



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS

**ANÁLISE DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE
OVOS E CONSEQUÊNCIAS PARA A GESTÃO AMBIENTAL**
Samantha Pereira Ferraz

Itapetinga
Bahia
Abril - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Análise de Inventário de Ciclo de Vida da Produção de Ovos e Consequências
para a Gestão Ambiental

Autora: Samantha Pereira Ferraz
Orientador: Luciano Brito Rodrigues, Dr.
Coorientador: Jose Adolfo de Almeida Neto, Dr.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para
obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS, no Programa de Pós-Graduação *Stricto
Sensu* em Ciências Ambientais, da Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia - Área de concentração: Meio
Ambiente e Desenvolvimento.

Itapetinga
Bahia
Abril - 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, origem e destino de todas as coisas, por essa existência, pelas oportunidades oferecidas e vivenciadas e pelo suporte maior na conclusão de mais essa etapa. Agradeço também, com igual gratidão, aos meus pais, pelo amor incondicional e por despertarem em mim a curiosidade e interesse pelo conhecimento, que me fizeram chegar até aqui. A toda minha família, por ouvir os desabafos e as tensões todos os sábados. As minhas amigas, pelas ajudas, palpites, confortos, injeções de ânimos e toda sorte de intervenção que estão sempre a postos para fazer. Agradeço, em especial, à Camila, pela amizade e boa vontade de sempre, mas, principalmente, pelas colaborações sem as quais esse trabalho seria muito menos. A Luciano, por mais essa oportunidade e por acreditar, há tanto tempo, no meu trabalho: obrigada, de novo. A José Adolfo, pelas contribuições essenciais. A Nelson Yoshiura Filho, pela confiança e solicitude.

Agradeço, a todos os professores do mestrado em Ciências Ambientais da UESB, pelos conhecimentos oferecidos. Aos colegas de turma, obrigada por partilharem dos anseios e dúvidas ao longo desses dois anos. Aos colegas de trabalho do INEMA - Vitória da Conquista, pelas ajudas e incentivos.

Agradeço por fim, a Danilo, meu companheiro de vida, o melhor parceiro e amigo, por me oferecer tanto amor e por me ajudar nesse trabalho, do início ao fim.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	X
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
3.1 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL	4
3.2 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA	5
3.2.1 FASES DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	7
I. DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO:	7
II. ANÁLISE DE INVENTÁRIO	8
III. AVALIAÇÃO DE IMPACTO	9
IV. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	11
3.3 SETOR AVÍCOLA - SISTEMAS PRODUTIVOS E APLICAÇÃO DA ACV OVOS	11
3.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE OVOS	17
3.4.1 CULTIVO E PROCESSAMENTO DAS MATÉRIAS PRIMAS	18
3.4.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	20
4 METODOLOGIA	24
4.1 OBJETO DE ESTUDO	24
4.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	26
4.2.1 OBJETIVO E ESCOPO	27
- SUBSISTEMAS	28
TRANSPORTE	30
ENERGIA	30
ÁGUA	30
CULTIVO DOS GRÃOS	30
EDIFICAÇÕES	30

PRODUÇÃO DE DESINFETANTE	30
EMISSIONES A PARTIR DOS DEJETOS	31
4.2.2 INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA	35
4.2.3 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 ESTIMATIVA DAS EMISSIONES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DOS DEJETOS.....	36
5.2 ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA	40
5.2.1 ÁGUA	43
5.2.2 RAÇÃO.....	44
5.2.3 ENERGIA	45
5.2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS	47
5.2.5 EMISSIONES ATMOSFÉRICAS TOTAIS	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
BIBLIOGRAFIA	54
APENDICE	61

RESUMO

No Brasil, o setor agroindustrial tem papel fundamental no desempenho econômico nacional. Inserido nesse contexto e, também, de relevante importância, está a produção avícola brasileira, que emprega mais de 3,6 milhões de pessoas, e responde por quase 1,5% do PIB nacional. Apesar do relevante porte do setor, é comum, ainda, entre os produtores a falta de conhecimento real sobre importantes parâmetros da própria atividade, como o consumo de matéria prima, água, energia, as perdas relacionadas à produção ou, ainda, os impactos ambientais associados. Diversos estudos internacionais já evidenciam aspectos ambientais significativos na produção de ovos que precisam ser assistidos. O principal objetivo do presente estudo é contribuir para a Gestão Ambiental da produção de ovos, através da aplicação da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida. Para tal, os princípios da ACV foram aplicados no setor em estudo, através da Análise de Inventário de Ciclo de Vida, seguindo as disposições contidas na ISO 14040:2006. Os dados para elaboração do inventário foram coletados numa granja de postura no interior da Bahia, entre fevereiro de 2013 e dezembro de 2014, e correlacionados para a unidade funcional adotada – 1 kg de ovos brancos de galinha. O cálculo das emissões de gases de efeito estufa seguiu a metodologia proposta pelo IPCC e os subsistemas produtivos (grãos, aves, energia, água, transporte, etc.) foram modelados no software SimaPro. Os resultados da Análise de Inventário revelaram os pontos críticos do setor: consumo de água, energia, ração, geração de resíduos sólidos e de emissões atmosféricas. As etapas de cultivo dos grãos e o transporte dos insumos respondem pela maior demanda de recursos naturais na atividade, dentre todas analisadas, sendo responsáveis também pelos maiores índices de emissão de gases de efeito estufa - GEE. Estes foram fortemente influenciados pelas emissões de CO₂ (90%), originado, principalmente, a partir do transporte rodoviário das matérias primas. As emissões de N₂O (6%) tiveram principal contribuição do cultivo dos grãos e as emissões de CH₄ (4%) sofreram influência maior do transporte das aves e do cultivo dos grãos. Grande parte das recomendações cabíveis ao setor concentra-se em etapas do ciclo de vida que estão externas a delimitação geográfica das granjas. As recomendações para o Sistema de Gestão Ambiental foram, portanto, direcionadas aos aspectos possíveis de gestão in loco (gerenciamento de resíduos, controle de emissões a partir dos dejetos). As recomendações gerais, que abrangeram também os aspectos a montante das instalações avícolas, incluíram a indicação para maiores estudos voltados para a otimização do cultivo de grãos e da logística de transporte adotada no país, dentre outros. A consolidação do campo de estudo nessas questões poderá auxiliar, com mais precisão, a gestão ambiental do setor avícola, em complemento ao as alternativas locais expostas.

Palavras-chave: Gestão do Ciclo de Vida, ACV, ISO 14040, Agroindústria.

ABSTRACT

The Brazilian agro-industrial sector has a key role in national economic performance. Inserted in this context and also of great importance, is the Brazilian poultry production, which employs more than 3.6 million people, and accounts for almost 1.5% of national GDP. Despite this relevance, is common among producers the lack of real knowledge about important parameters of the activity, as the consumption of raw materials, water, energy, production losses or even the environmental impacts associated. Several international studies have indicated significant environmental aspects in the egg production that need to be watched. The primary goal of this study is contribute to Environmental Management of egg production through Life Cycle Assessment methodology. To this end, the principles of LCA were applied in the study sector through Life Cycle Inventory Analysis and Interpretation, following the ISO 14040: 2006. Inventory data were collected in a farm eggs in Bahia, between February 2013 and December 2014, and related to the functional unit adopted - 1 kg of hen eggs. The greenhouse gases emissions from the waste were calculated through IPCC methodology. The productive subsystems (grains, chicks, energy, water, transportation, etc.) were modeled in SimaPro software. Analysis results revealed the sector critical points: consumption of water, energy and feed, solid waste generation and air emissions. The stages of grains cultivation and inputs transportation represent the major contribution to the demand of natural resources in the activity, among all analyzed and are also responsible for higher levels of greenhouse gases - GHG. These were strongly influenced by CO₂ emissions (90%), mainly originated from raw materials transport. N₂O emissions (6%) had major contribution from grain growing and CH₄ emissions (4%) had a greater influence of chick transport and grain cultivation. Thus, most of the applicable sector recommendations focuses on life-cycle stages that are geographical external of farms delimitation. The recommendations for local Environmental Management System were directed to the on site management aspects (waste management and emissions control from techniques such as composting and anaerobic digestion). The general recommendations, which also cover aspects upstream of poultry houses, included the indication for further studies aimed at optimizing the use of natural resources in raising grain, and the main logistics transport adopted in the country. The study field consolidation on these issues may help, more accurately, the environmental management of the poultry sector, in addition to the exposed local alternatives.

