DOI: 10.1590/S1413-41522018164653

Artigo Técnico

Desempenho ambiental da produção de ração para frango de corte no Piauí

Environmental performance of feed production for broiler in Piauí state, Brazil

Jossivaldo de Carvalho Pacheco[1]*, José Machado Moita Neto[2], Elaine Aparecida da Silva[3]

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos identificar e avaliar os potenciais impactos da produção de ração para frango de corte com a metodologia de avaliação do ciclo de vida. A coleta de dados primários foi realizada em uma cooperativa de avicultores de Teresina (PI) e envolveu a identificação das matérias-primas, além de sua origem e quantidade, e de etapas do processo produtivo. Também, foram utilizados dados secundários do banco de dados Ecoinvent, disponível no *software* SimaPro, com o qual foi executada a modelagem do processo, pela qual identificamos as entradas e saídas do sistema. O método de avaliação usado foi o ReCiPe Midpoind (H). A caracterização da avaliação de impacto mostrou que os impactos mais significativos estão relacionados à utilização de ingredientes com maior teor de energia e proteína, como milho e soja. Isso se dá em razão dos impactos ambientais negativos associados à produção agrícola desses materiais (dados do Ecoinvent), além do seu transporte entre as fazendas (Uruçuí e Sebastião Leal, região sul do Piauí) e a fábrica de ração (a aproximadamente 520 km de distância de Teresina). Desse modo, são impactos ligados às atividades que ocorrem fora dos limites da cooperativa. Além disso, a utilização da farinha feita com carne e ossos, subproduto oriundo de abatedouros, determinou o aparecimento de impactos ambientais positivos em todas as categorias do método utilizado, com destaque para: eutrofização de corpos de água doce, ecotoxicidade marinha e depleção da camada de ozônio. O reaproveitamento desses subprodutos (farinha feita com carne e ossos) é ambientalmente vantajoso.

Palavras-chave: produção de ração; frango de corte; avaliação do ciclo de vida; impacto ambiental.

ABSTRACT

This study aimed to identify and evaluate the potential impacts of feed production for broiler poultry, using the life cycle assessment methodology. Primary data collection was conducted in a poultry cooperative of Teresina, Piauí state, Brazil, and involved the identification of raw materials, as well as their origin and quantity, and the stages of the production process. In addition, we used secondary data from the Ecoinvent database, available in SimaPro software, in which the modeling was performed. The ReCiPe Midpoint (H) was used as the evaluation method. The characterization of the impact assessment showed that the greatest impacts are related to the use of ingredients with high energy and protein content, such as maize and soybeans. This is due to the negative environmental impacts associated with the agricultural production of these materials (Ecoinvent data), as well as the transport between the farms (Uruçuí and Sebastião Leal, Southern Piauí) and the feed factory (approximately 520 km away from Teresina). Thus, these impacts are associated with activities outside the cooperative boundaries. Furthermore, the use of meat and bone meal, a by-product originated from abattoirs, determined the appearance of positive environmental impacts in all categories of the used method, especially: eutrophication of freshwater bodies, marine ecotoxicity and ozone layer depletion. The reuse of these by-products (meat and bone meal) is environmentally advantageous.

Keywords: feed production; broiler; life cycle assessment; environmental impact.

INTRODUÇÃO

A carne de frango está presente em todo o mundo, e sua produção mundial, em 2015, foi de cerca de 87 milhões de toneladas. Ao analisar a avicultura no Brasil, constatam-se altos índices de crescimento, atingindo 13,14 milhões de toneladas em 2015. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de frango e, em 2004, até mesmo passou a liderar as exportações do setor avícola (ABPA, 2016). Da produção brasileira de frango, 67,3% é destinada ao mercado interno e 32,7% à exportação. Em termos de consumo, em 2014 o país teve consumação *per capita* de carne de frango de 42,78 kg.hab^{-1} (ABPA, 2016).

Em função desse cenário, ressalta-se que o aumento da produção de frango eleva a demanda de ração. A produção de ingredientes para

[1]Professor do Colégio Técnico de Teresina da Universidade Federal do Piauí (UFPI) – Teresina (PI), Brasil.
[2]Professor titular da UFPI – Teresina (PI), Brasil.
[3]Docente e pesquisadora vinculada ao Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPI – Teresina (PI), Brasil.
***Autor correspondente:** jpacheco@ufpi.edu.br
Recebido: 31/05/2016 – **Aceito:** 20/04/2017 – **Reg. ABES:** 164653

alimentação animal, o transporte desses ingredientes e o processo produtivo nas fábricas de rações consomem recursos naturais e liberam emissões de CO_2 para a atmosfera, além de interferir na qualidade da água e do solo e na biodiversidade. Isso provoca impactos em diversas categorias de indicadores ambientais, como mudanças climáticas, depleção da camada de ozônio, eutrofização etc. (TONGPOOL *et al*., 2012).

Nesse sentido, a produção de alimentos representa um grande desafio para a sustentabilidade global do século XXI (BENGTSSON & SEDDON, 2013), pois, de um lado, se buscam produções que atendam à população e, de outro, há a necessidade de cuidado com a proteção ambiental.

Com vistas a definir critérios ambientais confiáveis para os produtos alimentícios e para a ração animal, Ruviaro *et al.* (2012) defendem a metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV) para o agronegócio, de maneira a contribuir com as ações de tomada de decisão sobre o desempenho da agropecuária produtiva, suas tecnologias e os processos derivados da organização ou sistematização da produção.

Sob esse enfoque, Roy *et al.* (2009) admitem que a consequência ambiental influencia a maneira como as empresas e os órgãos governamentais orientam as estratégias e os interesses de desenvolvimento dos sistemas de produção de alimentos.

Salienta-se também que, tratando-se de quantificar os impactos ambientais de produtos alimentares, a ACV é um dos métodos internacionais mais aceitos (ROY *et al*., 2009), pois avalia os potenciais impactos de um produto/processo/serviço ao longo de todo o ciclo de vida, isto é, desde a obtenção da matéria-prima, passando por todas as etapas de produção, transporte e uso, até o descarte final ou reutilização (ABNT, 2009a).

