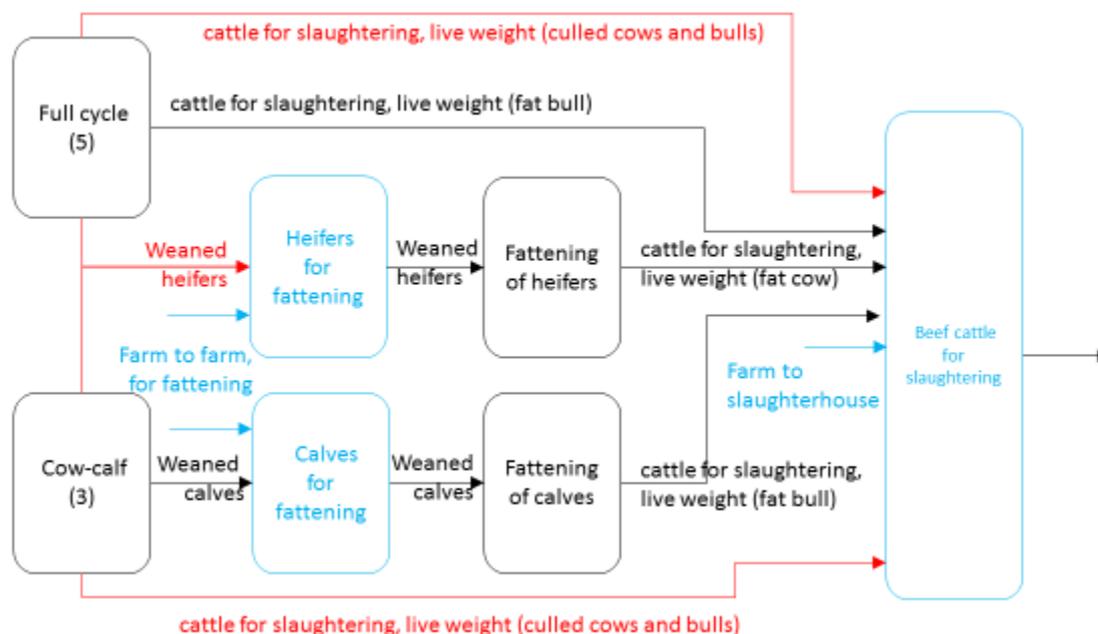
A figura 1 apresenta um diagrama com os 10 *datasets* de produção e os 3 *datasets* de mercado de gado bovino de corte. Para simplificar o desenho, os 5 sistemas de ciclo completo e os 3 sistemas de cria foram representados em dois blocos apenas. A figura 2 apresenta um diagrama com os fluxos internos de um destes sistemas, para exemplificar. Como o objetivo do projeto era modelar a produção nacional, os sistemas do Cerrado (e parte alta do Pantanal) foram supostos representativos da média nacional, mas com matriz de pedigree ajustada. Os sistemas do Pantanal foram supostos como exclusivos daquele bioma.

Os *datasets* de mercado, no ecoinvent 3.3, representam o “*mix*” regional para um dado produto com várias tecnologias de produção na região. Por exemplo, na figura 1, o mercado para “*beef cattle for slaughtering*” consolida as ofertas deste produto que vêm dos vários *datasets* de produção deste produto. Os *datasets* de mercado têm como entrada adicional os transportes dos produtos do fornecedor ao consumidor. As distâncias do produtor ao consumidor (isto é, da fazenda ao frigorífico) foram apuradas por meio da análise das Guias de Transporte Animal (GTA) no estado do Mato Grosso do Sul. O resultado obtido nesta contabilidade foi muito próximo da primeira estimativa de especialistas (cerca de 200 km).

Foi elaborado também um *dataset* representando a produção de silagem de milho para alimentação do gado em um dos sistemas mais intensivos, a partir de adaptação de *dataset* de ICV de produção nacional de milho em grão, em

monocultura, também resultado do projeto ICVAgroBR. Outros insumos importantes para ração animal foram definidos como oriundos de *datasets* também resultantes do projeto ICVAgroBR: farelo de soja, milho em grão e eucalipto para cerca.