Key words: Life cycle Management, LCA, ISO 14040, Agribusiness.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Modelo ISO 14001 e suas correlações com as demais normas da série 14000	4
Figura 2 – Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida	7
Figura 3 - Estimativa de emissões de metano, por manejo de dejetos, proveniente da pecuária brasileira (ano 2005)	19
Figura 4 – Fluxograma do sistema de postura em estudo	25
Figura 5 – Fluxograma simplificado do sistema produtivo	27
Figura 6 – Ilustração do sistema de alimentação dos comedouros das aves utilizados no local.	45

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Atributos físico-químicos do esterco de ave poedeira (base seca)	21
Tabela 2 – Formulação das rações das aves (1000 kg), por etapa produtiva.	26
Tabela 3 – Descrição dos processos utilizados para modelagem dos subsistemas a partir da base de dados Ecoinvent® do software Simapro®, versão 8.0.1.	29
Tabela 4 – Fator de emissão de metano por temperatura, para ovelhas, cabras, camelos, cavalos, mulas, asnos e aves (kg CH ₄ /cabeça*ano).	32
Tabela 5 – Média anual da excreção de N por cabeça de categoria animal T(kg N/animal*ano).	33
Tabela 6 – Fração de nitrogênio total excretado anualmente para categoria animal de poedeiras, no estado da Bahia, ano base 2006, em diferentes sistemas de manejo de dejetos.	33
Tabela 7 – Fator de emissão para as emissões diretas de N ₂ O do sistema de manejo de dejetos S, (kg N ₂ O-N/kg N).	33
Tabela 8 – Valor do FracGasMS de acordo com sistema de manejo de dejetos	34
Tabela 9 – Fator de emissão padrão para emissões indiretas de N ₂ O, a partir do solo.	35
Tabela 10 – Potencial de aquecimento global (GWP) de gases de efeito estufa, em CO ₂ equivalente.	35
Tabela 11 – Coeficientes e Estimativas das Emissões de Gases de Efeito Estufa, a partir dos dejetos.	36
Tabela 12 – Estimativas das Emissões de Gases de Efeito Estufa, a partir dos dejetos, em kg CO ₂ equivalente.	36
Tabela 13 - Inventário para produção de 1 kg de ovos branco de galinha (raça HiSex White) sob o sistema de criação convencional.	41
Tabela 14 – Comparação dos resultados, entre estudos similares.	42
Tabela 15 – Emissões totais e por subsistema para produção de 1kg de ovos.	48
Tabela 16 – Emissões totais de Gases de Efeito Estufa, para produção de 1kg de ovos.	49
Tabela 17 – Resumo dos Resultados da Análise do Inventário de Ciclo de Vida	51

LISTA DE ABREVIATURAS

ABA	Associação Baiana de Avicultura
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação do Impacto de Ciclo de Vida
ABCV	Associação Brasileira de Ciclo de Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável,
CETESB	Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental
CH ₄	Metano
CH ₄ Dejetos	Emissões de CH ₄ provenientes da gestão de dejetos
CO ₂	Dióxido de carbono
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
FE _(T)	Fator de emissão para a população de animais
FE _{3(S)}	Fator de emissão para as emissões diretas de N ₂ O do sistema de manejo de dejetos S
FE ₄	Fator de emissão para emissões de N ₂ O a partir da deposição atmosférica nos solos e em águas superficiais
FraggasMS	Percentual de Nitrogênio gerenciado para T categoria de animais que volatiliza como NH ₃ e de NO _x no sistema de manejo de dejetos S
GEE	Gases de Efeito Estufa
GWP	Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential)
ha	Hectare
IBCIT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change)
ISO	Organização Internacional para Normatização (International Organization for Standardization)
L	Litro
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia

$MS_{(T,S)}$	Fração de nitrogênio total excretado anualmente para cada categoria animal T, do sistema de manejo de dejetos S.
N	Nitrogênio
$N_{(T)}$	Número de cabeças de animais por categoria
N_2O	Óxido Nitroso
N_2O_D	Emissões diretas de N_2O
N_2O_G	Emissões indiretas de N_2O devido à volatilização de N, a partir do manejo dos dejetos.
$N_{ex(T)}$	Média anual da excreção de N por cabeça de categoria animal T
$N_{volatilização}$	Quantidade de emissões de N_2O que é perdido devido à volatilização da NH_3 e NO_x .
PIB	Produto Interno Bruto
S	Sistema de gerenciamento de dejetos
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SEAGRI	Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária
T	Espécie/Categoria de animal
Tkm	Toneladas quilômetros
UBA	União Brasileira de Avicultura
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor agroindustrial tem papel fundamental no desempenho econômico nacional, sendo o maior gerador de divisas do país, com um superávit em 2012 de quase US\$ 80 bilhões (CNA, 2014). Compreendido como toda atividade de agricultura, insumos, maquinaria e serviços agrícolas, bem como as atividades de pós-colheita, processamento e distribuição, o agronegócio tem um significativo impacto na dinâmica nacional. Inserido nesse contexto e, também, de relevante importância, está a produção avícola brasileira, seja de corte ou de postura.

Segundo a União Brasileira de Avicultura – UBA, a avicultura nacional emprega mais de 3,6 milhões de pessoas, direta e indiretamente, e responde por quase 1,5% do PIB nacional. Em 2012, a produção brasileira de ovos atingiu quase 32 bilhões de unidades, 99% destes destinados ao consumo do mercado interno (UBA, 2014).

A Bahia confirma a força do agronegócio no Brasil. Atualmente, as atividades de agricultura, pecuária e seus derivados são responsáveis por aproximadamente 20% do PIB estadual, movimentando mais de 30 bilhões de reais em 2009 (SEAGRI, 2010). De acordo com a Associação Baiana de Avicultura – ABA (2015), a atividade avícola da Bahia desenvolve-se em várias regiões do estado, com destaque para o recôncavo, mas presente também em outras regiões, como as regiões sudoeste, a região sul e oeste baiano. O efetivo do rebanho avícola baiano (galos, galinhas, frangos, frangas e pintos) ultrapassa os 32 milhões de cabeças e a produção de ovos soma quase 996 milhões de unidades por ano, movimentando aproximadamente 170 milhões de reais (IBGE, 2011).

No entanto, mesmo com relevante porte produtivo e econômico, é comum que produtores não tenham conhecimento real sobre o consumo de matéria prima, água, energia ou perdas associadas à própria produção, chamando atenção, portanto, para a oportunidade de intervenção ambiental na atividade. Esta realidade pode ser observada, facilmente, no setor produtivo de ovos. Segundo a UBA (2008), no Brasil, a produção de ovos é composta, majoritariamente, por produtores independentes de pequeno e médio porte, que preparam a própria ração na propriedade e trabalham com galpões abertos, tradicionais. Ou seja, este

setor possui características históricas e atuais relevantes da atividade agroindustrial, que podem resultar numa gestão inadequada da produção.

Em tempos de grandes debates sobre a pressão antrópica nos compartimentos naturais, buscar métodos de produção sustentáveis tem sido um dos principais focos de ação de governos e sociedades nos últimos anos. O risco de escassez de recursos naturais e a consequente possibilidade de limitação da capacidade produtiva atual têm estimulado o desenvolvimento de ferramentas voltadas para gestão ambiental eficiente, nas mais diversas atividades. A agroindústria, em virtude da alta demanda por recursos naturais é um importante campo de estudo e aplicação de tais ferramentas. Esta realidade, somada à importância social e econômica da atividade e à usual deficiência administrativa supracitada, fundamentam a necessidade da adoção de métodos de gestão ambiental eficientes no setor agroindustrial, visando não somente a adequação legal da atividade, mas principalmente a mitigação de impactos ambientais negativos e a conservação dos recursos naturais. É nessa última vertente que se insere a oportunidade de ação da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV.

A metodologia ACV abrange todo o ciclo de vida do produto, desde a concepção, a extração das matérias-primas, envolvendo sua produção e uso, as possibilidades de reciclagem e reutilização, até sua disposição final (SANTOS, 2006). A utilização da ACV possibilita a identificação de pontos críticos ao longo dos processos produtivos, passíveis de melhorias, permitindo, assim, a intervenção mais acertada na produção, pois provém conhecimento suficiente para fundamentar a tomada de decisão, tanto do ponto de vista administrativo-econômico, quanto sobre os aspectos ambientais. Assim sendo, no que diz respeito ao setor agroindustrial e mais particularmente, à produção de ovos, percebe-se que a utilização da ACV poderá trazer importantes contribuições para a adoção de técnicas de produção e gestão eficazes, não somente com vistas à adequação ambiental, mas buscando também se posicionar de maneira mais competitiva no mercado.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Contribuir para a Gestão Ambiental da produção de ovos no interior da Bahia, através da aplicação da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar os princípios da ACV no setor em estudo;
- Inventariar o processo de produção de ovos no interior da Bahia;
- Identificar os principais aspectos ambientais da produção;
- Indicar sugestões de melhorias para os problemas identificados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Preconizado pela norma ISO 14001:2004, um Sistema de Gestão Ambiental – SGA – pode ser definido como o conjunto de políticas e procedimentos voltados para obtenção de um melhor desempenho ambiental, bem como controle e redução dos impactos ambientais numa organização. A discussão sobre este aspecto da gestão organizacional foi intensificada na década de 1990, com a normatização internacional através das ISO 14001 e ISO 14004, referentes à Gestão Ambiental, em 1996. Tem início, portanto, o conjunto de normas da série 14000, que incluiria, além da Gestão Ambiental, outras ferramentas complementares a estas, tais como a Avaliação do Ciclo de Vida, Avaliação de Desempenho Ambiental e a Rotulagem Ambiental. Todas essas metodologias formam um sistema de normas, que possuem como núcleo a execução do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), proposto pela ISO 14001 (Figura 1).