Diante desse contexto, temas como qualidade da produção, saúde e meio ambiente, entre outros, são levantados constantemente na literatura da área. Afinal, entende-se que a produção agropecuária deve estar em consonância com os princípios da sustentabilidade. A esse respeito, Garnett (2014) enfatiza que, na intenção de obter perspectivas para o alcance da sustentabilidade no sistema alimentar, o uso da ACV ajuda a fortalecer a mentalidade de eficiência na produção de alimentos.

Nos estudos de ACV, podem ser utilizadas diversas categorias de impacto ambiental (eutrofização, mudanças climáticas, depleção da água e ocupação de terras agricultáveis, entre outras), a fim de expressar a contribuição de cada fase/processo (TONGPOOL *et al*., 2012; NGUYEN *et al*., 2012; GOEDKOOP *et al*., 2013).

A abrangência com que a ACV trata das questões ambientais — não de modo pontual, e, sim, a visão do todo — evita que determinado problema mude de uma fase do ciclo de vida para outra. Ainda, a referida metodologia é reconhecida como a melhor disponível para investigar o desempenho da sustentabilidade ambiental de modo confiável e transparente e, portanto, é capaz de comunicar de maneira segura e abrangente (BAITZ *et al*., 2013; BENGTSSON & SEDDON, 2013). Além disso, o uso de vários modelos matemáticos para abordar todos os aspectos ambientais de seus respectivos impactos ambientais também reduz a incerteza na tomada de decisão entre as diferentes opções (CHERUBINI *et al*., 2015).

Silva *et al.* (2014), em um estudo sobre a produção de frango, afirmam que os maiores impactos ambientais negativos se apresentam na fase da produção de ração e que a ACV é uma ferramenta adequada para a análise global de toda a cadeia produtiva do frango. Por conseguinte, destacam a importância de estudos regionais utilizando a ACV que envolvam milho ou soja brasileira.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os potenciais impactos da produção de ração para frango de corte em diferentes formulações que consideram a fase de vida do frango, com o uso da ACV.

METODOLOGIA

O estudo em questão teve como base para a avaliação dos impactos ambientais as Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009a; 2009b), sobre a avaliação do ciclo de vida, e o *software* SimaPro versão PhD 8.0.3.14 (PRE CONSULTANTS, 2014).

O âmbito desta investigação abrangeu a produção de ingredientes (milho, soja, farelo de soja e farinha de carne e ossos), o transporte terrestre (modal rodoviário) dos ingredientes até a fábrica de ração e o processo produtivo na fábrica (Figura 1).

Para o cálculo das emissões do transporte dos ingredientes, considerou-se a distância de onde os insumos são produzidos até a fábrica de ração (Tabela 1).

A unidade funcional (UF) considerada foi de 1 kg de ração processada para frango de corte.

As exigências nutricionais do frango de corte dependem, entre outros fatores, da fase em que ele se encontra. Neste estudo, foram avaliadas as seguintes fases: pré-inicial (1 a 7 dias); inicial (8 a 21 dias); crescimento I (22 a 33 dias); crescimento II (34 a 42 dias); e final (43 a 46 dias) (ROSTAGNO *et al*., 2011).

Inventário do ciclo de vida

Os dados do inventário do ciclo de vida (ICV) foram obtidos por meio de visitas à fábrica de ração entre os anos de 2014 e 2015, o que possibilitou conhecer todo o processo produtivo e construir um fluxograma que retratasse as várias etapas desde a obtenção da matéria-prima, além de sua origem e quantidade, até o produto final, que é a ração pronta. Ainda, foi possível conhecer o inventário de máquinas com suas respectivas potências e tempo de uso. Utilizaram-se, também, dados secundários, obtidos nas bibliotecas *Swiss Center of Life Cycle Inventories* (Ecoinvent 3) e *U.S. Life Cycle Inventory Database* (USLCI), disponíveis no banco de dados do *software* SimaPro versão PhD 8.0.3.14 (PRE CONSULTANTS, 2014).

Produção agrícola

Os ingredientes da ração, tais como a soja e o milho, foram produzidos no próprio estado do Piauí, especificamente no cerrado piauiense,

cuja área é de 93.424 km^2. O farelo de soja utilizado na fábrica é processado na Bunge Alimentos, localizada no município de Uruçuí (PI).

Atualmente, a região produtora de soja e milho em questão está inserida no Matopiba, criado por meio do Decreto nº 8.477, de 6 de maio de 2015, para representar as áreas de elevada produtividade agrícola nos estados do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia (BRASIL, 2015).

No tocante a dados de produção e emissão de soja e milho, foi examinada a produção anual média em um hectare em fazenda típica do Brasil. Os limites do sistema foram de portão a portão da fazenda, e abrangeram-se todas as entradas diretas e emissões associadas às respectivas produções (emprego de fertilizantes, uso de combustível para as operações de campo, emissões do campo para ar e água, emissões em razão da utilização de pesticidas e mudança do uso da terra).

A eletricidade considerada no processo produtivo da fábrica de ração foi a de alta tensão, produzida no Brasil, que inclui: rede de transmissão, emissões diretas para o ar (ozônio e N_2O) e perdas de energia durante a transmissão.

Composição alimentar

Na composição da alimentação dos frangos de corte, as formulações brasileiras têm por base os macroingredientes (milho, soja extrusada e farelo de soja) como fonte de energia e proteína. Este estudo levou em conta os percentuais da Tabela 2.

Procedimentos de alocação

Para a obtenção do farelo de soja, fez-se a alocação por massa para o farelo de soja e óleo (farelo 82% e óleo 18%).

Avaliação do impacto do ciclo de vida

Para a avaliação do impacto do ciclo de vida, foi escolhido o método *ReCiPe Midpoint* (H) V1.10 / *World Recipe* H (GOEDKOOP *et al.*, 2013).

Tabela 1 – Origem dos principais insumos utilizados na fabricação de ração.

Ingrediente	Município de origem	Distância (km)
Milho	Uruçuí (PI)	583,0
Soja	Sebastião Leal e Uruçuí (PI)	453,6
Farelo de soja	Uruçuí (PI)	457,0
Farinha de carne e ossos	Timon (MA)	18,5

Tabela 2 – Composição de macroingredientes por formulação de ração.