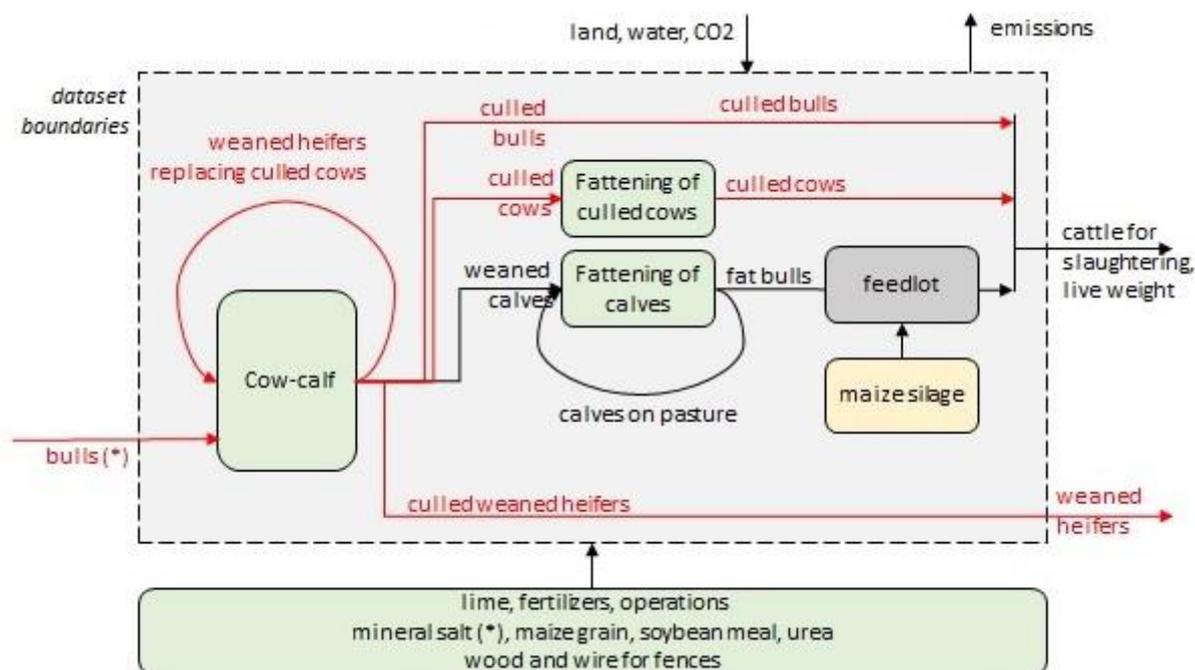
Figura 1: *Datasets* de gado de corte do projeto ICVAgroBR



Datasets de produção (em preto) e de mercado (em azul), com fluxos dos produtos de referência (em preto), coprodutos (em vermelho), e transportes (em azul). Outros fluxos foram omitidos.

Fonte: Elaboração própria.