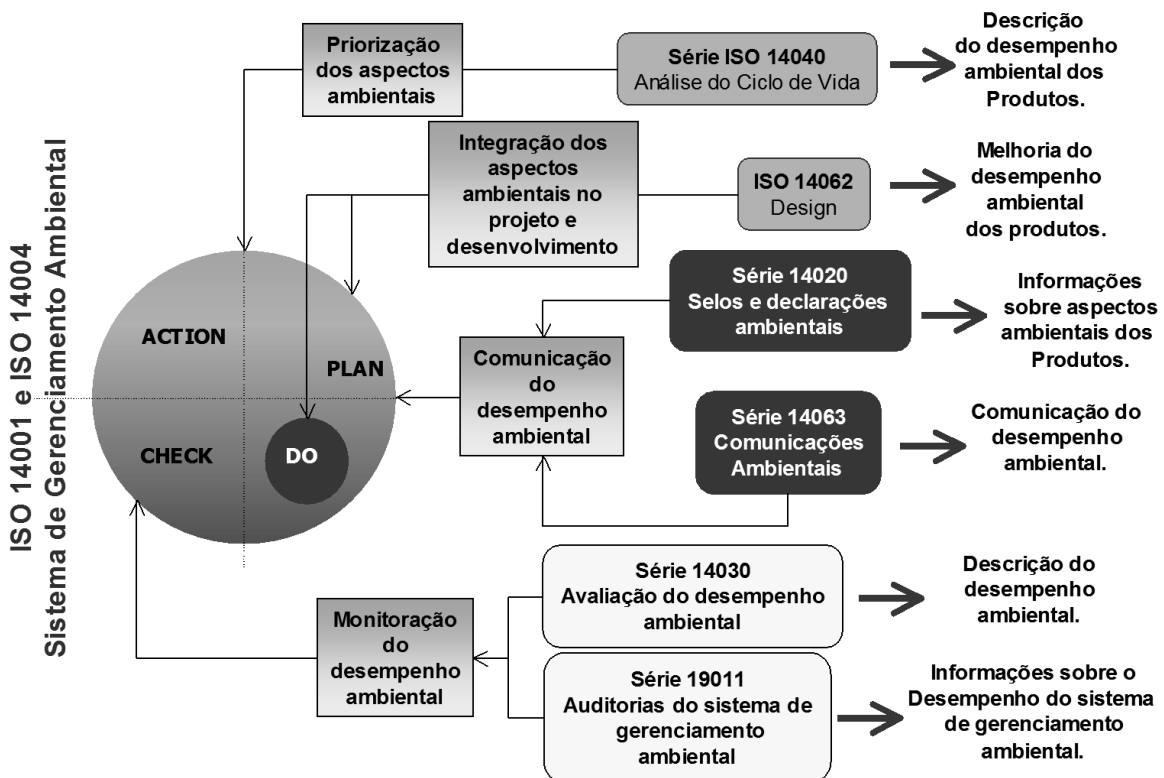


Figura 1 – Modelo ISO 14001 e suas correlações com as demais normas da série 14000

Fonte: BARBIERI & CAJAZEIRAS, 2004.

Para a Gestão Ambiental, o ciclo PDCA, guiado pela respectiva Política Ambiental, se traduz em princípios a serem adotados por uma organização, sendo eles:

1) Planejar (*Plan*) - Elaboração dos planos e atividades necessários para o cumprimento da Política Ambiental. Nesse momento, é necessária a identificação e priorização dos aspectos ambientais da atividade. Para tal, pode-se utilizar a norma ISO 14040, através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

2) Desenvolver (*Do*) - Desenvolver capacitação e os mecanismos de apoio necessários para atender a política, seus objetivos e metas ambientais.

3) Checar (*Check*) - Mensurar, monitorar e avaliar o desempenho ambiental.

4) Análise Crítica Gerencial (*Act*) - Analisar criticamente e aperfeiçoar continuamente o SGA, com o objetivo de aprimorar o desempenho ambiental global.

3.2 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

A crescente conscientização acerca da necessidade de conservação dos recursos naturais somada à preocupação sobre possíveis impactos ambientais associados a produtos e processos tem estimulado o desenvolvimento de novas ferramentas voltadas para melhor compreender e enfrentar essa problemática. Uma das técnicas desenvolvidas para este fim é a Avaliação de Ciclo de Vida - ACV (ISO 14044, 2006). A ACV é um instrumento da gestão ambiental aplicável a bens e serviços. O ciclo de vida que interessa à gestão ambiental refere-se aos aspectos ambientais de um bem ou serviço em todos os seus estágios, desde a origem dos recursos no meio ambiente, até a disposição final dos resíduos, materiais e energia após o uso, passando por todas as etapas intermediárias, como beneficiamento, transportes, estocagens e outras (BARBIERI & CAJAZEIRAS, 2004). É, assim, uma ferramenta de múltiplos usos, pois é capaz de subsidiar as estratégias de marketing (declarações ambientais ou rotulagens) e de concepções de projetos; auxiliar a tomada de decisão e contribuir para a melhoria ambiental do produto; possibilitar a avaliação ambiental de processos e ainda colaborar na definição de políticas ambientais (WILLERS & RODRIGUES, 2012).

As primeiras discussões sobre ACV originaram-se nos Estados Unidos e datam do final da década de 1960, período no qual a possibilidade de escassez de recursos – naturais e energéticos – começa a ganhar atenção, influenciada principalmente pela primeira grande crise do petróleo (COLTRO, 2007; SANTOS, 2006). Os primeiros trabalhos desenvolvidos, pelas características da época, tinham foco principal no consumo de energia (COLTRO, 2007) não possuindo, ainda, o caráter abrangente que a ACV tem atualmente.

Nos anos de 1990, a ACV passa a compor a série das normas ISO 14000, através da norma ISO 14040, sendo a ACV responsável pelo conhecimento do desempenho ambiental de produtos, etapa inicial do planejamento ambiental num SGA. A normatização da ACV, pela série ISO 14040, contribuiu para padronização dos estudos e resultados, possibilitando a expansão do campo de aplicação da ferramenta (SEO, 2006, COLTRO, 2007). Atualmente, as normas ISO referentes à ACV se resumem na ISO 14040 e ISO 14044. Ambas definem a estrutura básica de uma ACV, bem como as etapas e requisitos necessários, sendo a última norma mais detalhada quanto à execução das fases.

É também nesse período que a ACV começa a ganhar espaço no Brasil. Em 1993, com a criação de um subcomitê sobre o tema, junto ao Grupo de Apoio à Normalização, foi possível lançar bases para que, quatro anos depois, surgisse a primeira publicação nacional especializada em ACV: “Análise de Ciclo de Vida de Produtos: Ferramenta Gerencial da ISO 14000”, de José Ribamar Chehebe (SEO, 2006). Na mesma década, é criado o Subcomitê 05 - vinculado ao Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental - da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), direcionado à pesquisa e produção de conhecimento sobre avaliação de ciclo de vida no país. Os desdobramentos das ações deste subcomitê resultam na criação da Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABCV), em 2000, e no Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV), fundado em 2010.

Buscando a promoção da ACV no meio empresarial brasileiro, foi criada em 2012 a Rede Empresarial Brasileira de Avaliação de Ciclo de Vida, que conta atualmente com 17 empresas participantes além da Associação Brasileira de Ciclo de Vida e do Instituto Akatu. Desde maio de 2014 o CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, que é o representante no Brasil do World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), assumiu a coordenação da Rede.

No que diz respeito à temática, a abordagem dos estudos em Avaliação de Ciclo de Vida pode ser distinta entre: pesquisas voltadas à discussão metodológica e revisão bibliográfica; e trabalhos destinados à aplicação prática da técnica em produtos e processos diversos. Do primeiro grupo fazem parte, por exemplo, os estudos apresentados por Seo & Kulay (2006), Lima (2007), Barbosa Junior *et al.* (2008), Finkbeiner (2009), Arduin & Pacca (2010), Muniz & Silva (2010), Willers & Rodrigues (2012; 2014) e Muñoz (2012). Quanto à abordagem prática do tema, têm-se os trabalhos desenvolvidos por Ferreira & Frank (2000), Jacovelli & Figueiredo (2003), Ugaya & Henschel (2004), Santos *et al.* (2007), Silva *et al.* (2009), Nigri *et al.* (2009), Silva (2009), Stadler *et al.* (2010), Kulay *et al.* (2010), dentre outros.

3.2.1 FASES DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Para a aplicação da ACV são necessárias algumas diretrizes, propostas pelas respectivas normas de referência, a ISO 14040 (2006) e a ISSO 14044 (2006), as quais dividem a realização da ACV em quatro etapas: 1) Definição do Objetivo e Escopo, 2) Análise de Inventário, 3) Avaliação de Impacto e 4) Interpretação dos Resultados (Figura 2).

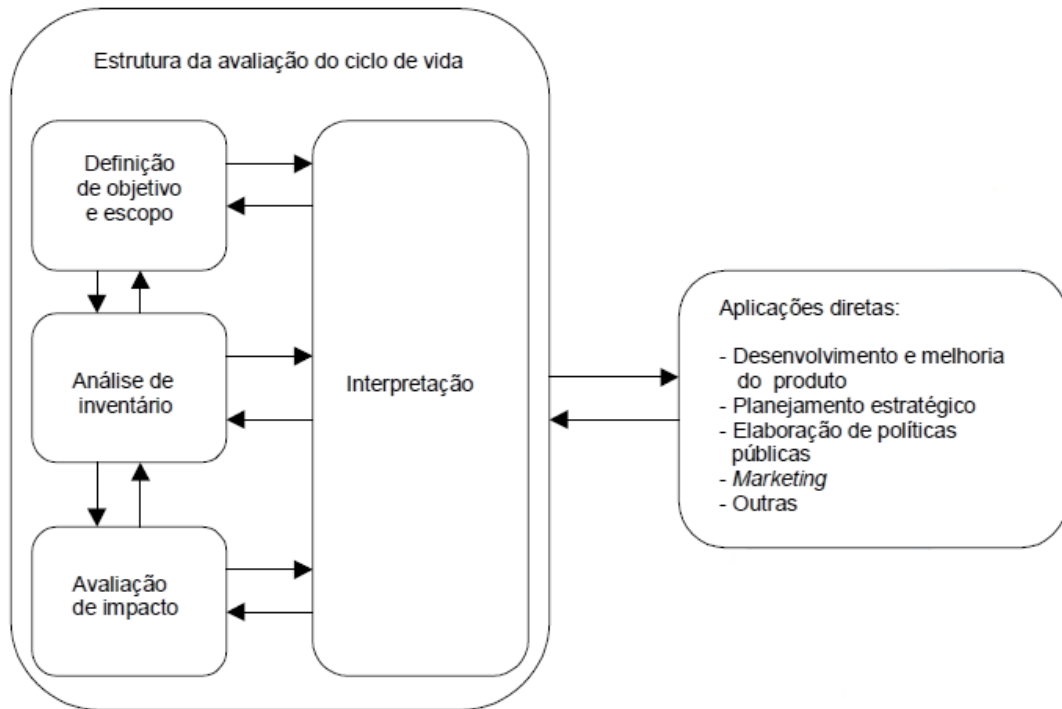


Figura 2 – Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida
Fonte: ISO 14040 (2006)

Ainda de acordo com a ISO 14040 e a ISO 14044 as etapas da ACV podem ser compreendidas conforme descrito a seguir:

i. Definição de Objetivo e Escopo:

A primeira das etapas consiste em definir claramente o propósito pretendido, as razões do estudo e o público-alvo. Devem compor essa fase: Função e unidade funcional; Fronteiras do sistema; Requisitos da qualidade dos dados; Comparações entre sistemas e Considerações sobre análise crítica.

