

ALOCAÇÃO DE IMPACTOS EM SISTEMAS MULTIPRODUTOS: INTEGRAÇÃO LAVOURA, PECUÁRIA E FLORESTA

Fernando Rodrigues Teixeira Dias¹, Marcela Porto Costa², Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura³

¹*Embrapa Pantanal, fernando.dias@embrapa.br*

²*Fundação Espaço Eco*

³*Embrapa Meio Ambiente*

Resumo: A produção de gado de corte é atividade econômica considerada grande emissora de gases de efeito estufa (GEE). Uma alternativa por muitos considerada menos impactante é a Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), em que a produção de gado de corte ocorre em conjunto com a produção de madeira e grãos, favorecendo a geração de renda adicional na mesma área, e a compensação, dentro da propriedade, dos GEE emitidos pelo gado pela incorporação de carbono à madeira produzida. A apuração de quanto pode ser mitigado em emissões GEE e outros impactos ambientais pela adoção de um sistema complexo como ILPF, dentro da fazenda ou incluindo os processos a montante, demanda uma abordagem sistêmica e holística, como a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). No entanto, a existência de processos de produção interdependentes com diversos ciclos plurianuais, dificulta a alocação de entradas e saídas (e seus impactos) entre os múltiplos produtos de sistemas ILPF. Este trabalho avalia soluções adotadas por dois projetos para a construção de bases de dados de Inventários de Ciclo de Vida (ICV) em sistemas agrícolas, visando avaliar e adaptar estas recomendações a estudos de ACV de sistemas ILPF, especialmente quanto a limites do sistema, modelos para o cálculo de emissões e critérios de alocação de entradas e saídas.

Palavras-chave: ILPF, ACV, alocação.

Introdução

A produção de gado de corte é importante atividade para a economia do Brasil e para a alimentação do mundo, ao mesmo tempo em que tem sido alvo de críticas da comunidade científica internacional como uma grande contribuidora nacional das emissões de gases de efeito estufa (GEE), especialmente pelas emissões entéricas, decomposição de dejetos e desmatamento de áreas de florestas (eventualmente provocado pela necessidade de abertura de novas áreas para pastagem). Uma alternativa considerada menos impactante é a Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), em que a produção de gado de corte ocorre em conjunto com a produção de madeira e grãos, favorecendo a geração de renda adicional na mesma área, e a compensação, dentro da propriedade, dos GEE emitidos pelo gado pela incorporação de carbono à madeira produzida (ALVES et. al., 2015). A abordagem ACV pode trazer uma avaliação completa do impacto dos sistemas ILPF. A apuração de quanto pode ser mitigado em emissões GEE e outros impactos ambientais pela adoção de um sistema complexo como ILPF, dentro da fazenda ou incluindo os processos a montante, demanda uma abordagem sistêmica e holística, como a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). A existência de múltiplos produtos em uma mesma área, com processos de produção interdependentes, potencialmente em sinergia, com ciclos diversos e plurianuais e fortemente influenciados pelo ambiente, traz enormes desafios de alocação dos impactos entre os múltiplos produtos de sistemas ILPF. Este trabalho avalia recomendações da ISO 14044 e soluções adotadas por dois projetos de construção de bases de dados de Inventários de Ciclo de Vida (ICV) em sistemas agrícolas, e propõe adaptações destas recomendações a estudos de ACV de sistemas ILPF, especialmente quanto a limites do sistema, modelos para o cálculo de emissões e critérios de alocação de entradas e saídas.