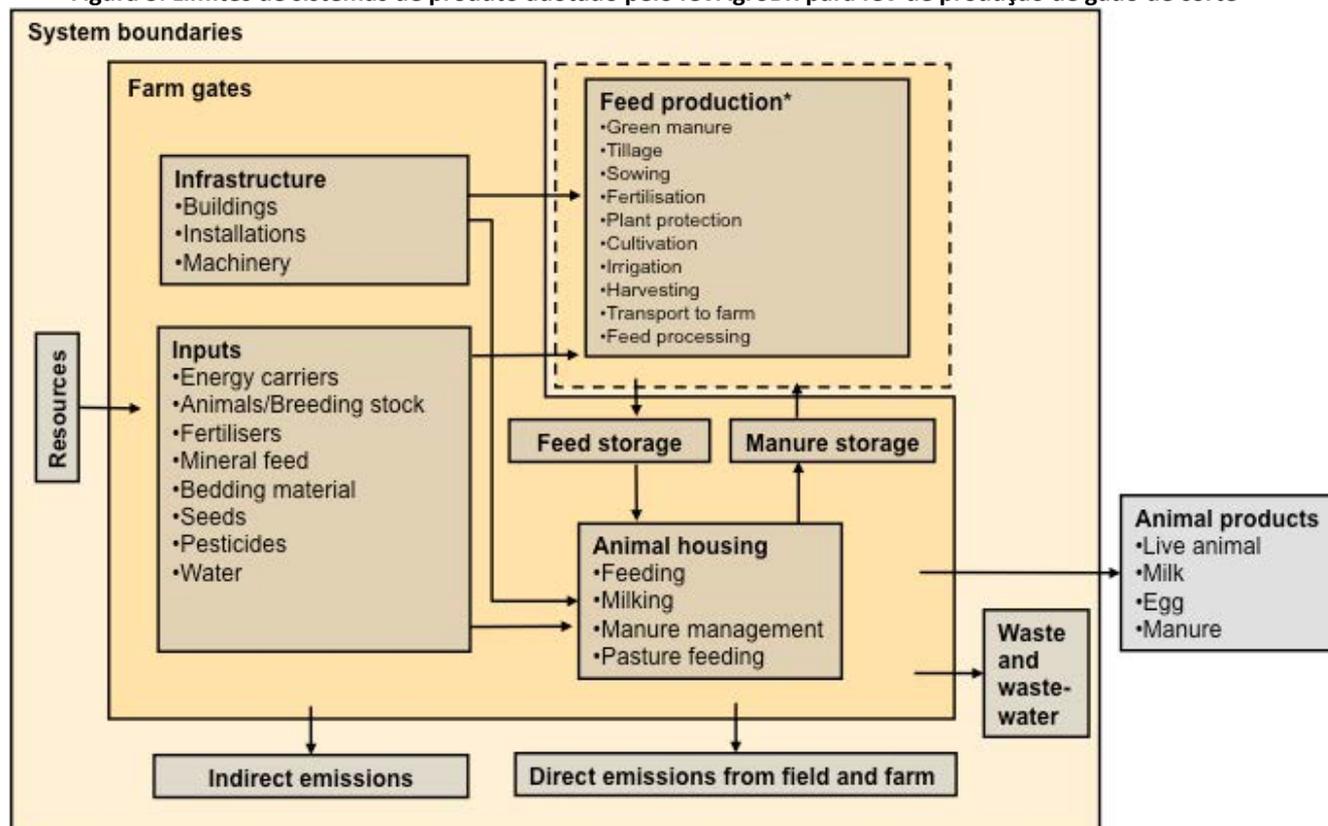
Figura 2: Diagrama de um ICV: “beef cattle production on pasture and feedlot”



Escopo da ACV: Unidades funcionais, fluxos de referência, limites dos sistemas de produto

Nemecek et al. (2015) recomendam para o WFLDB que o fluxo de referência para a produção de animais vivos seja definido como 1 kg de animal, peso vivo, no portão de saída da fazenda, recomendação adotada pelo projeto ICVAgroBR. O limite adotado para o WFLDB para sistemas de produção animal é ilustrado pela figura 3. A produção de dejetos animais para adubação está incluída, bem como a produção de ração, ocorrendo ou não na fazenda (por isso a linha pontilhada). Produtos farmacêuticos e embalagem de produtos de saída foram excluídos, dentre outros. O projeto ICVAgroBR adotou os mesmos limites para os ICV de produção de gado de corte.

Figura 3: Limites de sistemas de produto adotado pelo ICVAgroBR para ICV de produção de gado de corte



Fonte: Nemecek, et al., 2015.

Fontes de dados

As principais fontes de informação usadas para a elaboração dos *datasets* foram dados secundários elaborados pela Embrapa Gado de Corte, mais especificamente, modelos matemáticos do desempenho zootécnico e econômico de sistemas de produção de gado de corte do Cerrado brasileiro, na forma de planilhas, que foram resultado de pesquisas realizadas por aquela unidade (CORRÊA et al., 2006, COSTA et al., 2005, PEREIRA et al., 2014). Estes modelos foram revistos e ampliados no projeto Pecus (<http://www.cppse.embrapa.br/redepecus/>), encerrado em 2015. A Embrapa Pantanal também dispunha de planilhas que descreviam um sistema de cria (isto é, produção de bezerros desmamados) típico do Bioma Pantanal (CRESPOLINI, 2017), que foram revistas e serviram de base para a modelagem de um sistema semelhante, mas melhorado, ainda no projeto Pecus. Este projeto utilizou dados do último levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizado em 2006, que correspondiam aos dados mais atuais disponíveis à época. Os modelos foram atualizados para um cenário provável em 2015, com o apoio de especialistas. Os sistemas modelados são apresentados mais adiante.