A função - objeto de análise do estudo - é a finalidade para a qual o produto estudado se destina ou, ainda, a característica de desempenho do produto. É quantificada pela unidade funcional, o que garante uma referência para quantificação dos demais dados. Um sistema pode ter várias funções possíveis e aquela selecionada para um estudo é dependente dos objetivos e do escopo do estudo.

A unidade funcional, por sua vez, é a medida que permite a quantificação da função definida. Representa o desempenho das saídas funcionais do sistema de produto. Portanto, a unidade funcional deve ser claramente definida e mensurável, a fim de assegurar a comparabilidade de resultados da ACV;

As fronteiras do sistema de produto dizem respeito aos processos elementares ou subdivisões dos sistemas de produto dentro do fluxo produtivo que serão incluídos no sistema a ser modelado. Dessa forma, se estabelecem os limites de abrangência da ACV, o que será inserido para levantamento de dados, ou não.

A qualidade dos dados diz respeito ao tipo de fonte utilizada para levantamento das informações. Os dados podem ser obtidos através da coleta direta, *in loco*, sendo assim, fontes primárias. Há, ainda, a possibilidade de obtenção de dados através de fontes secundárias, que são aquelas provenientes de bases de dados, estudos anteriores, trabalhos técnicos, dentre outras fontes de referência. Fontes primárias são preferíveis nesse tipo de estudo, pois garantem maior adequação à realidade de estudo. No entanto, quando a obtenção de dados *in loco* não for possível, informações compatíveis de fontes secundárias poderão ser adotadas. Nesse caso, os dados utilizados deverão ser condizentes com as características do sistema em estudo, a fim de não comprometer o resultado final.

A comparação entre sistemas é a etapa realizada quando esta é uma das finalidades da ACV, não incluída no presente projeto. Consiste em confrontar sistemas equivalentes, de mesma função e unidade funcional, objetivando investigar diferenças entre estes e os possíveis desdobramentos destas.

O processo de análise crítica é contínuo e ocorre durante todas as etapas da ACV. Envolve a verificação do estudo conduzido quanto aos objetivos, à metodologia, à qualidade dos dados, à clareza, à precisão e à apresentação do estudo.

O escopo deverá especificar, ainda, informações como: detalhamento e limites da avaliação (ponto inicial e final) e os subsistemas a serem considerados. Para tal, é necessário pormenorizar o sistema em estudo, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos e deve ser executado na fase seguinte: análise do inventário.

ii. Análise de Inventário

É a etapa na qual serão levantadas, determinadas e quantificadas informações como: entradas e saídas de matérias primas e energia, descrição dos processos envolvidos e as fronteiras do estudo. Todos os dados e informações relativos a processos e atividades desenvolvidos dentro das fronteiras do estudo devem ser incluídos e separados por categoria

pertencente – se energia, matéria-prima ou emissões, por exemplo. Nesse ponto, gráficos e fluxogramas são fundamentais para uma boa visualização geral do processo e um melhor entendimento das interações existentes.

Os dados do sistema estudado deverão ser, sempre que possível, obtidos diretamente no local de estudo, através de acompanhamento dos processos e de medições cabíveis. Na prática, mesmo os processos mais simples envolvem consideráveis informações referentes a entradas e saídas, o que tornaria a determinação destas impraticável e inviabilizando a ACV. Dessa forma, é permitida a adoção de critérios para seleção das variáveis mais relevantes, em termos de massa, energia e importância ambiental. Assim, são incluídas, por exemplo, entradas e saídas que contribuam acima de determinada porcentagem para o total a ser produzido pelo sistema, no caso de matérias primas e energia. Quanto à relevância ambiental, devem ser consideradas as entradas e saídas que contribuam acima de determinada porcentagem para uma determinada categoria de dados. Por exemplo, se emissões atmosféricas é uma categoria de dados, pode-se utilizar como critério de seleção, a consideração de somente entradas com participação acima de determinada porcentagem para o total de emissões atmosféricas.

Quando o sistema estudado envolver a geração de mais de um produto, é necessário o estabelecimento de critérios de alocação, a fim de determinar por qual rota seguirá a ACV. Estes podem ser: a alocação por substituição, alocação por relações físicas (por massa, por equivalência química ou por conteúdo energético), alocação com base em fatores econômicos, dentre outros. Assim, tanto os fluxos de materiais e de energia, como as liberações ao ambiente, deverão ser alocados aos diferentes produtos de acordo com procedimentos claramente estabelecidos.

É na etapa de análise de Inventário que são determinados os dados e informações necessários ao procedimento da etapa seguinte. O Inventário de Ciclo de Vida (ICV) é elemento decisivo para que um estudo de ACV atinja seus propósitos (KULAY & SEO, 2010).

iii. Avaliação de Impacto

Nessa fase, os dados e as informações obtidos na Análise de Inventário são associados a impactos ambientais específicos, de modo que o significado destes impactos potenciais possa ser avaliado (COLTRO, 2007). A ISO 14040 (2006) fornece a indicação dos elementos que podem constar nesta fase: classificação, caracterização e atribuição de pesos. A fase de

avaliação dos impactos ambientais tem a função de determinar e quantificar o quão intensa é a ação dos aspectos ambientais no meio (NIGRI, 2012).

Primeiramente, os dados advindos do inventário serão atribuídos a categorias de impacto específicas. Nessa fase podem ser utilizados *softwares* específicos de ACV, para auxiliar a categorização dos impactos a serem avaliados. Nesse caso, os dados coletados no inventário são previamente inseridos no programa escolhido, de forma que este possa utilizá-los para classificação e caracterização dos impactos nas categorias optadas. Existem diversas categorias de impacto ambiental utilizadas em métodos de AICV. As mais utilizadas são (adaptado de NIGRI, 2012):

- Exaustão de recursos não renováveis ou depleção abiótica: relaciona os dados do inventário que estejam ligados à extração e/ou utilização de recursos naturais não bióticos, por exemplo, minerais e combustíveis fósseis;
- Potencial de aquecimento global: relacionado aos níveis de emissão de gases de efeito estufa – GEE, como por exemplo: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) que em determinados níveis, podem intensificar este efeito e ocasionar a elevação da temperatura global.
- Depleção da camada de ozônio: categoria de impacto associado ao uso de aerossóis à base de haletos orgânicos, como o clorofluorcarbono e seus derivados, que causam a diminuição dessa camada. A consequência é o aumento da quantidade de raios ultravioletas que atingem a superfície da Terra, podendo provocar danos diversos a saúde humana e/ou ao meio ambiente.
- Toxicidade humana: relaciona-se ao potencial de contaminação humana por exposição a substâncias tóxicas liberadas em atividades antrópicas.
- Ecotoxicidade: envolve os danos causados à fauna e à flora por substâncias tóxicas, em meio aquático ou terrestre;
- Acidificação: aumento da acidez do solo ou da água devido à liberação de óxidos de nitrogênio e enxofre, podendo causar efeitos nocivos em plantas, seres humanos, animais e também em edificações;
- Oxidação fotoquímica: refere-se aos níveis de emissão de óxidos de nitrogênio, compostos que, sob a ação dos raios ultravioletas, formam oxidantes fotoquímicos, criando nevoeiros, reduzindo a taxa de luminescência solar e dificultando a fotossíntese;
- Eutrofização: impacto associado ao aumento de nutrientes orgânicos, como fósforo e nitrogênio, em meios aquáticos, provocando o crescimento populacional de

microrganismos e, por consequência, a diminuição da taxa de oxigênio necessária aos peixes e outros organismos vivos;

— Radiação: contaminação por partículas radioativas advindas da extração de recursos naturais, como rocha fosfática, carvão mineral, petróleo e outros.

Escolhida as categorias de impactos pertinentes ao sistema estudado, segue-se, então, à caracterização, onde, em cada categoria de impacto, os dados são multiplicados por fatores de equivalência, baseados em conhecimentos científicos, a serem definidos de acordo com as condições da caracterização. O resultado obtido caracteriza o valor do indicador da categoria de impacto ambiental utilizada, que poderá ser transformado em índice ambiental adimensional. Dessa forma, os resultados podem ser apresentados em indicadores numéricos, o que pode subsidiar importantes discussões e recomendações sobre o estudo.

iv. Interpretação dos Resultados

Etapa final da ACV, em que as considerações da análise do inventário e da avaliação de impacto são cruzadas e resumidas, sempre de acordo com o objetivo e o escopo proposto, possibilitando as inferências e recomendações sobre a situação em estudo, às partes interessadas. A interpretação de resultados abrange a análise de alguns pontos, conforme sugere a norma ISO 14044:2006. Estes podem ser, dentre outros: a identificação de questões significativas e suas respectivas avaliações, análises de sensibilidade e incerteza dos métodos utilizados, conclusões, limitações e recomendações do estudo.