Macroingrediente	Pré-inicial	Inicial	Crescimento I	Crescimento II	Final
Milho (%)	61,73	59,86	64,56	64,57	67,43
Soja extrusada (%)	5,00	22,20	22,35	27,10	23,55
Farelo de soja (%)	26,20	11,00	6,40	1,55	2,90

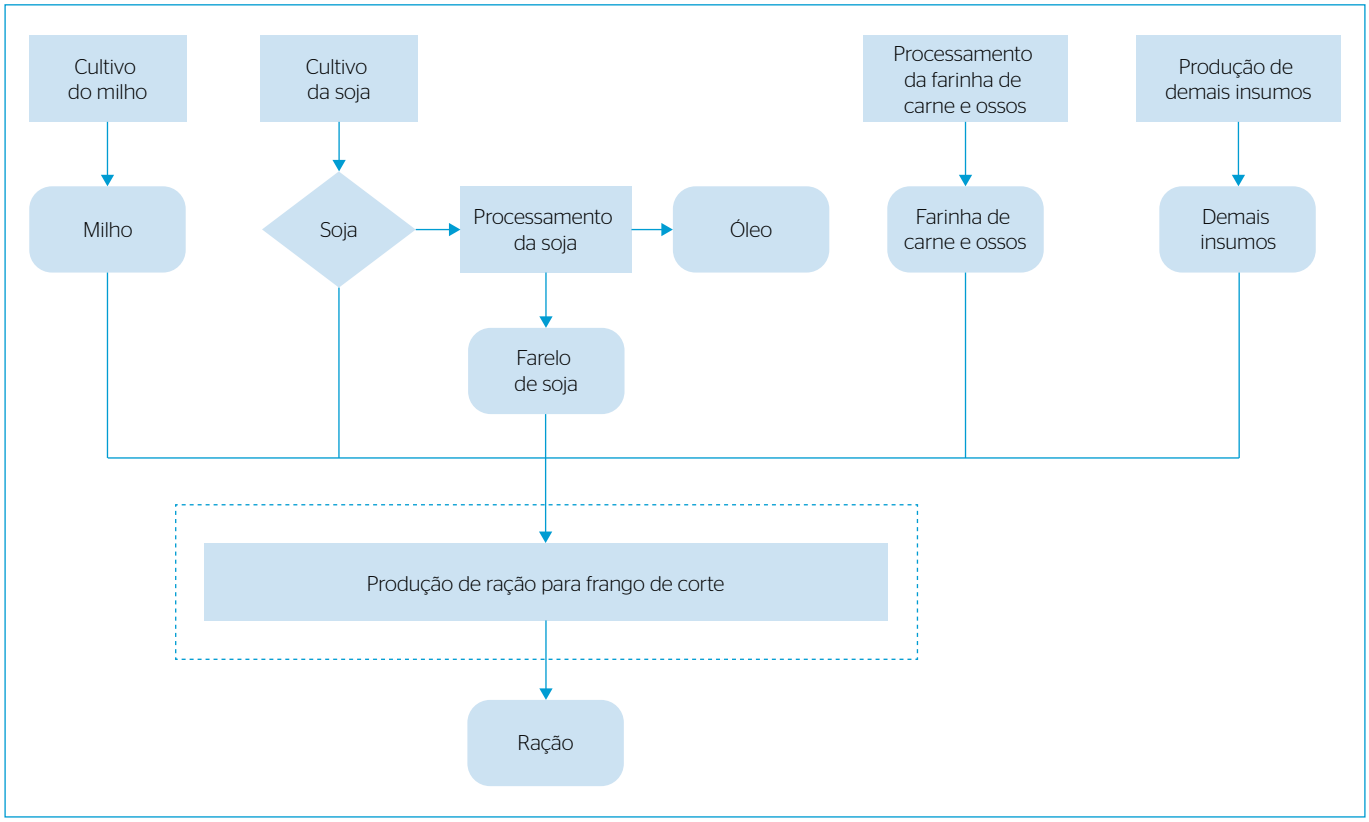

Figura 1 – Fluxograma simplificado da produção de ração para frango de corte.

A referida metodologia considera 18 categorias de impacto: mudanças climáticas (CC); depleção da camada de ozônio (OD); acidificação terrestre (TA); eutrofização de corpos d'água doce (FE); eutrofização marinha (ME); toxicidade humana (TH); formação de oxidantes fotoquímicos (POF); formação de material particulado (FMP); ecotoxicidade terrestre (TET); ecotoxicidade de corpos d'água doce (FET); ecotoxicidade marinha (MET); radiação ionizante (IR); ocupação de terras agricultáveis (ALO); ocupação do solo urbano (ULO); transformação de áreas naturais (NLT); depleção de recursos hídricos (WD); depleção de metais (MD); e depleção de recursos fósseis (FD).

No estudo em questão, a caracterização e a normalização foram possíveis com o uso do *software* SimaPro, ao aplicar o método *ReCiPe Midpoint* (H) V1.10 / *World Recipe* H.

RESULTADOS

A fábrica de ração na qual os dados foram coletados pertence a uma cooperativa situada na cidade de Teresina, no estado do Piauí, Brasil. Os associados recebem, além da ração para pinto de um dia (aquele após a eclosão, no seu primeiro dia de vida), assistência técnica especializada. São 32 empregos diretos na fábrica de ração e algo em torno de 1.600 empregos diretos e indiretos nas 64 granjas integradas.

Mensalmente, a fábrica produz a média de quatro mil toneladas de ração, suficientes para uma produção de mais de duas mil toneladas de frango. Para tanto, consome na produção de ração ingredientes como, milho, soja, farelo de soja, farinha de carne e ossos e, ainda, outros insumos, incluindo bicarbonato de sódio, cloreto de sódio, premix etc.

As etapas da produção de ração na cooperativa em estudo são descritas no fluxograma a seguir (Figura 2).

Impactos da produção de ração por formulação

Nos resultados da avaliação de impacto ambiental para produção de 1 kg de ração para frango de corte por formulação (pré-inicial; inicial; crescimento I; crescimento II; e final), as diferenças de impacto entre as formulações ocorreram, principalmente, pelo percentual dos macroingredientes (milho, soja e farelo de soja) em cada tipo de ração (Tabela 2). Eles estão resumidos na Tabela 3.

Os contribuintes de impacto foram agrupados em:

- milho moído;
- soja extrusada;
- farelo de soja moído;
- farinha de carne e ossos;
- *limestone* (calcário);
- *sodium chloride* (cloreto de sódio);
- *electricity* (eletricidade).