Critério de alocação

O critério de alocação adotado no projeto ICVAgroBR foi por massa, ou seja, peso vivo dos animais produzidos, e não direcionou todo o impacto da vaca em aleitamento ao bezerro, como proposto pelo WFLDB. Por outro lado, não

separou o impacto por categoria animal. A abordagem usada foi alocar as emissões anuais totais do sistema em proporção ao peso vivo que sai, em kg, a cada ano, de cada produto ou coproduto, independentemente da categoria animal, ou se este animal sai para abate ou para sistema de recria-engorda. Por exemplo, em sistemas de cria os bezerros desmamados saem aos 7 ou 8 meses, dividindo com os touros e vacas descartadas toda a carga ambiental de todo o rebanho que ocupou a fazenda no ano. A equipe do projeto ICVAgroBR e os revisores doecoinvent centre entenderam que este era um critério mais simples, mas ainda assim adequado, porque:

- Noecoinvent 3.3, o peso vivo do gado não é diferenciado por categoria animal, sendo todo ele registrado sob um único “exchange”: gado para abate em peso vivo (“*cattle for slaughtering, live weight*”).
- Todo o peso vivo produzido sai do sistema anualmente, pois o sistema é estabilizado em regime anual.
- Os bezerros e bezerras desmamados têm como único destino a recria-engorda para abate.
- A vaca que amamenta será um dia também encaminhada para abate, como “*cattle for slaughtering, live weight*”.

Uma alternativa poderia ser o uso de critério de alocação econômica. Neste caso, as bezerras e bezerros desmamados em sistemas de cria receberiam uma carga ambiental maior do que pelo critério de alocação por massa, pois o seu preço por kg vivo é em geral maior do que o de animais adultos.

A divisão dos sistemas de ciclo completo em sistemas de cria e recria-engorda já foi uma novidade para oecoinvent, assim como já o havia sido a inclusão de *datasets* de sistemas de produção de gado para abate como produto principal, pois antes só havia sistemas de produção de leite, em que gado para abate é coproduto. Uma revisão futura dos *datasets* produzidos pelo projeto ICVAgroBR poderia dividir os sistemas de ciclo completo ainda mais, por exemplo, separando-os todos em *datasets* de cria e de recria-engorda, de modo a facilitar ajustes no critério de alocação, de certo modo reconhecendo uma tendência no mercado de produção de gado para abate se especializar, segmentando os sistemas de cria dos de recria-engorda, reduzindo a quantidade de estabelecimentos que atuam com sistema de cria (DOS SANTOS et al., 2015).

A Construção dos ICV

Atualmente, na base WFLDB apenas dois tipos de sistemas de produção de gado para abate foram divisados: “*suckler cow systems*” - onde o bezerro produzido consome todo o leite do sistema; e “*combined dairy and beef production*” - em que há produção de leite, sendo o gado para abate, coproduto deste último. Noecoinvent 3.3, apenas sistemas de produção de leite haviam sido modelados.

Nemecek, et al. (2015) descrevem “as abordagens metodológicas e as decisões que foram tomadas para modelar os conjuntos de dados do WFLDB”. Quase todas as abordagens recomendadas para o WFLDB foram adotadas em ICV de produtos agropecuários elaborados pelo projeto ICVAgroBR (MATSUURA-FOLEGATTI et al., 2017), mas ajustes foram necessários para adaptar estas abordagens à realidade nacional, como detalhado a seguir.

Emissões por manejo da pastagem

O projeto ICVAgroBR seguiu as recomendações do WFLDB (Nemecek, et al., 2015) para o cálculo das emissões por calagem e adubação na pastagem, com a exceção da emissão de metais pesados, em que foi adotado o modelo de Canals (2003); a lixiviação do fósforo, processo físico de ocorrência pouco frequente nos solos nacionais (Novais & Smyth, 1999); a lixiviação de nitrato para águas subterrâneas, em que o modelo SQCB-NO₃, utilizado pelo WFLDB, foi calibrado segundo dados de Bernardi et al. (2012) e Cunha et al. (2010). A decomposição de dejetos na pastagem usou o mesmo modelo de emissão do WFLDB.

Emissões da produção animal

Para as emissões de metano entérico e manejo de dejetos, adotou-se o modelo IPCC tier 2, com parâmetros técnicos oriundos de publicações científicas nacionais para: digestibilidade da pastagem e ingestão de matéria seca; peso vivo médio e ganho de peso diário por categoria animal (sexo, idade e função); produção, teor de gordura do leite e energia para lactação; taxa de prenhez e mortalidade; ingestão de energia bruta e taxa de conversão de metano (DIAS et al, 2017).