Por fim, cabe ressaltar que a ACV é naturalmente um estudo dinâmico e iterativo. Assim, informações obtidas na última fase podem afetar as fases anteriores, levando a reorganização destas. Portanto, é comum o trabalho simultâneo de várias fases.

3.3 SETOR AVÍCOLA - SISTEMAS PRODUTIVOS E APLICAÇÃO DA ACV OVOS

O ovo é a fonte primária de proteína animal, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (MENCH *et al.*, 2011). No cenário mundial, a China lidera com ampla vantagem a produção do setor de ovos, com 40,55% da produção mundial (FAO, 2013). O Brasil, no entanto, vem ganhando destaque nos últimos anos, ocupando atualmente o posto de sétimo produtor mundial e terceiro maior produtor no continente americano (EVANS, 2013).

Atualmente, a criação de galinhas poedeiras pode ocorrer sobre diferentes sistemas de produção. No Brasil, os sistemas produtivos de maior expressividade são o sistema caipira, o orgânico e o convencional (em gaiolas) (PASIAN & GAMEIRO, 2007).

A produção caipira caracteriza-se por utilizar galpões abertos, em que as aves têm contínuo acesso diurno a uma área externa (HUMANE NATURE SOCIETY, 2010).

Na produção orgânica, as aves devem ser criadas em instalações que permitam conforto ambiental com a aplicação das práticas que considerem o bem-estar animal e onde, ainda, a concentração da produção não cause danos ao meio ambiente (EMBRAPA, 2010).

Por fim, no sistema convencional, as aves são criadas em gaiolas dentro dos galpões aviários, sem acesso a área externa, onde o produtor controla toda a logística de alimentação, medicação e postura.

O sistema de produção em gaiolas é o mais utilizado para galinhas poedeiras em todo o mundo, por suas vantagens econômicas e sanitárias, uma vez que comporta grandes quantidades de animais por galpão além de permitir a coleta do ovo, separada das excretas das aves (MENCH *et al.*, 2011). Nesses sistemas, a produção ocorre em quatro etapas: cria, recria, postura e acondicionamento dos ovos para comercialização.

Na etapa de cria, a granja de postura recebe as pintainhas de um dia de vida em galpão específico desta etapa, onde permanecem até o 35º dia, quando, então, são destinadas a segunda etapa: a recria. Na recria, as aves permanecem, também em galpão específico para a etapa, até a 17ª semana e é nessa etapa que ocorre o crescimento e o ganho de peso necessário para que as aves estejam aptas para a postura.

Ao fim do ciclo de recria, as frangas são transferidas para as instalações dos galpões de produção de ovos. Esse período de postura pode variar conforme o manejo empregado no local, podendo alcançar até a 80ª semana de vida da ave. A etapa final, o acondicionamento dos ovos, é a fase na qual os ovos são limpos, classificados de acordo o tamanho e embalados para a comercialização.

Os estudos de Avaliação do Ciclo de Vida são menos utilizados no setor de aves se comparado a outros setores agropecuários. Os trabalhos até então publicados se voltam mais para a avicultura de corte do que para a de postura. No entanto, a avicultura de postura tem aparecido com frequência crescente nos últimos anos, impulsionada, principalmente, pelos estudos dedicados ao potencial de aquecimento global das atividades agroindustriais.

No Brasil, Alvarenga (2010) comparou quatro métodos de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida, em quatro cenários de produção de ração de milho e soja para frangos de corte, na região sul do país. Dessa forma, foi possível determinar pontos críticos do processo e os

aspectos ambientais mais significativos, como a ocupação e transformação do solo e emissão de CO₂. O autor ressalta, no entanto, que métodos diferentes de AICV podem levar a diferenças nos resultados da ACV e, por isso, é fundamental o bom conhecimento do método a ser utilizado, a fim de que este se ajuste adequadamente às necessidades do estudo.

Ainda, Silva *et al.* (2014) utilizaram a ACV para comparar os encargos ambientais dos de diferentes cenários produtivo de frangos de corte no Brasil e na França. Os resultados do estudo revelaram que a maior contribuição para os impactos ambientais durante a produção de frango, dentre os sistemas estudados (produção extensiva e intensiva, em grande e pequena escala) advém da fase de produção da alimentação animal. Estes impactos estão associados, principalmente, ao cultivo da lavoura do que ao transporte ou processamento desta matéria prima. Sobre a emissão de gases de efeito estufa, CO₂ e N₂O foram os principais contribuintes.

Conforme discutido, muitos estudos de ACV no setor aviário são direcionados a quantificação dos Gases de Efeito Estufa – GEE e potencial de aquecimento global do setor. A exemplo disso, Pelletier *et al.* (2013) conduziram uma análise de pegada de carbono na produção de ovos na região centro-oeste dos Estados Unidos, abrangendo 55% das frangas e 49% de toda a produção de ovos do estado de Iowa. Para tal análise, foram incluídos no limite do sistema todos os insumos diretos e indiretos e as emissões decorrentes: os sistemas de produção agrícola e industrial a partir do qual são derivadas as matérias-primas para a alimentação dos animais, o processamento de matérias-primas, a produção da ração, a produção de pintos, uso de energia nas instalações; processamento da casca de ovo e embalagens; quebra dos ovos, além de todas as fases de transporte, até as instalações de processamento. O inventário, gerado a partir de informações obtidas diretamente nos locais de estudo e complementado com informações adaptadas da base de dados EcoInvent (2010), possibilitou a condução da avaliação de impactos, realizada no *software* SimaPro® 7.1. Os resultados da avaliação apontaram a produção de alimentos para fabricação da ração e o uso desta nas instalações como maior responsável pelas emissões de GEE na cadeia produtiva do ovo, devido às emissões geradas no uso do solo, no cultivo dos grãos e na digestão.

Tal estudo sugere, portanto, que a otimização da eficiência de produção e do consumo das rações é uma importante medida a fim de se minimizar os custos ambientais da atividade. Outro aspecto relevante apontado pelo estudo são os níveis de geração de amônia e outras substâncias derivadas do Nitrogênio. Por tal, a gestão eficiente das fontes geradoras de nitrogênio deve ser considerada, uma vez que os dejetos das aves – ricos nesse nutriente –

podem contribuir para contaminação de solos, águas e oferecer riscos a saúde humana, quando utilizados de maneira incorreta.

Pelletier *et al.* (2014) utilizaram a Avaliação do Ciclo de Vida para analisar e comparar o impacto ambiental da produção de ovos nos Estados Unidos entre os anos de 1960 e 2010, dessa vez considerando as inovações incorporadas pela atividade ao longo do período considerado. A análise considerou as mudanças nas variáveis do sistema de produção de ovos, ao longo do período, abrangendo tanto as de aspecto direto (por exemplo, o desempenho produtivo das galinhas) como também, aspectos indiretos (por exemplo, a eficiência de fornecimento de energia, a produção de fertilizantes, a produção de insumos para alimentação e o transporte empregado). Apesar de apontar significativa redução da carga ambiental da atividade nos últimos 50 anos, os resultados da ACV revelaram que, desde a década de 1960, os principais fatores que determinam os impactos ambientais da produção de ovos dos EUA são: a eficiência alimentar das aves, a composição da alimentação e o manejo de dejetos. Os apontamentos desse trabalho fomentam, portanto, o incentivo ao desenvolvimento de pesquisas aplicadas à melhoria da eficiência alimentar das aves e das técnicas de gestão de resíduos empregadas, como forma de alcançar a redução contínua da pegada ambiental da indústria de ovos.

Outro estudo, realizado pelo Swedish Institute for Food and Biotechnology – SIK (2009), com o objetivo de estimar as emissões de gases de efeito estufa da pecuária sueca - produção de carne, leite e ovos – comparando as emissões do ano de 1990 e 2005, demonstrou que, mesmo com a redução das emissões totais do setor no período estudado, a produção de alimentos para ração foi fonte de quase 85% das emissões. Esse impacto, por sua vez, está fortemente relacionado à cultura da soja, fonte proteica principal da alimentação dos animais na maioria dos países, incluindo o Brasil. No estudo também foi apontado como fator relevante para as emissões totais da atividade, o aumento da geração de compostos nitrogenados, oriundos da excreta das aves. A pesquisa relaciona esse aumento ao uso da cama de frango, uma vez que a partir desta, a decomposição do ácido úrico em amônia é mais rápida do que a partir do solo sem a cobertura da cama.

No Reino Unido, o estudo conduzido por Leinonen *et al.* (2012), aplicaram a ACV para quantificar os danos ambientais advindos da produção de 1000 kg de ovos, nos quatro principais sistemas de produção do país: em gaiolas, em celeiros, ao ar livre (caipira) e orgânico. Como resultado, há, para o sistema orgânico, maior consumo de ração, o que é explicado pelo maior número de aves para um mesmo volume de produção nesse sistema. Por conta disso, o nível de impacto ambiental para o sistema orgânico foi maior, uma vez que,

novamente, a produção, transporte e processamento de alimentos foram as etapas causadoras dos maiores impactos (54% a 75% do consumo de energia primária e 64% a 72% das emissões de GEE). A produção das excretas respondeu pelo maior impacto sobre o potencial de acidificação e eutrofização, em todos os sistemas estudados, confirmando resultados também obtidos pelos diversos estudos apresentados.