Sistemas multiproduto e alocação na ISO 14044

Em sistemas multiproduto, a ISO 14044 recomenda que se evite a alocação, isto é, a distribuição proporcional dos impactos ambientais segundo algum critério de rateio, sendo sempre preferível, quando possível, a divisão dos processos em subprocessos e a coleta de dados de entrada e saída relacionados a estes subprocessos, ou a expansão do sistema, de modo a incluir o uso e disposição final de todos os coprodutos e tratamento de todos os resíduos (ISO, 2006, p. 14). Evitar a alocação visa a evitar o enviesamento do resultado de um estudo de ACV por influência do critério de alocação selecionado. Quando a alocação é inevitável, a ISO 14044 recomenda que se dê preferência a algum critério que tenha por base “as relações físicas subjacentes” entre (co)produtos e as entradas e saídas do sistema de modo a “refletir a forma como as entradas e saídas são alteradas por mudanças quantitativas nos produtos ou funções fornecidas pelo sistema” (ISO, 2006, p. 14). A alocação econômica, isto é, a atribuição dos impactos

proporcionalmente aos preços dos produtos e coprodutos do sistema, é uma alternativa posta pela ISO 14044 para os casos em que estas relações físicas não puderem ser estabelecidas.

O WFLDB e projeto ICVAgroBR

Para que ACV possa ser bem usada na produção de alimentos, é fundamental desenvolver bases de dados de inventários de ciclo de vida (ICV) deste setor. Esta necessidade está sendo abordada pelo projeto de desenvolvimento do World Food LCA Database (WFLDB), lançado em 2012 pela Quantis e Agroscope. Nemecek, T. et al. descrevem “as abordagens metodológicas e as decisões que foram tomadas para modelar os conjuntos de dados do WFLDB” (2015, p. 11). Quase todas as abordagens recomendadas para o WFLDB foram adotadas em ICV de produtos agropecuários que estão sendo elaborados para a base de dados de ICV ecoinvent¹², dentro do projeto ICVAgroBR, com a participação da Embrapa, Fundação Espaço ECO, Quantis, Agroscope e ecoinvent, com alguns ajustes necessários para a adaptação ao contexto brasileiro (FOLEGATTI-MATSUURA et al., 2018). O projeto ICVAgroBR elaborou ICV para sistemas de produção de eucalipto para lenha, gado de corte, soja, milho, cana-de-açúcar e manga, dentre outros. Para a representação de ICV da produção de soja e milho em rotação, a equipe do projeto ICVAgroBR seguiu a orientação do ecoinvent ao representar a produção de soja e a produção de milho separadas em dois UPR (*unit processes*) distintos, um para a produção de soja, outro para produção de milho, cada um destes UPR com as entradas e saídas alocadas aos seus respectivos produtos, usando como critérios de alocação a divisão de processos quando possível, e a ocupação da solo para os outros casos. Alguns UPR incluíram coprodutos além do produto de referência. Este foi o caso de parte dos UPR para a produção de gado de corte, como descrito no tópico de resultados e discussão.

Metodologia

O trabalho que levou a este artigo consistiu nas seguintes etapas:

- Definir um exemplo de sistema ILPF hipotético a partir das experiências nacionais existentes, com exemplos de rotação e consórcio de culturas típicos de sistemas ILPF.
- Analisar dois casos de elaboração de bases de dados de ICV para a produção agropecuária quanto à definição de limites de sistemas de produto, modelos de emissões, critérios de alocação, especialmente para produtos que ocorrem em sistemas ILPF típicos (gado de corte, madeira, grãos).
- À luz da literatura revisada, propor recomendações para estudos de ACV de sistemas ILPF.

Por conta desta abordagem, boa parte da revisão da literatura é apresentada em “resultados e discussão”, a seguir.