Contribuições deste estudo

Algumas decisões de simplificação dos *datasets* foram tomadas no seu planejamento e durante a sua elaboração, que podem se transformar em oportunidades de aperfeiçoamento destes *datasets*, para próximas versões doecoinvent. Parte destas decisões é discutida abaixo.

O consumo de suplementação mineral pelo gado é uma realidade em quase todos os sistemas de produção brasileiros e em todos os sistemas de produção modelados. Há algumas décadas que este suplemento não é mais o sal comum - cloreto de sódio - mas uma composição de cerca de 45% de cloreto de sódio, 50% de fosfato bicálcico, e 5 % de outros minerais (a formulação pode variar). No Brasil o sal marinho é a fonte quase que exclusiva do cloreto de sódio e de alguns micronutrientes, e o fosfato bicálcico é obtido em mineração, em geral pelas mesmas indústrias produtoras de fertilizantes fosfatados. Na base ecoinvent, o único cloreto de sódio disponível é produto de um processo industrial muito mais complexo que a extração de sal marinho, e não há um inventário de processo (“*exchange*”) representando o fosfato bicálcico. Como o processo de produção nacional da suplementação mineral ficou fora do escopo do projeto ICVAgroBR, a suplementação mineral para o gado não foi incluída nos *datasets*. Há planos da Embrapa e ecoinvent retomarem a modelagem deste importante insumo, uma vez cumprido o escopo contratado do projeto.

No Brasil, a ureia usada para suplementação animal possui processamento diferenciado da ureia usada na adubação de pastagens. Como hoje só há um inventário de processo de ureia na base ecoinvent 3.3, e modelar a produção de fertilizantes e insumos estava fora do escopo do projeto, a mesma ureia foi suposta representando os dois insumos. Uma futura modelagem da produção nacional de insumos agropecuários deve levar isto em conta.

Os *datasets* de produção pecuária modelados incluíram a infraestrutura de cercas (e o tratamento químico dos postes), mas não incluíram o uso interno de veículos e combustível, nem a infraestrutura de construção de currais e confinamentos. Ampliar a modelagem de infraestrutura em uma próxima revisão dos *datasets* é importante, especialmente na modelagem de sistemas mais intensivos de recria-engorda, que possuem maior investimento em infraestrutura e maquinário, por kg de peso-vivo produzido.

A modelagem de água não foi incluída, por se tratar do uso de água de chuva ou de poços artesianos (sem irrigação ou água tratada relevante), e pela dificuldade em se modelar adequadamente o consumo e evapotranspiração de pastagem e animais. O percentual de água nos produtos e insumos foi modelado. Próximas revisões dos *datasets* podem incluir a modelagem de água de modo suficiente a permitir a apuração de pegada hídrica.

Por restrição do prazo e esforço que poderia ser empreendido no projeto ICVAgroBR, apenas os sistemas de produção do bioma Cerrado e Pantanal foram utilizados como base para a elaboração dos ICV, complementados por dados do censo agropecuário do IBGE de 2006. Um novo censo agropecuário terá seus resultados consolidados em 2018. Seria uma oportunidade para revisar os modelos de sistema escolhidos e expandir o escopo geográfico considerado, de modo a melhor representar a produção nacional.

Os *datasets* modelados supuseram uso de touros em monta natural, sistema que era a maioria em 2006, quando os sistemas foram identificados. Por conta disto, os sistemas modelados incluíram as emissões dos touros em seu período na fazenda (cerca de 5 anos), e o seu descarte ao final da vida útil. No entanto, a modelagem do processo de produção de touros adultos (de 3 a 5 anos) a montante não foi incluída, por serem em pequeno número no rebanho (cerca de um para cada 30 vacas em reprodução). Uma próxima revisão dos *datasets* pode vir a incluir *datasets* de produção de touros para monta natural e produção de sêmen para inseminação artificial, se o impacto destes processos for avaliado como relevante.