A caracterização – a tradução do fluxo (entrada e saída) em impactos – consiste no cálculo dos resultados dos indicadores de categoria. Para isso, usaram-se fatores estimados por meio de modelos matemáticos. Por exemplo, no caso da categoria relacionada à mudança climática, o fator de caracterização é a medida "CO_2-equivalente", ou seja, convertem-se CO_2, CH_4 e N_2O para CO_2-equivalente. Dessa maneira, os resultados levantados no inventário são correlacionados à categoria ambiental à qual pertencem (ABNT, 2009b; GOEDKOOP *et al.*, 2013).

A normalização consiste no cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores relativamente a informações de referência (ABNT, 2009a). Assim, embora não obrigatório nas normas de ACV, o procedimento de normalização permite a identificação de categorias de impacto que são mais relevantes em comparação ao impacto médio (valores de referência) provocado por outros produtos, processos e serviços. Essa normalização procura mostrar em que medida uma categoria de impacto tem contribuição significativa para a problemática ambiental global (GOEDKOOP *et al.*, 2013).

O resultado comparativo da caracterização das ACVs das cinco formulações estudadas está representado na Figura 3.

Ao analisar a Figura 3, ressalta-se que houve impacto em todas as categorias do método em estudo. Assim, foi possível elaborar um *ranking* de impacto da formulação de cada categoria (Tabela 4).

Assim, pôde-se detectar que a ração crescimento II apresentou maior impacto em um maior número de categorias (8 de 18), seguida da ração pré-inicial (6 de 18).

Após a normalização, as categorias que obtiveram maior destaque no cálculo do impacto, segundo os valores de referência do método *ReCiPe Midpoint (H)*, foram: TET; NLT; FE; ME; e FET (Figura 4).

O impacto na categoria NLT teve na soja seu principal contribuinte (pré-inicial, 46,79%; inicial, 81,70%; crescimento I, 81,25%; crescimento II, 84,49%; e final, 81,79%), seguido do milho (pré-inicial, 43,98%; inicial, 16,77%; crescimento I, 17,87%; crescimento II, 15,32%; e final 17,83%). Isso se deve, entre outras questões, ao desmatamento recente e a distância das fazendas à fábrica.

Fato importante a ser considerado é que, embora o percentual de milho nas composições supere 59%, a produtividade do milho por hectare é bem maior que a da soja, chegando a triplicar na região de Uruçuí. Ou seja, para produzir 1 kg de soja são usadas mais terras do que para produzir 1 kg de milho.

O milho foi o maior contribuinte em 15 das 18 categorias analisadas (inicial, crescimento I, crescimento II e final) e em 16 das 18 averiguadas (pré-inicial), com destaque para FET (89–92%), FD (80–84%), TET (79–93%), POF (76–88%), FE (74–91%), ME (67–76%) e MET (75–87%).

O impacto na categoria CC teve a soja como principal contribuinte (60–65%), seguido do milho (33–58%) e do farelo de soja (0,64–19,93%). Na formulação pré-inicial, houve o inverso: o milho (58%), seguido da soja (22%) e do farelo de soja (19%).

A farinha de carne e ossos, ingrediente de origem animal, determinou valores negativos em todas as categorias do método analisado, com destaque para as categorias: FE (-13,11 a -19,04%), MET (-11,32 a -12,30%), OD (-8,21 a -11,13%) e POF (-6,96 a -7,61%).