Resultados e discussão

Sistema ILPF proposto

O sistema ILPF usado como base por este estudo é um sistema hipotético adaptado de COSTA, 2015 e PEREIRA et. al, 2014. O sistema ILPF hipotético aqui apresentado é apenas ilustrativo das possíveis interações entre as principais culturas que ocorrem em sistemas ILPF e não pretende ser uma recomendação de sistemas eficientes do ponto de vista ambiental ou econômico, por isso, nenhum dado numérico de desempenho produtivo ou ambiental é apresentado. Este sistema ILPF possui um ciclo de 16 anos, começando no mês de julho, e inclui a produção de gado de corte, eucalipto, soja e milho. Os primeiros quatro meses do primeiro ciclo de 16 anos do sistema são dedicados a preparo do solo, antes da implantação do sistema. Em seguida o eucalipto é plantado em mudas, em fileiras de árvores com espaçamento recomendado para o clone escolhido, no solo e clima da região. As outras culturas são plantadas em corredores entre grupos de fileiras de árvores, corredores estes largos o bastante para a entrada de maquinário necessário, dimensionados e orientados visando ao melhor desempenho econômico do sistema como um todo, considerando o clima e solo da região (especialmente insolação). A soja é plantada nestes corredores no mesmo mês em que as mudas de eucalipto são plantadas, e é colhida cinco meses após o plantio. Sob a palha da soja e logo após a sua colheita, planta-se milheto para cobertura do solo, mantido pelos sete meses seguintes. Ao final deste período, o milheto é dessecado e milho é plantado em consórcio com a pastagem sob a palha do milheto. O milho é colhido em grão seis meses após o plantio e a pastagem que cresceu com o milho é mantida. No mês seguinte à colheita do milho, há a desrama do eucalipto, e o gado é introduzido no mês subsequente, pois o eucalipto já está alto

¹² www.ecoinvent.org

o bastante para resistir à presença do gado. Os animais que são introduzidos no sistema são bezerros desmamados com sete meses adquiridos de sistema de cria, e que permanecerão no sistema ILPF exclusivamente a pasto e suplementos minerais por mais 24 meses. Outros dois rebanhos de bezerros entram e saem do sistema adultos até o primeiro desbaste do eucalipto, isto é, corte de metade das árvores, de forma intercalada, no último mês do oitavo ano. Segue-se um período de quatro meses de pousio para recuperação do solo, no início do nono ano. Os plantios que ocorreram nos dois primeiros anos são repetidos. Após a segunda colheita do milho, mais três rebanhos passam pelo sistema nos anos seguintes. O eucalipto é totalmente cortado no último mês do ciclo. Novo ciclo de 16 anos se inicia, com pousio para recuperação do solo nos quatro meses seguintes, seguido de plantio da soja nas mesmas áreas do ciclo anterior, e plantio de mudas de eucalipto nos intervalos entre tocos do primeiro ciclo. A figura 1 apresenta uma cronologia do sistema.

Figura 1: Cronologia de sistema ILPF exemplo

Ano	Mês											
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	4	4	4
2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	7
3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	7
5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	7
7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	10
9	11	11	11	12	3	3	3	3	3	4	4	4
10	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	7
11	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
12	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	7
13	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
14	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	7
15	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	13
16+1	11	11	11	12	14	3	3	3	3	4	4	4