Wiedemann & McGahan (2011) também utilizaram a Avaliação de Ciclo de Vida para investigar o uso de água, energia e as emissões de GEE no setor de ovos australianos, utilizando como unidade funcional 1 kg de ovos produzidos, tanto pelo sistema de criação em gaiola, como na criação *free range*. O estudo mostrou que a produção australiana possui baixos níveis de emissão de GEE, quando comparada a produção europeia. Comparando os dois sistemas de criação estudados, a produção em gaiolas possui menores níveis de emissão de gases e de demanda energética. Tais impactos, mais elevados para a produção ao ar livre, foram atribuídos a uma menor taxa de conversão alimentar e menor produtividade em relação à produção em gaiola. Segundo os autores, a relativa eficiência ambiental da produção de ovos australianos, frente à europeia, pode ser explicada pelo melhor desempenho da produção de grãos no país. Além de mais eficiente quanto à utilização de insumos e matéria prima, o grão australiano é produzido em condições que não favorecem as emissões de N₂O, reduzindo, portanto, o fator de emissão geral. Quanto à demanda de água, esta não se mostrou um bom indicador de desempenho ambiental competitivo para a indústria de ovos do país, uma vez que ambos os sistemas de criação de aves apresentaram elevados índices de consumo, sendo este maior para a criação ao ar livre.

Assim, de acordo com a pesquisa, tem-se, novamente, a produção e uso dos grãos para a ração como maior fonte de impacto, seguido do uso da água, da demanda energética e do gerenciamento dos dejetos (apenas para GEE). Consequentemente, as estratégias de mitigação e prevenção de impactos devem se direcionar à otimização da produção e do uso da alimentação. No entanto, considerando que o sistema produtivo de grãos australiano já apresenta elevado grau de eficiência, ganhos adicionais nesse setor são cada vez mais difíceis de obter.

No Canadá, a publicação apresentada por Vergé *et al.* (2009), buscou estimar as emissões de gases de efeito estufa, bem como a intensidade de emissões de GEE associadas com vários tipos de produção de aves no país, entre os anos de 1981 e 2006. As emissões diretas de CH₄, N₂O, CO₂ das aves e das instalações e, ainda, das lavouras de cultivo das matérias primas para alimentação das aves foram estimadas através da dieta de aves. Por conta do crescimento da demanda por alimentos e por consequência, o aumento da produção

de aves e seus derivados, no período estudado, as emissões de GEE do setor aumentaram 40%. O principal GEE foi N_2O , responsável por aproximadamente 57% das emissões totais, seguido pelo CO_2 (38%) e o CH_4 , com 5%.

Leinonen *et al.* (2014), comparam o sistema de criação convencional aos novos sistemas de produção de frangos de corte e galinhas de postura adotados na Europa, visando a adequação aos novos regulamentos de bem estar animal da União Europeia. Os sistemas comparados foram os galpões aviários de baixa densidade e estes mesmos combinados à trocadores de calor para ventilação local.

Para proceder com a avaliação do ciclo de vida, os autores utilizaram dados das próprias pesquisas anteriores, para quantificar as entradas e saídas e os demais dos parâmetros da produção. Os resultados da ACV mostraram que, diferente do que é usualmente difundido, o sistema de gaiola convencional e os de gaiolas de baixa densidade apresentaram desempenhos próximos. Há para o segundo sistema, mais benéfico ao bem estar animal, uma ligeira melhoria do desempenho ambiental.

Os resultados mostraram, ainda, que o sistema de menor densidade apresenta um potencial de aquecimento global ligeiramente maior (2%), em comparação com o sistema padrão, devido ao aumento das necessidades de aquecimento. No entanto, quando se analisa o sistema combinado com o permutador de calor, o GWP foi reduzido em 3%, comparado ao sistema convencional. Ambos os sistemas alternativos apresentaram redução nos potenciais de eutrofização (em até 8%) e de acidificação (até 10%), revelando nesse ponto, vantagem ambiental. Apesar disso, o sistema de criação convencional mostrou ter menor uso de energia primária (8%), devido à melhor eficiência no uso da energia além de apresentar, também, maior produtividade de carne e ovos.

Em geral, o estudo desmitifica algumas considerações difundidas por produtores, ao longo tempo, ao apontar que as diferenças entre os sistemas alternativos e os convencionais não são significativamente relevantes, do ponto de vista ambiental, embora o bem estar animal seja mais favorecido nos primeiros.

Por fim, a pesquisa holandesa conduzida por Mollenhorst *et al.* (2006), utilizou o sistema de produção de ovos como objeto de estudo para a quantificação de Indicadores de Sustentabilidade – IS, conciliando, assim, a necessidade de estudo do desempenho ambiental do setor com a viabilidade da aplicação de ferramentas complementares a gestão ambiental.

O objetivo foi selecionar IS para questões econômicas, ecológicas e sociais, e analisar o desempenho destes, escolhidos a partir de quatro sistemas de produção de ovos mais comuns no país: o sistema de gaiola, de cama sobreposta (com presença ao ar livre ou não), e

a criação aviária totalmente ao ar livre. O estudo selecionou indicadores para o bem-estar animal, a economia, o impacto ambiental, ergonomia e qualidade do produto. Através destes, foi possível demonstrar que a quantificação de indicadores de sustentabilidade é um método adequado para identificar os pontos fortes e fracos dos diferentes sistemas, revelando, nesse caso, que o sistema de criação ao ar livre é uma alternativa com melhor desempenho em questões como bem-estar animal, mas desvantajoso quanto aos aspectos ambientais, principalmente, frente ao sistema de criação em gaiolas.

Ao longo da análise dos trabalhos apresentados é possível notar que a grande maioria destes são resultados de pesquisas produzidos fora do Brasil. Assim, evidencia-se, mais claramente, a carência de estudos de ACV aplicados à produção de ovos no cenário nacional, o que ratifica o presente projeto.

3.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE OVOS

As atividades agropecuárias, de maneira geral, possuem forte interação com o meio ambiente, seja como fonte de matéria prima ou através da influência de fatores e condições naturais na produção: condições meteorológicas, qualidade do solo, da água, dentro outros. Inclui-se nessa realidade, portanto, o setor avícola, seja para a avicultura de corte, quanto para a de postura.

Através dos estudos discutidos no item anterior é possível perceber que alguns aspectos são recorrentes na produção de ovos. Os trabalhos relatados, apesar de variarem quanto à análise proposta, convergiram para resultados bastante similares quanto aos pontos críticos do setor. Os impactos ambientais atribuídos à produção de ovos são originados, principalmente, em dois momentos do ciclo de vida da atividade: durante o cultivo e processamento de grãos para alimentação animal e a partir dos resíduos sólidos gerados nas granjas produtoras. Ambos contribuem fortemente para emissão de GEE, além de promoverem ou agravarem processos de contaminação ambiental, como a acidificação de solos e a eutrofização de corpos hídricos.

Segundo Xin *et al.* (2011), as instalações avícolas podem ser uma fonte emissora de gases de efeito estufa, embora a contribuição deste setor seja menor, comparada a de todos os ruminantes. Dentre os setores de produção animal, a produção avícola (carne e ovos) é a única que possui emissões de CH₄ relativamente baixas (Figura 3). No entanto, o CO₂ advindo do uso de combustíveis fósseis representa um fluxo significativo de gases de efeito estufa, assim como o N₂O a partir do solo (CEDERBERG *et al.*, 2013).

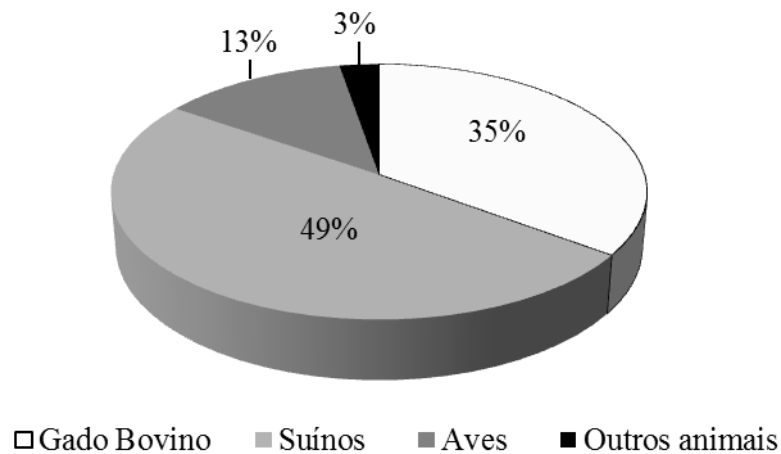


Figura 3 - Estimativa de emissões de metano, por manejo de dejetos, proveniente da pecuária brasileira (ano 2005).

Fonte: MCT, 2010a.

Há, ainda, outros aspectos adversos da produção que podem ser elencados, embora ocorram em menor escala de magnitude e importância, sendo eles: a emissão de odores, produção de material particulado em suspensão atmosférica, a liberação de dióxido sulfuroso, óxido nítrico e cinzas oriundas da incineração de carcaças de aves mortas e a emissão de resíduos químicos, advindos dos antibióticos ministrados às aves (OVIDO-RONDÓN, 2008). Tais aspectos, no entanto, não devem ser menosprezados, pois, considerando o conjunto das diversas atividades agroindustriais desenvolvidas no país, os seus efeitos podem ser somados a efeitos menores de outras atividades, tornando-se assim, mais relevantes.

Visando melhor caracterizar as duas etapas onde se originam os principais impactos ambientais do setor de ovos, estas serão mais detalhadamente abordadas a seguir.

3.4.1 CULTIVO E PROCESSAMENTO DAS MATÉRIAS PRIMAS

Os impactos advindos da produção de grãos para alimentação animal são de grande relevância para a avicultura, embora não sejam diretamente percebidos no setor, por ocorrerem fora dos limites das instalações produtivas. Entre estes impactos, a emissão de GEE tem maior destaque.