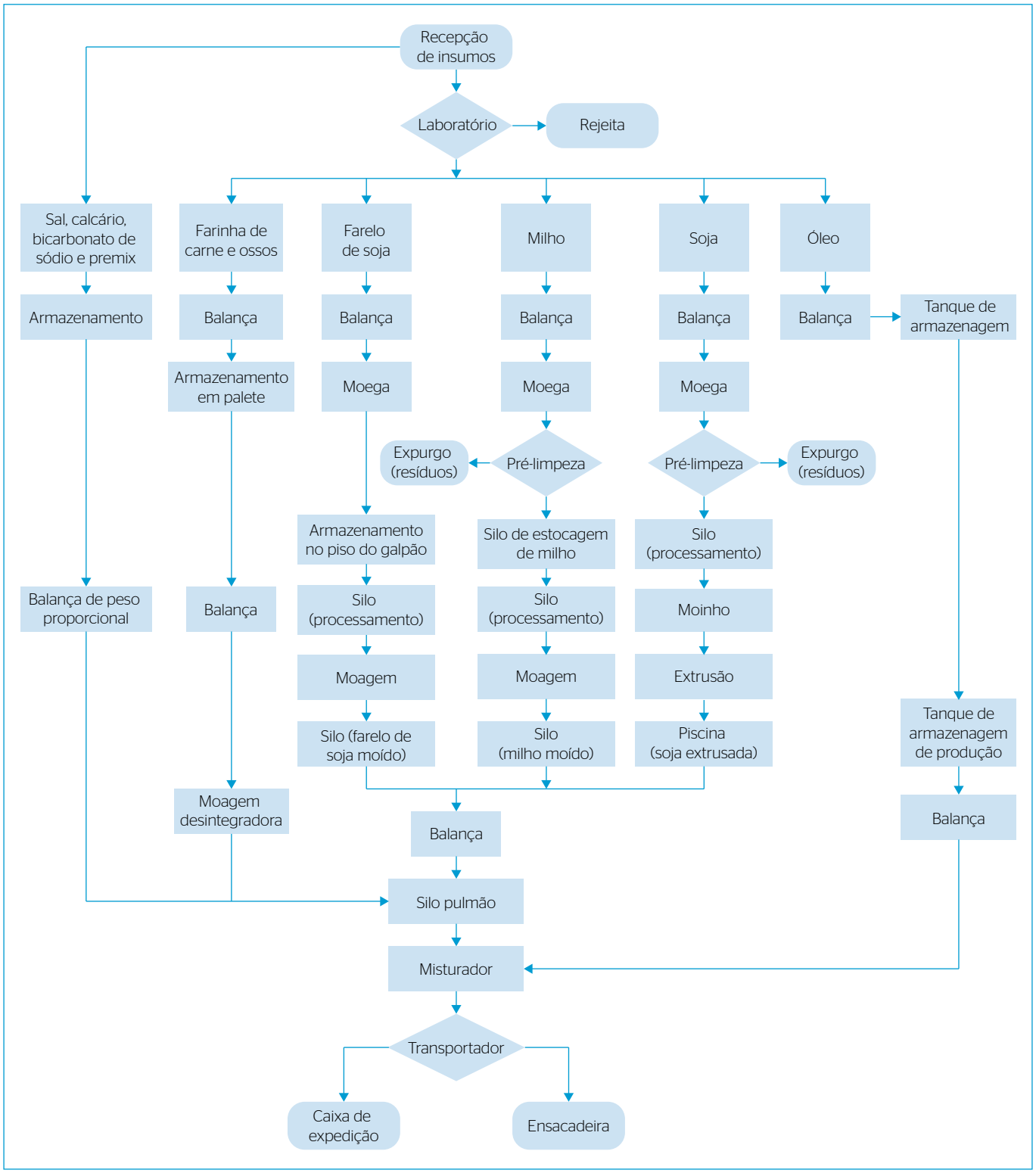

Figura 2 – Etapas da produção de ração na cooperativa em estudo.

Tabela 3 – Análise de contribuição dos impactos potenciais por formulação de ração.

Categoria de impacto	Unidade	Pré-inicial	Inicial	Crescimento I	Crescimento II	Final
CC	kg CO_2 eq	1,129	1,8382	1,8569	2,0524	1,9179
OD	kg CFC-11 eq	7,76E-09	6,26E-09	5,87E-09	5,38E-09	5,61E-09
TA	kg SO_2 eq	0,0128	0,0166	0,0174	0,0185	0,0182
FE	kg P eq	0,0003	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
ME	kg N eq	0,0094	0,0105	0,0107	0,0111	0,0110
HT	kg 1,4-DB eq	0,1023	0,1210	0,1257	0,1313	0,1301
POF	kg NMVOC	0,0027	0,0025	0,0025	0,0024	0,0025
PMF	kg PM10 eq	0,0023	0,0027	0,0028	0,0029	0,0029
TET	kg 1,4-DB eq	0,0129	0,0144	0,0153	0,0158	0,0159
FET	kg 1,4-DB eq	0,0061	0,0061	0,0065	0,0065	0,0067
MET	kg 1,4-DB eq	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011
IR	kBq U235 eq	0,0086	0,0082	0,0080	0,0078	0,0079
ALO	m^2a	2,5231	2,8764	2,9301	3,0301	2,9940
ULO	m^2a	0,0054	0,0051	0,0051	0,0049	0,0051
NLT	m^2	0,0078	0,0200	0,0203	0,0236	0,0212
WD	m^3	0,2512	0,3120	0,2905	0,3044	0,2832
MD	kg Fe eq	0,0062	0,0048	0,0044	0,0039	0,0041
FD	kg oil eq	0,1106	0,1126	0,1174	0,1183	0,1208

CC: mudanças climáticas; OD: depleção da camada de ozônio; TA: acidificação terrestre; FE: eutrofização de corpos d'água doce; ME: eutrofização marinha; HT: toxicidade humana; POF: formação de oxidantes fotoquímicos; PMF: formação de material particulado; TET: ecotoxicidade terrestre; FET: ecotoxicidade de corpos d'água doce; MET: ecotoxicidade marinha; IR: radiação ionizante; ALO: ocupação de terras agricultáveis; ULO: ocupação do solo urbano; NLT: transformação de áreas naturais; WD: depleção de recursos hídricos; MD: depleção de metais; FD: depleção de recursos fósseis.

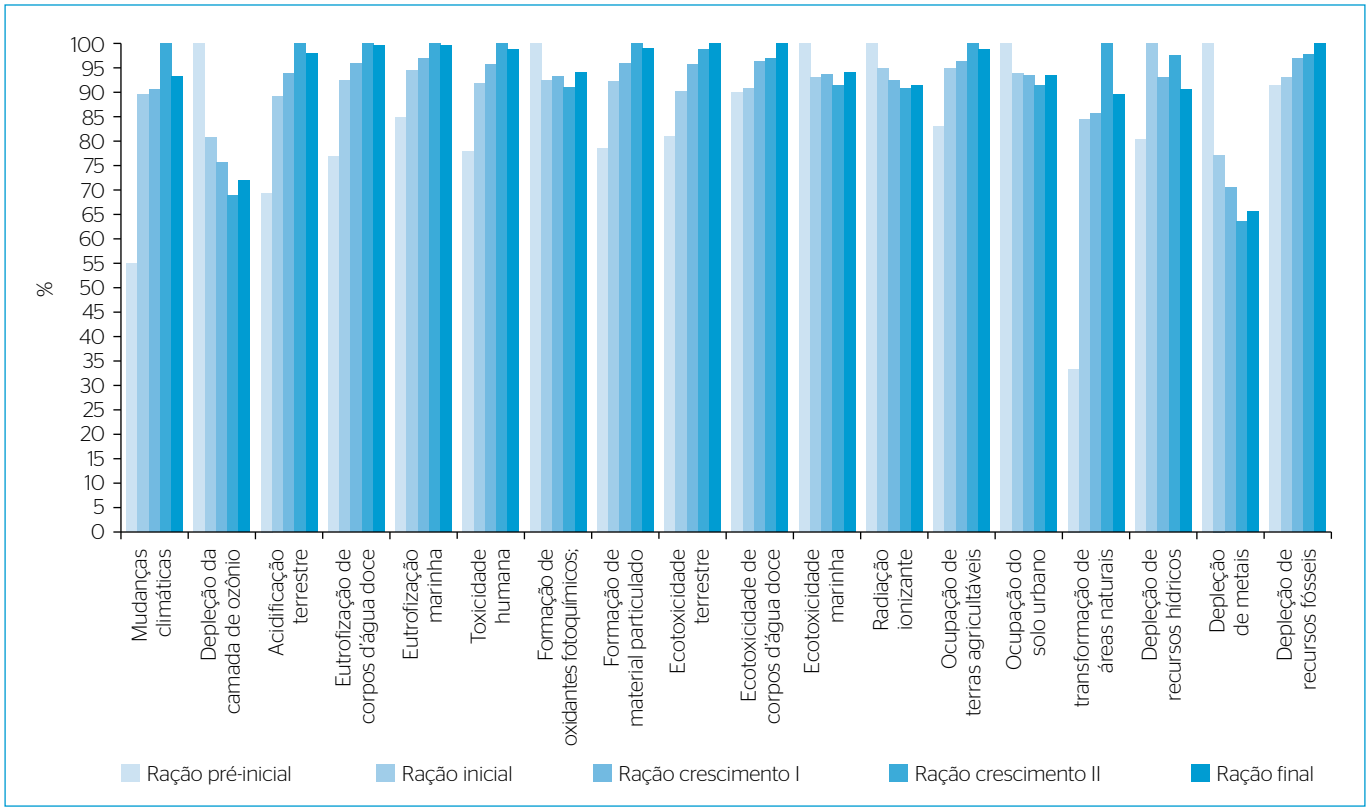

Figura 3 – Caracterização comparativa de impactos potenciais por formulação.