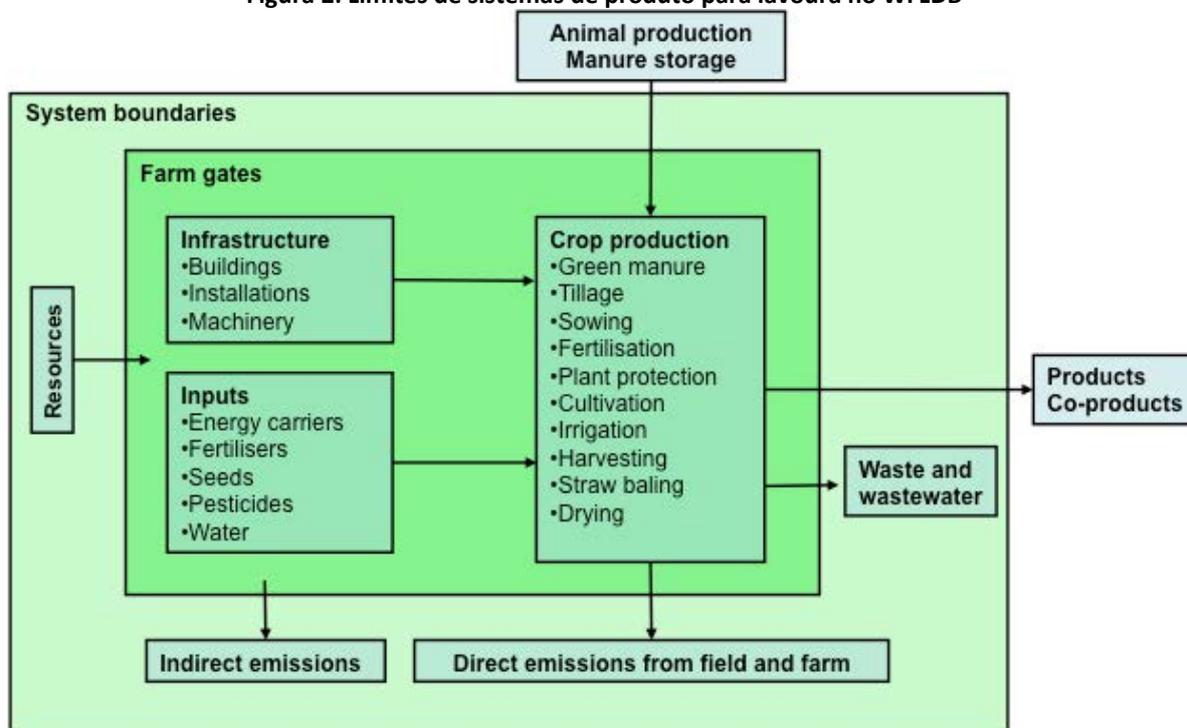
1	Limpeza, plantio, calagem, aplicação de fertilizantes para implantação do sistema.
2	Plantação de mudas de eucalipto e de soja.
3	Cultivo de soja.
4	Plantio e cultivo de milho para cobertura de solo em plantio direto após o colheita de soja.
5	Plantio e cultivo de milho com brachiaria (plantio direto após dessecação de milho).
6	Braquiaria permanece para uso como pastagem após o colheita do milho. Poda de eucalipto antes do gado entrar no sistema.
7	Bezerros desmamados com 7 meses entram no sistema sobre a área de pastagem.
8	Gado em recria e engorda sobre pastagem com suplementação mineral.
9	Poda de eucalipto enquanto o gado adulto deixa o sistema para abate.
10	Primeiro corte de eucalipto, árvores intercaladas, com gado fora do sistema.
11	Pastagem em pousio para cobertura e recuperação do solo.
12	Dessecação de pastagem e preparo do solo para plantio da próxima safra de soja.
13	Corte final de todos os eucaliptos com gado fora do sistema.
14	Plantação de mudas de eucalipto entre os troncos da colheita anterior.

Limites dos sistemas

O projeto WFLDB propôs limites do sistema de produto para três categorias de sistemas: lavoura, produção animal e transformação de alimentos. Transformação de alimentos não é escopo deste artigo. A produção de madeira não é escopo do WFLDB, embora suas recomendações para lavoura possam ser adotadas. Para o WFLDB, a produção de dejetos animais para a adubação está fora dos limites de sistemas de produto para lavoura, mas é incluída dentro dos limites do sistema de produto para a produção animal, que incluem também a produção de ração, ocorrendo ou não na fazenda (por isso a linha pontilhada). Produtos farmacêuticos, embalagem de produtos de saída e outras entradas