A alimentação das aves de postura é baseada em rações produzidas por diferentes proporções de milho e soja, duas culturas largamente cultivadas no Brasil. Na maioria das vezes, as regiões produtoras dos grãos e o centro consumidor destes não são geograficamente próximos, o que implica na necessidade de transporte da matéria prima a longas distâncias. No Brasil, a distribuição desses grãos ocorre, majoritariamente, através do transporte por

rodovias, em grandes caminhões, implicando em um significativo consumo de combustíveis fósseis, que por sua vez, associam elevados níveis de emissões atmosféricas.

Além das emissões associadas ao transporte da matéria prima, há, ainda, nas etapas de plantio, crescimento e colheita dos grãos, as emissões dos gases oriunda das atividades de desmatamento/substituição da cobertura do vegetal, das técnicas de manejo e uso do solo e da utilização de fertilizantes no cultivo. Assim, as etapas de produção no campo, somadas ao transporte dos grãos aos centros consumidores, totalizam a carga ambiental dessa fase do ciclo de vida da atividade avícola.

Tais aspectos são confirmados nos diversos trabalhos aqui citados, a exemplo do estudo realizado por Weidemann (2011), na Austrália, que revelou que a produção da ração é responsável por 55% do total de emissões de GEE na cadeia produtiva do ovo. O estudo estimou, ainda, que são emitidos 0,29 kg CO₂-e/kg de ração (incluindo os transportes e a energia utilizada para moagem) para galinhas poedeiras, o que, individualmente, pode parecer um valor desprezível, mas levando em consideração a quantidade de ração consumida anualmente por milhões de aves distribuídas em milhares de granjas produtoras, este valor, certamente, atingirá patamares significativos. Ainda de acordo com o estudo, os principais contribuintes para o total de emissões no cultivo e processamento da matéria prima para alimentação foram o uso de combustível e a fabricação e utilização de fertilizantes, respondendo juntos por 68% das emissões totais de GEE.

Corroborando, ainda, para tais constatações, o estudo conduzido nos Estados Unidos (PELLETIER *et al.*, 2013), que, ao analisar a pegada de carbono na produção de ovos na região centro-oeste do país, novamente apontou a produção de alimentos para fabricação da ração e seu respectivo uso nas instalações como maior responsável pelas emissões de GEE na cadeia produtiva do ovo.

Os resultados aqui reunidos indicam uma forte relação entre os aspectos produtivos das matérias primas para a ração das aves e os impactos ambientais do setor produtivo de ovos. Tais impactos não podem ser diretamente observados no setor, uma vez que estes ocorrem antes da atividade de postura e fora dos seus limites de instalação. Ainda assim, estes não podem deixar de ser contabilizados na carga ambiental da atividade, pois são consequências da grande demanda de grãos do setor. Uma análise ampliada, integral e sistêmica da produção pode ser capaz de apontar e dimensionar tal relação. Esta é uma proposta que a metodologia de ACV naturalmente abarca.

A relação entre consumo de grãos e emissão de GEE, no setor avícola, pode sugerir a necessidade de trabalhos complementares, como por exemplo, a o desenvolvimento de

estudos voltados a otimização da conversão alimentar das poedeiras. Conversão alimentar é um índice fornecido pela relação entre o consumo de alimento e o ganho de peso do animal (EMPRABA, 1998). O melhoramento desse índice tornaria mais eficiente o aproveitamento dos níveis de ração ingeridos pelas aves, ao passo que minimizaria os patamares de consumo de grãos. O elevado nível de consumo de ração pelas aves na postura, além de responsável pelo aumento das emissões de GEE durante o cultivo, transporte e processamento dos grãos, responde por mais de 60% dos custos totais da produção (GIROTTI, 2008) e contribui para os altos índices de geração de resíduos sólidos na atividade, ocorrendo, nesse ponto, uma correlação entre os dois momentos mais relevantes para o impacto ambiental do setor de ovos.

A utilização da ACV pode ser um diferencial positivo na visualização de impactos como este. Uma vez que as etapas produtivas do setor são detalhadas e analisadas em função dos tipos e quantidades de entradas e saídas, é possível visualizar o fluxo de energia, matérias primas e rejeitos antes, durante e após a realização dos processos produtivos, o que permite determinar onde e como os possíveis impactos ambientais são originados.

No caso da alimentação animal, por exemplo, sabe-se que não é a ingestão dos grãos pelas aves o mecanismo responsável pela relevante emissão de gases de efeito estufa no setor, mas sim, os diversos procedimentos envolvidos desde o plantio, cultivo, processamento e transportes dessa matéria prima até a efetiva utilização dos grãos nos setores de postura. Dessa forma, uma metodologia de análise circunscrita ao local de produção e às variáveis ali presentes, certamente subestimaria a geração de GEE atribuído à atividade.

Por conta de tais riscos de supressão ou subestimação de relevantes cargas ambientais das atividades agrícolas, provocados pelas limitações dos métodos de análise usuais, é que se ressalta a importância da difusão de metodologias mais abrangentes de avaliação ambiental, como a ACV.

3.4.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O setor avícola gera um grande volume de resíduos sólidos, compostos por aves mortas, ovos quebrados, embalagens e, principalmente, excretas animais. Estas últimas possuem concentrações significativas de fósforo e nitrogênio, conforme demonstrado por Oviedo-Rondón (2008). A geração diária de esterco de galinhas, no Brasil, varia de 0,12 a 0,18 kg/animal (EMBRAPA, 1993; MORENG & AVENS, 1990). No país, a excreta de aves é responsável por 55,3% das emissões totais de N₂O (MCT, 2010b) e 12,7% das emissões de CH₄ (MCT, 2010a), a partir de dejetos. O volume de estrume gerado pelas aves contribui não apenas para liberação de GEE, mas também para os processos de eutrofização e acidificação

(CEDERBERG *et al.*, 2013). A Tabela 1 apresenta os principais atributos físico-químicos na composição do esterco de aves poedeiras.

Tabela 1 – Atributos físico-químicos do esterco de ave poedeira (base seca).

Parâmetro	Valor
pH	8,78
Condutividade elétrica	7,33 mS/cm
Umidade (65°C)	64,4%
Umidade (105 °C)	67,5%
Carbono orgânico	29,3%
S total	0,3%
K ₂ O total	2,0%
Mg total	1,6%
Ca total	6,5%
P ₂ O ₅ total	3,5%
N total	6,9%
N mineral	0,6%
Densidade	0,85 kg/dm ³
Relação C:N	20:3

Fonte: Adaptado de Figueroa *et al.* (2009).

A amônia e os nitratos são as duas formas químicas de nitrogênio mais comuns nos resíduos avícolas, oriundas da decomposição do ácido úrico presente nas excretas das aves (OVIEDO-RONDON, 2008). A amônia é um gás incolor, alcalino e irritante em condições normais de temperatura e pressão, bastante solúvel em água em baixos valores de pH (CETESB, 2013).

As fezes das aves contêm ácido úrico que pode ser rapidamente convertido em amônia na presença de determinados microrganismos (XIN *et al.*, 2011). Na avicultura, a emissão do gás amônia pode influenciar negativamente tanto o ambiente criatório como as comunidades urbanas próximas a eles (MEDEIROS *et al.*, 2008). A depender do nível de concentração, a presença de amônia nos aviários pode ocasionar desde perda de peso dos animais até doenças respiratórias, prejudicando tanto a saúde das aves como a de seres humanos, acarretando sintomas agudos e crônicos como tosse, irritação nos olhos, fadiga, entre outros (DONHAM, 2002).

A qualidade dos ovos pode ser afetada de maneira adversa pelos elevados níveis de amônia atmosférica, o que é determinado através da redução do teor de albumina, da elevação do pH do albúmen e da liquefação do albúmen (COTTERILL & NORDSOG, 1954 *apud* XIN *et al.*, 2011).

Os compostos de nitrogênio são nutrientes essenciais para processos biológicos. Mas em excesso, quando descarregados em corpos d' água e, juntamente com o fósforo, favorecem o enriquecimento orgânico do meio, induzindo o processo de eutrofização (CETESB, 2013). A eutrofização caracteriza-se pelo crescimento intenso de organismos, como bactérias e algas, que utilizam nutrientes orgânicos, disponíveis no meio hídrico. Este processo diminui a disponibilidade de oxigênio para os demais organismos aquáticos. Assim, além da mortandade de espécies, consequências à qualidade da água e ao abastecimento público são resultantes dos processos de eutrofização. Em excesso, quando depositados diretamente no solo, o nitrogênio e o fósforo podem ocasionar a diminuição do pH local, estabelecendo o processo de acidificação, prejudicial ao desenvolvimento adequado dos mais variados cultivos.

Os resíduos dos aviários podem ser tanto um poluente como um recurso a ser utilizado, sendo o tipo de manejo desses dejetos fundamental para definir a respectiva condição final. Nas granjas de produção de ovos comerciais, em virtude dos diferentes sistemas de criação/produção animal que podem existir, há uma variedade de práticas de manejo do esterco, podendo originar, assim, diferentes magnitudes de impacto ambiental (XIN *et al.*, 2011). O manejo desses dejetos merece destaque, atualmente, como uma preocupação a mais aos produtores do setor, envolvendo qualidade, comércio e interferindo nos custos de investimento e retorno, que são fatores importantes na produção lucrativa de aves (AUGUSTO, 2007).