Tabela 4 – *Ranking* das avaliações do ciclo de vida (ACVs) das formulações de cada categoria de impacto analisada.

Categoria de impacto	Ordem de grandeza de impacto (1º, 2º, 3º, 4º ou 5º)				
	Ração pré-inicial	Ração inicial	Ração crescimento I	Ração crescimento II	Ração final
CC	5°	4°	3°	1°	2°
OD	1°	2°	3°	5°	4°
TA	5°	4°	3°	1°	2°
FE	5°	4°	3°	1°	2°
ME	5°	4°	3°	1°	2°
HT	5°	4°	3°	1°	2°
POF	1°	4°	3°	5°	2°
PMF	5°	4°	3°	1°	2°
TET	5°	4°	3°	2°	1°
FET	5°	4°	3°	2°	1°
MET	1°	4°	3°	5°	2°
IR	1°	2°	3°	5°	4°
ALO	5°	4°	3°	1°	2°
ULO	1°	2°	3°	5°	4°
NLT	5°	4°	3°	1°	2°
WD	5°	1°	4°	2°	3°
MD	1°	2°	3°	5°	4°
FD	5°	4°	3°	2°	1°

CC: mudanças climáticas; OD: depleção da camada de ozônio; TA: acidificação terrestre; FE: eutrofização de corpos d'água doce; ME: eutrofização marinha; HT: toxicidade humana; POF: formação de oxidantes fotoquímicos; PMF: formação de material particulado; TET: ecotoxicidade terrestre; FET: ecotoxicidade de corpos d'água doce; MET: ecotoxicidade marinha; IR: radiação ionizante; ALO: ocupação de terras agricultáveis; ULO: ocupação do solo urbano; NLT: transformação de áreas naturais; WD: depleção de recursos hídricos; MD: depleção de metais; FD: depleção de recursos fósseis.

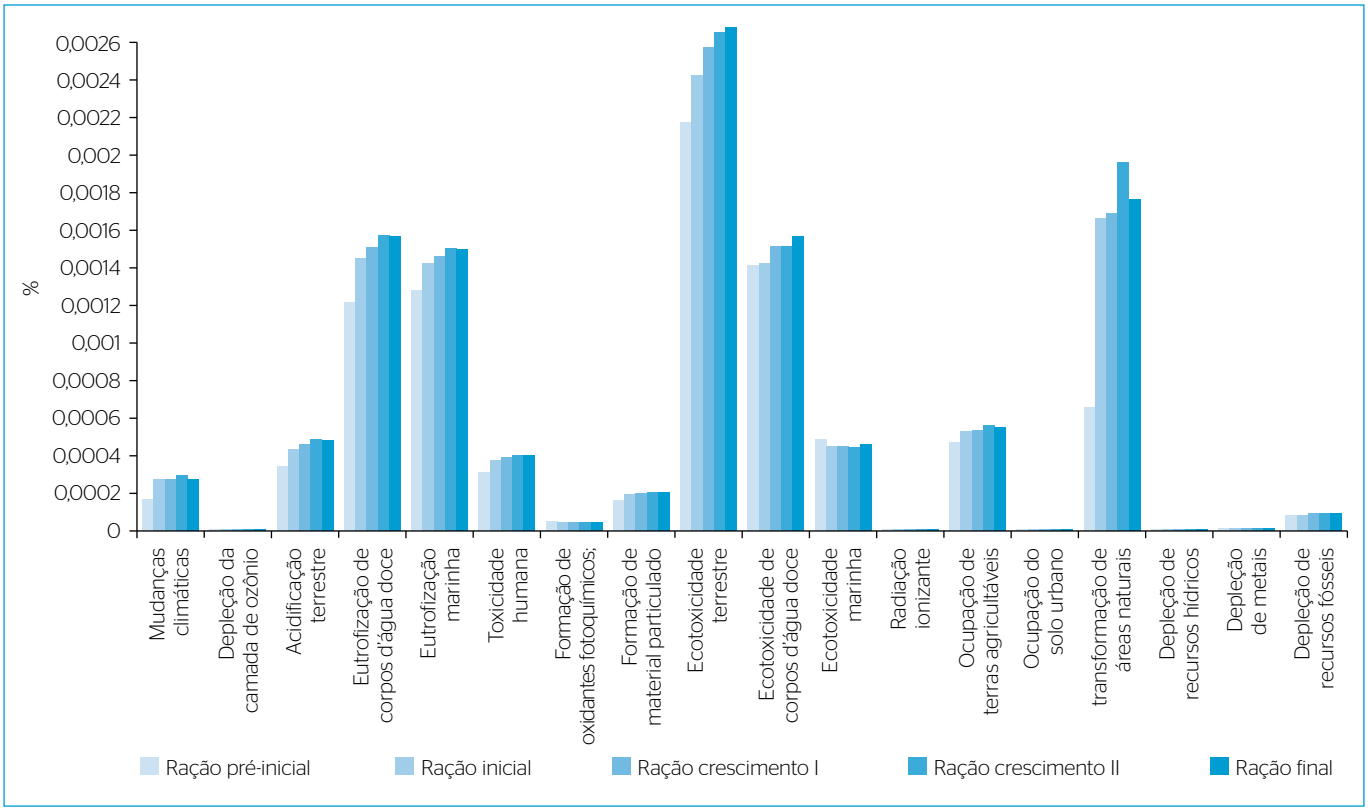

Figura 4 – Normalização de impactos potenciais por formulação.