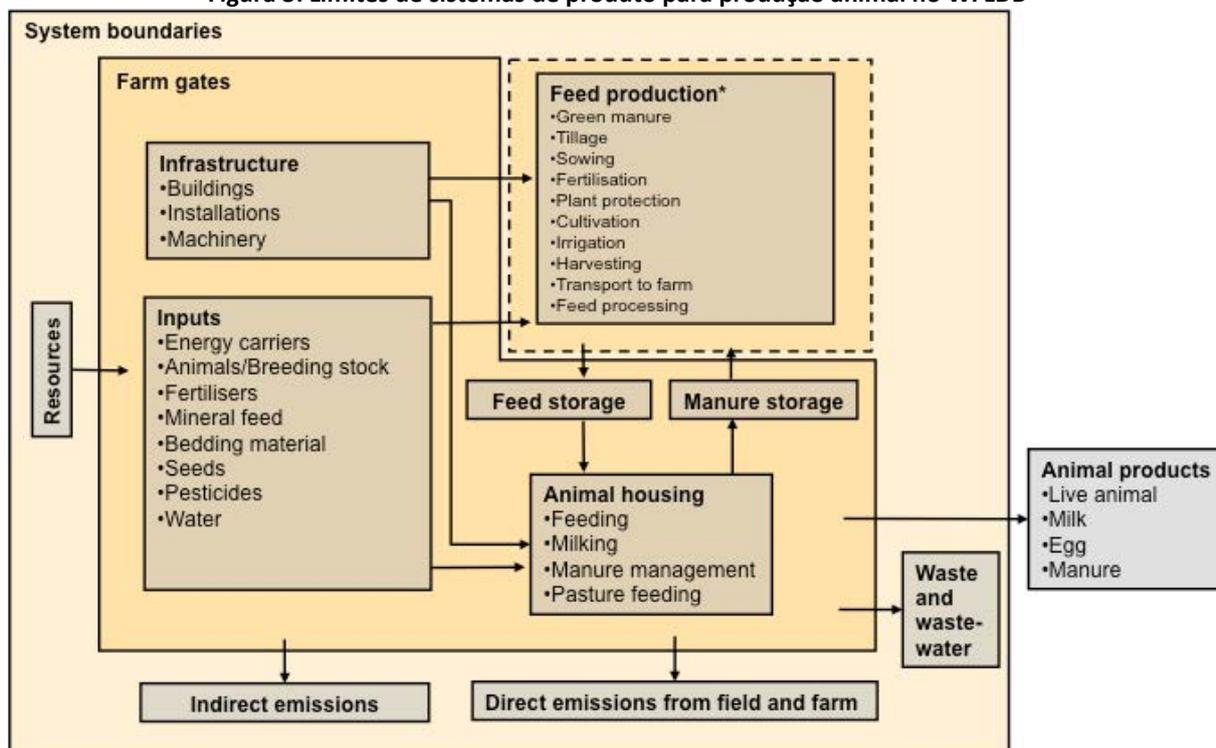
e saídas não detalhadas aqui foram excluídas dos sistemas. As figuras 2 e 3 apresentam os limites de sistema de produto propostos pelo WFLDB para lavoura e produção animal.

Figura 2: Limites de sistemas de produto para lavoura no WFLDB



Fonte: NEMECEK et al., 2015.

Figura 3: Limites de sistemas de produto para produção animal no WFLDB



Fonte: NEMECEK et al., 2015.

Modelos de emissões

O projeto ICVAgroBR seguiu as mesmas recomendações adotadas pelo WFLDB para o cálculo das emissões por calagem e adubação na lavoura, pastagem e produção de eucalipto, com a exceção da emissão de metais pesados, em que foi adotado o modelo de Canals (2003), e a lixiviação do fósforo, desconsiderada para os solos nacionais (Novais & Smyth, 1999). Para as emissões de metano entérico e manejo de dejetos o projeto ICVAgroBR adotou o modelo IPCC tier 2, com parâmetros técnicos de publicações científicas nacionais, quando disponíveis (digestibilidade da pastagem, teor de gordura do leite, taxa de prenhez, etc.). Detalhes dos modelos de emissão adotados pelo ICVAgroBR e justificativa podem ser encontrados em DIAS et. al., 2018.