O escopo do projeto não incluiu a modelagem da produção nacional de gado para abate como coproduto do leite. Estimou-se cerca de 10% da produção de carne nacional oriunda desta fonte (DIAS et al., 2015). Próximos esforços de produção de *datasets* podem incluir a modelagem da produção do leite e da gado para abate como coproduto. Um primeiro passo já foi dado em exercício iniciado em 2017, numa parceria entre a Embrapa Pantanal e Embrapa Gado de Leite. Outro possível ajuste já mencionado seria a divisão dos sistemas de cria em *datasets* de cria e de recria-engorda.

Conclusões

As recomendações gerais para o WFLDB em sistemas de produção de gado para abate precisaram de ajustes para a realidade nacional. Estes foram necessários para representar adequadamente os sistemas de produção brasileiros dedicados à produção de gado para abate, sem a produção de leite associada, e incluindo a especialização na produção de bezerros. Outros ajustes foram necessários para modelar em Tier 2 do IPCC as emissões de metano entérico e decomposição de dejetos do gado nacional e representar adequadamente o efeito dos solos e climas nacionais na emissão de metais pesados e lixiviação de fósforo, no manejo da pastagem. O projeto ICVAgroBR cumpriu o seu papel em disponibilizar um conjunto de importante de *datasets* da produção agropecuária nacional e capacitar a equipe para seguir contribuindo com ICV para bases de dados internacionais e nacionais.

Referências

- BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA, P. P. A.; PRIMAVESI, O.. Soil Fertility of Tropical Intensively Managed Forage System for Grazing Cattle in Brazil. Soil Fertility Improvement And Integrated Nutrient Management - A Global Perspective, [s.l.], p.37-56, 24 fev. 2012. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/28176>. Disponível em: <<http://hotsites.cnps.embrapa.br/blogs/redefertbrasil/conteudo/artigos/1.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2017.
- CANALS, L. M. (2003) Contributions to LCA methodology for agricultural systems. Site dependency and soil degradation impact assessment. 250 p. Tese (Doutorado) – Unitat de Química Física, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- CRESPOLINI, M.; ZEN, S.; ABREU, U. G. P.; CARVALHO, T. B.; YANAGUIZAWA, W. H.; GUARDA, G. M. (2017). Pecuária de Corte no Pantanal – Análise Temporal e de Escala do Sistema Modal de Produção em Corumbá – MS. Comunicado Técnico 103, ISSN 1981-7231, Embrapa, Corumbá, MS.
- CORRÊA, E. S.; COSTA, F. P.; MELO FILHO, G. A.; PEREIRA, M. A. (2006). Sistemas de produção melhorados para gado de corte em Mato Grosso do Sul. Comunicado Técnico 102, ISSN 1516-9308, Embrapa, Campo Grande, MS.
- COSTA, F. P.; CORRÊA, E. S.; MELO FILHO, G. A.; CEZAR, I. M.; PEREIRA, M. A. (2005). Sistemas e Custos de Produção de Gado de Corte em Mato Grosso do Sul - Regiões de Campo Grande e Dourados. Comunicado Técnico 93 - ISSN 1516-9308, Embrapa, Campo Grande, MS.
- CUNHA, F. F. da et al. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 2, p.351-357, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asagr/v32n2/a24v32n2.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2017.
- DIAS, F. R. T. et al. (2017) Ecoinvent report: Life Cycle Inventories of Beef Cattle Production in Brazil. No prelo.
- DOS SANTOS, M. C. (2015) As Mudanças da Bovinocultura de Corte no Brasil: Evidências a partir de Mato Grosso do Sul (2004 – 2015). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.
- FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. et al. (2017). Ecoinvent report: Life Cycle Inventories of Brazilian agricultural products. No prelo.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- NEMECEK, T. et al. (2015) Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products, Version 3.0. Switzerland: WFLDB. 84 p.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. (1999) Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 399 p.



PEREIRA, M. A.; COSTA, F. P.; MALAFAIA, G. C.; ESPÍNDOLA, E.; VIEIRA, J. S. Custo de Produção de Gado de Corte em Mato Grosso do Sul - Parte I: Nível Tecnológico Baixo. Comunicado Técnico 127, ISSN 1983-9731, Embrapa, Campo Grande, MS, Setembro, 2014

RUVIARO, C. F.; DE LÉIS, C. M.; LAMPERT, V. N.; et al. (2014) Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.01.037

SILVA, R. de O.; BARIONI, L. G.; HALL, J. A. J.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; ALBERTINI, T. Z. ; FERNANDES, F. A.; MORAN, D. (2016) Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 493-497, May.