DISCUSSÃO

As pesquisas que tratam sobre o desempenho ambiental no setor avícola de frango de corte revelam que a produção de alimentos para animais domina as contribuições para as categorias de impactos levadas em consideração, especialmente na produção de ingredientes ricos em energia e proteína (PELLETIER, 2008; NGUYEN *et al.*, 2012; TONGPOOL *et al.*, 2012), o que se confirma em nosso estudo.

Os níveis de energia e proteína na ração devem respeitar a fase de vida das aves em crescimento: os níveis de energia aumentam, enquanto os de proteína decrescem com o decorrer da idade dos frangos (Tabela 5) (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a nutrição e a composição alimentar são alteradas de acordo com a idade, exigindo formulações diferentes para cada fase de vida do frango.

O desmatamento para implementação de novas áreas de plantação de grãos tem contribuição significativa no impacto ambiental. Conforme Brasil (2014), o cerrado piauiense apresenta elevada taxa de retirada da cobertura nativa, pois entre 2002 e 2010 a mesorregião sudoeste piauiense foi responsável por 10% dos desmatamentos no país, com destaque para os municípios de Baixa Grande do Ribeiro e Uruçuí. Até o ano de 2010, do cerrado piauiense, 16,6% tinha sido desmatado, restando mais de 83% da cobertura original, o que equivale a algo em torno de 77.585 km^2.

A região de Uruçuí, uma das principais fornecedoras de milho e soja para a fábrica de ração em estudo, destaca-se em termos de produtividade. Nos últimos anos, o rendimento médio do milho chegou a triplicar o da soja por hectare (Tabela 6 e Tabela 7).

No Piauí, a área plantada com soja teve crescimento acelerado, superando a de milho desde o ano de 2010 (Figura 5). Em 2014, o milho ocupou uma área de 405.635 ha, enquanto a soja ocupou 626.799 ha (IBGE, 2016a).

Além do desmatamento, as emissões de nitrogênio e fósforo nas atividades agrícolas e o uso de pesticidas no controle de pragas e herbicidas nas ervas daninhas nas fazendas de produção de milho e soja são as principais causas de impacto ambiental. Uma das explicações para o impacto no milho se deve ao uso da ureia como fertilizante nitrogenado (SILVA *et al.*, 2014).

Nos estudos de ACV também são considerados os impactos negativos associados ao transporte dos grãos até o portão da fábrica em que é produzida a ração. Desse modo, quanto maior a distância, maior o impacto. Em princípio, devem ser levados em conta os impactos relacionados à construção de estradas (JULLIEN; DAUVERGNE; CEREZO, 2014) e a fabricação do meio de transporte (Bachmann *et al.*, 2015), além do consumo do combustível. De maneira bem simples, quanto maior a distância, maior o consumo de diesel dos caminhões que transportam os grãos e, portanto, maior a quantidade de CO_2 na atmosfera.

Tabela 5 – Exigências nutricionais de energia e proteína para frango de corte.

Idade, dias	Pré-inicial 1-7	Inicial 8-21	Crescimento I 22-33	Crescimento II 34-42	Final 43-46
Energia metabolizável, kcal/kg	2.950	3.000	3.100	3.150	3.200
Proteína % (machos)	22,20	20,80	19,50	18,00	17,30
Proteína % (fêmeas)	21,80	20,40	19,00	17,50	17,00

Fonte: Rostagno *et al.* (2011).

Tabela 6 – Rendimento médio da produção de milho (kg.ha^{-1}).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Brasil	3.040	3.382	3.785	4.079	3.714	4.366	4.211	5.006	5.254	5.176
Piauí	661	873	585	1.135	1.546	1.193	1.936	2.860	1.783	2.749
Uruçuí	1.384	3.416	3.578	6.485	7.916	7.718	8.204	7.848	5.785	7.132

Fonte: IBGE (2016b).

Tabela 7 – Rendimento médio da produção de soja (kg.ha^{-1}).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Brasil	2.230	2.379	2.813	2.816	2.636	2.947	3.121	2.637	2.928	2.866
Piauí	2.818	2.345	2.234	3.230	2.821	2.531	2.982	2.793	1.727	2.375
Uruçuí	2.723	2.096	1.911	3.240	2.727	2.489	2.840	2.821	1.897	2.250

Fonte: IBGE (2016b).

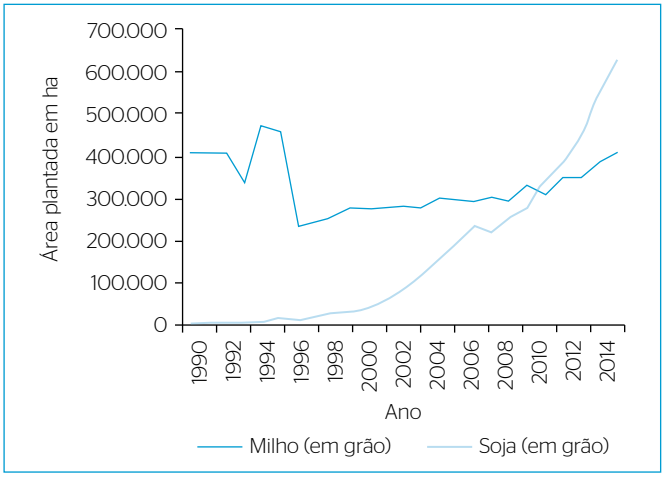

Figura 5 – Área plantada de milho e soja no Piauí, em hectares.

A farinha de carne e ossos mostrou ser um ingrediente que reduz o impacto ambiental total na produção de ração. Tongpool *et al.* (2012), em um estudo sobre a melhoria do desempenho ambiental de frangos de corte na Tailândia, mostraram que o impacto ambiental da ração que utiliza ingredientes de origem animal é menor que a ração com ingredientes de origem puramente vegetal.

O processo produtivo na fábrica de ração tem na eletricidade seu maior contribuinte. Mesmo assim, seu impacto é relativamente pequeno. Por exemplo, na categoria CC, é algo menor que 1%. Tongpool *et al.* (2012) ressaltam que o impacto ambiental encontrado no processo de produção nas fábricas de rações foi relativamente pequeno.