A produção animal

O projeto WFLDB distingue dois sistemas de produção animal: um em que bezerros e bezerras consomem todo o leite, e outro em que há produção de leite e o animal para abate é coproduto (NEMECEK et al., 2015, p. 19). No Brasil a produção de animais para abate como coproduto da produção de leite representa cerca de 10% da produção de carne no Brasil (DIAS et. al., 2018). No projeto ICVAgroBR, apenas a produção de gado de corte foi modelada, em UPR a serem publicados no ecoinvent 3.5 representando:

- Sistemas de ciclo completo, cujo produto é gado para abate (*"cattle for slaughtering"*) i.e., bois criados para abate, mas também vacas e touros descartados do rebanho de reprodução. Bezerras desmamadas não utilizadas na reposição de vacas descartadas e eventualmente alguns bezerros desmamados são vendidos como coproduto. Este sistema é o mais próximo do sistema de produção animal sem produção de leite proposto para o WFLDB, mas que não constava do ecoinvent até a versão 3.3, antes do projeto ICVAgroBR.
- Sistemas de recria e engorda, que adquirem bezerras ou bezerros desmamados de outros sistemas, e em que o produto é gado para abate.
- Sistemas de cria, em que o produto é o bezerro macho desmamado, tendo por coprodutos as bezerras desmamadas excedentes e gado para abate, que consiste de vacas e touros descartados.

No ecoinvent 3.3, gado para abate (*"cattle for slaughtering"*), não é diferenciado por categoria animal (bois, vacas, touros). Os produtos "bezerros desmamados" (*"weaned calves"*) e "bezerras desmamadas" (*"weaned heifers"*) são novidades do projeto ICVAgroBR para o ecoinvent 3.5. Em estudos de ACV de sistemas de produção de gado de corte que utilizem os processos unitários da base ecoinvent, é possível a alocação das entradas e saídas médias anuais de cada um destes processos unitários entre seus produtos e coprodutos por massa, usando-se o peso vivo produzido anualmente, ou por alocação econômica, usando-se o preço por kg de peso vivo, informação também mantida na base ecoinvent.

Conclusões

Os autores recomendam que o sistema de produto considerado em estudos de ACV de sistemas ILPF deve ser a união dos conjuntos de processos, entradas e saídas dos sistemas de produto de lavoura e gado de corte propostos para o WFLDB aplicados a cada um dos produtos do sistema ILPF estudado, incluindo também a produção de madeira com modelo semelhante ao proposto pelo WFLDB para lavoura. A produção de dejetos animais pelo rebanho é interna ao sistema ILPF, mas o uso dos dejetos pode ser interno ao sistema, pela pastagem (produção animal) ou por outro cultivo; ou externo, com exportação para outros sistemas, conforme o caso.

Quanto aos modelos de emissões, recomenda-se que sejam usados os mesmos adotados pelo projeto ICVAgroBR para os ICV de sistemas de produção monocultivo ou em rotação de grãos, florestas e produção animal que sejam produtos do ILPF avaliado. Estes modelos incluem modelos adotados pelo WFLDB, com adaptações para a realidade nacional.

Quanto ao critério de alocação: a alocação econômica é de fácil aplicação, por conta da disponibilidade da informação de preço, e facilmente entendida por decisores clientes de estudos de ACV. Em sistemas ILPF, a alocação econômica atribui à madeira produzida parte do impacto em emissões de GEE da produção animal, o que pode ser entendido como uma espécie de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) implícito no sistema. Para que esta transferência de GEE à madeira seja via alocação econômica seja justificada, cuidados devem ser tomados para que se garanta que a

madeira produzida seja usada em mobiliário e construção civil e que a madeira produzida não seja objeto de negociações de MDL, ou, se for, que seja considerada já debitada do GEE da produção animal proporcional no sistema ILPF de onde esta madeira saiu. Vale também um comentário adicional sobre as emissões alocadas a bezerras e bezerras que entram no sistema: Em geral, a produção animal em um sistema ILPF é um subsistema de recria e engorda, sem rebanho de reprodução, e que precisa, por isso, adquirir animais recém-desmamados de sistemas de cria, na sua quase totalidade, monoproduto. É assim porque a rotação de culturas exigida em sistemas ILPF não permite manter rebanho de reprodução, ao menos não da forma como a quase totalidade dos sistemas ILPF é concebida hoje. O uso de alocação econômica em sistemas de produção de gado de corte deslocam parcela maior da carga ambiental ao bezerro ou bezerra desmamadas, pois estes têm preço por kg de peso vivo maior do que a alocada para as categorias animais que compõem “gado para abate”, o que aumentará a carga ambiental a montante de sistemas ILPF, especialmente GEE.

Os autores do presente estudo entendem que é possível identificar “relações físicas subjacentes” entre as entradas e saídas do sistema ILPF e cada um dos seus produtos, evitando ou ao menos reduzindo o uso de alocação econômica a um subconjunto das entradas e saídas. A abordagem de alocação baseada em relações físicas proposta consiste em adaptar critérios de alocação adotados na definição dos processos unitários do projeto ICVAgroBR, por sua vez adaptados de recomendações do WFLDB e outras publicações:

- Alocar a cada produto do sistema ILPF as entradas e saídas que puderem ser atribuídas por divisão de processos, ou por realidade física segundo o consenso científico atual: uso de maquinário em tratamentos culturais específicos de cada cultura, sementes, mudas, pesticidas específicos e suas emissões, animais que entram no sistema e suas emissões, emissões entéricas e por dejetos animais, uso do solo pela floresta plantada, etc.
- Para culturas em rotação, atribuir a cada cultura todo o impacto de processos que ocorrem após a colheita anterior e antes de sua própria colheita: dessecação, irrigação, etc.
- Usar a ocupação da terra como critério de alocação de entradas e saídas de processos necessários ao preparo do solo que não se repetem a cada a cada ciclo de culturas individuais e que não puderem ser alocados pelos critérios anteriores: calagem e suas emissões, a própria ocupação da terra, transformação da terra.
- Alocar à produção animal as entradas e saídas necessárias à produção de pastagem: sementes, adubação, dessecação, alocações à pastagem pelos critérios anteriores, emissões de dejetos lançados sobre a pastagem.
- Para os casos restantes, usar alocação econômica.

Qualquer que seja a abordagem de alocação escolhida para um determinado estudo de ACV em sistema ILPF, valem as demais recomendações da ISO 14044: que a abordagem esteja claramente descrita e justificada, e que testes de sensibilidade sejam feitos, de modo a avaliar as consequências da seleção da abordagem para o objetivo do estudo.

Referências

- ALVES, F. V. et al. (2015). Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2015. 29 p.; 21cm..
- CANALS, L. M. (2003). Contributions to LCA methodology for agricultural systems. Site dependency and soil degradation impact assessment. 250 p. Tese (Doutorado).
- COSTA, M. P. (2015) Socio-Eco-Efficiency of Integrated and Non-Integrated Systems of Crop, Forestry and Livestock in the Ipameri City, at Brazilian Cerrado. Master's Thesis. Sorocaba, 2015
- DIAS F. R. T. et al., (2018) Ecoinvent report: Life Cycle Inventories of Beef Cattle Production in Brazil. No prelo.
- FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. et al. (2018). Ecoinvent report: LCI 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, 1999. 399 p.

PEREIRA M.; BUNGENSTAB, D. J.; DE ALMEIDA, R. G.; SCHWARTZ, H. (2014). An Agro-silvo-pastoral Production System in Brazil. Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. Tropentag 2014, Prague, Czech Republic, September 17-19.