CONCLUSÕES

O cerrado piauiense é uma área em expansão da fronteira agrícola, portanto, um importante local para a produção de grãos. Estudos sobre os potenciais impactos ambientais da produção agrícola, especialmente os que utilizam a ACV, podem subsidiar os produtores por intermédio da identificação das fases do ciclo de vida em que os impactos negativos são mais significativos e, por conseguinte, estes podem ser os pontos de intervenção para o direcionamento de ações ambientalmente sustentáveis.

Com o uso da ACV, foi possível mostrar que os maiores impactos da produção de ração para frango de corte acontecem nas fazendas, sobretudo na produção de milho e soja. As principais causas decorrem da implantação de novas lavouras por meio do desmatamento, da liberação de metais e nutrientes provenientes de fertilizantes e, ainda, da utilização de substâncias sintéticas para o controle de pragas e ervas daninhas.

O impacto ambiental negativo identificado no processo produtivo na fábrica de ração foi relativamente pequeno. Sabendo-se que os maiores impactos na fábrica de ração estão relacionados ao uso da eletricidade, é importante que o seu consumo seja minimizado. Nesse sentido, torna-se necessária uma análise da eficiência energética de todos os equipamentos, bem como, quando preciso, a troca por outros de alto rendimento, que são mais eficientes.

Um aspecto ambiental positivo encontrado neste estudo foi a utilização da farinha de carne e ossos como ingrediente nas formulações de rações, pois além de ser uma fonte alternativa de proteína, cálcio e fósforo, possibilita o reaproveitamento de subprodutos oriundos de abatedouros (carne e ossos), que poderiam receber destinação final inadequada ambientalmente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (2009a) *Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. NBR ISO 14040. Rio de Janeiro: ABNT. 28 p.

_____. (2009b) *Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações*. NBR ISO 14044. Rio de Janeiro: ABNT. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). (2016). *Relatório Anual de 2016*. ABPA, 2016. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>. Acesso em: 4 abr. 2017.

BACHMANN, C.; CHINGCUANCO, F.; MACLEAN, H.; ROORDA, M.J. (2015) Life-cycle assessment of diesel-electric hybrid and conventional diesel trucks for deliveries. *Journal of Transportation Engineering*, v. 141 n. 4. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29TE.1943-5436.0000761>. Acesso em: 4 abr. 2017. https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000761

BAITZ, M.; ALBRECHT, S.; BRAUNER, E.; BROADBENT, C.; CASTELLAN, G.; CONRATH, P.; FAVA, J.; FINKBEINER, M.; FISCHER, M.; PALMER, P.F.; KRINKE, S.; LEROY, C.; LOEBEL, O.; MCKEOWN, P.; MERSIOWSKY, I.; MÖGINGER, B.; PFAADT, B.; REBITZER, G.; ROTHER, E.; RUHLAND, K.; SCHANSSEMA, A; TIKANA, L. (2013) LCA's theory and practice: like ebony and ivory living in perfect harmony?, *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 18, n. 1, p. 5-13. https://doi.org/10.1007/s11367-012-0476-x

BENGTSSON, J.; SEDDON, J. (2013) Cradle to retailer or quick service restaurant gate life cycle assessment of chicken products in Australia. *Journal of Cleaner Production*, v. 41, p. 291-300. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.034

BRASIL. (2014) Ministério do Meio Ambiente. *PPCerrado:* plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no cerrado. 2. Fase (2014/2015). Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. (2015) Decreto n. 8.447, de 6 de maio de 2015. Dispõe sobre o plano de desenvolvimento agropecuário do Matopiba e a criação de seu comitê gestor. *Diário Oficial da União*, n. 85, seção 1, p. 2.

CHERUBINI, E.; ZANGHELINI, G.M.; ALVARENGA, R.A.F.; FRANCO, D.; SOARES, S.R. (2015) Life cycle assessment of swine production in Brazil: a comparison of four manure management systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 87, p. 68-77. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.035

GARNETT, T. (2014) Three perspectives on sustainable food security: efficiency, demand restraint, food system transformation. What role for life cycle assessment? *Journal of Cleaner Production*, v. 73, p. 10-18. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.045

GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; DE SCHRYVER, A.; STRUIJS, J.; ZELM, R.V. (2013) *ReCiPe 2008*: a life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/302559709_ReCiPE_2008_A_life_cycle_impact_assessment_method_which_comprises_harmonised_category_indicators_at_the_midpoint_and_the_endpoint_level>. Acesso em: 4 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2016a) *SIDRA*: bancos de dados sobre a área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção da lavoura temporária no Piauí 1990 e 2014. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>. Acesso em: 2 abr. 2017.

_____. (2016b) *SIDRA*: bancos de dados sobre o rendimento médio da produção das lavouras temporárias no Brasil, Piauí e Uruçuí (PI) entre 2005 e 2014. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/99#resultado>. Acesso em: 2 abr. 2017.

JULLIEN, A.; DAUVERGNE, M.; CEREZO, V. (2014) Environmental assessment of road construction and maintenance policies using LCA. *Transportation Research Part D*, v. 29, p. 56-65. https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.03.006

NGUYEN, T.T.H.; BOUVARELA, I.; PONCHANT, P.; VAN DER WER, H.M.G. (2012) Using environmental constraints to formulate low-impact poultry feeds. *Journal of Cleaner Production*, v. 28, p. 215-224. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.06.029

PELLETIER, N. (2008) Environmental performance in the US broiler poultry sector: life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agricultural Systems*, v. 98, p. 67-73. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.03.007

PRE CONSULTANTS. (2014) *SimaPro*. Versão PhD 8.0.3.14.

SILVA, V.P.; VAN DER WERF, H.M.G.; SOARES, S.R.; CORSON, M.S. (2014) Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. *Journal of Environmental Management*, v. 133, p. 222-231. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.011

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. (2011) *Tabelas brasileiras para aves e suínos*: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; XU, Q.; OKADAME, H.; NAKAMURA, N.; SHIINA, T. (2009) A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, v. 90, p. 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.016

RUVIARO, C.F.; GIANEZINI, M.; BRANDÃO, F.S.; WINCK, C.A.; DEWES, H. (2012) Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. *Journal of Cleaner Production*, v. 28, p. 9-24. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.015

TONGPOOL, R.; PHANICHAVALIT, N.; YUVANIYAMA, C.; MUNGCHAROEN, T. (2012) Improvement of the environmental performance of broiler feeds: a study via life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, v. 35, p. 16-24. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.007

© 2018 Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos de licença Creative Commons.