É prática comum nas propriedades rurais, a utilização direta dos dejetos das aves, no solo, para fertilização. No entanto, para o uso como fertilizante, o dejetos deve sofrer um processo de fermentação microbiológica, provocando a decomposição da matéria orgânica de forma aeróbia ou anaeróbia. A compostagem e a biodigestão anaeróbia são exemplos de cada uma dessas formas de decomposição controlada (AUGUSTO, 2007), que poderiam ser utilizadas previamente. Na maioria dos casos, o reaproveitamento do excreto animal para fertilização é feito de maneira direta, sem estabilização, o que favorece, ou agrava, a contaminação do próprio solo e, de maneira indireta, dos recursos hídricos.

Quando depositados diretamente no solo, estes resíduos, por sua composição, podem ocasionar a diminuição do pH local, estabelecendo o processo de acidificação, prejudicial ao

desenvolvimento adequado dos mais variados cultivos, efeito oposto ao pretendido com a prática do reaproveitamento da excreta produzida nos aviários. Nos corpos d'água, quando descarregados em excesso - seja por lançamento direto, escoamento superficial ou percolação - os resíduos avícolas favorecem o enriquecimento orgânico do meio, induzindo o processo de eutrofização, que leva a deterioração da qualidade hídrica e perda da biodiversidade local. Por tal, a determinação e a gestão eficiente das fontes geradoras de nitrogênio devem ser consideradas. Os resíduos avícolas contribuem, ainda, para emissão de gases de efeito estufa, conforme citado anteriormente.

Contudo, ocorre quanto a esses aspectos ambientais da atividade avícola, o mesmo entrave discutido para os impactos associados à produção de grãos: a gestão produtiva, pontual e defasada, dificulta ao produtor visualizar e compreender o desenvolvimento de processos de acidificação de solos e eutrofização de corpos hídricos de maneira a relacioná-los com a produção dos ovos. Colabora para tal situação, a falta, ou baixa utilização, de métodos de análise que prezem por identificar com precisão a relação de causa e efeito dos impactos oriundos da atividade.

Para mitigar os efeitos advindos do alto volume de resíduos sólidos gerados na atividade, não basta somente decidir sobre o manejo final destes, mas principalmente, compreender os fatores que contribuem para a geração (conversão alimentar das aves, teor nutricional da dieta, etc.) e os efeitos adversos que podem ocorrer aos compartimentos ambientais atingidos, de maneira direta e indireta. A contribuição da Avaliação de Ciclo de Vida nesse ponto pode ser expressiva, uma vez que esta é uma metodologia que avalia de maneira quantitativa os impactos ambientais associados a cada aspecto da atividade, permitindo a compreensão destes, bem como a sua extensão.

Assim, a ACV proporciona a avaliação ambiental de maneira eficiente e mais ágil se comparada, por exemplo, às técnicas de avaliação/determinação *in loco*, dependentes exclusivamente da relação presença do impacto x consequência ao meio, para apontar resultados significativos de perturbação ambiental, o que, a depender das circunstâncias, pode levar anos, como é o caso dos efeitos de acidificação de solos e eutrofização de corpos d'água.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa pode ser classificada segundo a sua natureza como aplicada e quanto à abordagem do problema como qualitativa e quantitativa. Ainda, de acordo com os objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, parcialmente descritiva e explicativa (GIL, 2005).

Para realização deste estudo foram adotados a pesquisa bibliográfica, a pesquisa exploratória (coleta de dados) e o estudo de caso. A aplicação da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida ao caso em estudo baseou-se nas disposições contidas na ISO 14040:2006.

4.1 OBJETO DE ESTUDO

O estudo de caso, aqui apresentado, foi desenvolvido numa granja comercial de produção de ovos, no interior do estado da Bahia, que atua no setor há 14 anos, empregando, no total, 13 funcionários. As instalações abrigam cerca de 50 mil aves com produção diária de, aproximadamente, 48 mil ovos.

Para a caracterização da atividade, foram feitos acompanhamentos *in loco*, entre fevereiro de 2013 e dezembro de 2014. A primeira visita ocorreu antes da chegada do lote de aves acompanhado, para conhecimento prévio das instalações e da atividade. Em seguida as etapas de cria, recria e postura foram devidamente acompanhadas com o levantamento de dados pertinentes à produção, além de entrevistas com o proprietário e o gerente do local para a obtenção dos parâmetros necessários para elaboração do inventário.

Para referenciar os dados coletados com a unidade funcional adotada (1 kg de ovos), foi necessário estabelecer o fluxo de referência do estudo - quantitativo associado somente à produção de 1 kg de ovos. Esta estimativa foi realizada em três passos. O primeiro consistiu na divisão dos dados coletados – referentes à produção do lote inteiro – pelo número de aves e pelo período de abrangência da atividade, obtendo-se, para cada parâmetro, a demanda diária por ave. Em seguida, foi necessário estimar a produtividade dos animais, em kg de ovos por ave. Essa informação foi calculada através da correlação entre os dados de produção média de ovos por ave e do peso médio dos ovos, disponíveis no manual do produtor, para a raça Hisex White. Assim, foi obtido o fator conversão de 21,01 aves/kg de ovo, sendo este o fluxo de

referência. Por fim, multiplicou-se, para cada insumo, a demanda diária por ave pelo fluxo de referência, obtendo-se, assim, os dados ajustados ao inventário para produção da unidade funcional adotada.

Na propriedade, de 15 hectares, a produção ocorre sob o sistema convencional de criação em gaiolas, sendo desenvolvidas todas as quatro etapas necessárias: cria, recria, postura e a classificação e acondicionamento dos ovos para comercialização (Figura 4).

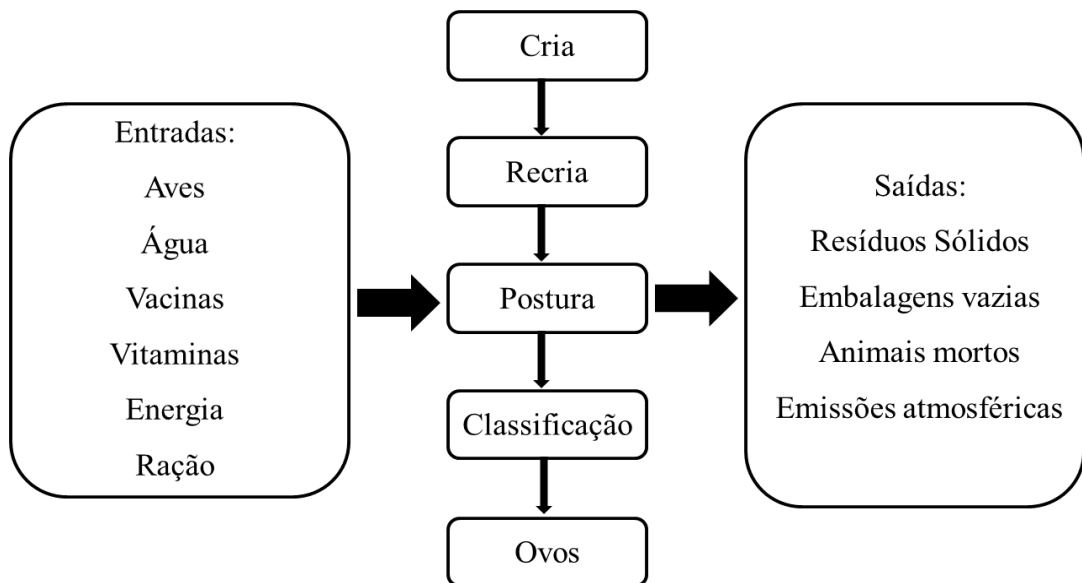


Figura 4 – Fluxograma do sistema de postura em estudo.

As instalações da granja contavam com dois galpões de cria, dois galpões de recria, quatro galpões de postura, um galpão para mistura e processamento das rações das aves, além das instalações administrativas. Cada galpão, independente da etapa, tinha capacidade para abrigar até 12500 aves por vez. Os galpões de cria e recria foram utilizados alternadamente, ou seja, enquanto um abrigava um lote de aves, o outro ficava vazio para limpeza e desinfecção. Os galpões de postura, por sua vez, operaram simultaneamente, exceto no período de entrada de um novo lote, da recria para postura, quando o galpão a ser utilizado para receber as frangas era previamente esvaziado, limpo e desinfetado, e as aves que o ocupavam anteriormente eram descartadas da produção.

O lote de pintainhas acompanhado nesse estudo (12300 aves), raça Hisex White, teve sua chegada às instalações da granja em abril de 2013. A pintainha foi acomodada no galpão de cria, previamente limpo e desinfetado, onde permaneceu até o 35° dia de vida. A partir de então, as aves foram transferidas para o galpão de recria, onde permaneceram até o 120° dia, quando, então, são consideradas aptas para a postura. Ao final do período de recria, as aves

foram transferidas para um dos galpões de produção, onde permaneceram por 14 meses. Encerrado o período considerado para postura, as aves foram retiradas da produção e descartadas (doação ou abate nas comunidades vizinhas à granja). Os ovos produzidos eram coletados três vezes ao dia, manualmente, e levados para sala de classificação, onde eram separados por tamanho, embalados e destinados à comercialização. Por conta da demanda da região, não houve estoque da produção, uma vez que já embalados, os ovos eram brevemente levados aos centros de consumo, num pequeno caminhão da propriedade.

A água utilizada no local é aduzida de um córrego próximo à propriedade. A energia utilizada provém de duas fontes distintas: Gás Liquefeito de Petróleo – GLP – em botijões, para o aquecimento das aves na etapa de cria e energia hidroelétrica, da concessionária local, para os demais usos (iluminação, escritório, fábrica de ração, etc.). Os demais insumos (grãos, desinfetantes, vitaminas, medicamentos, pintainha) são adquiridos de fornecedores específicos e transportados, via rodovia, até o local a produção. A fabricação de ração ocorre conforme a demanda produtiva, respeitando as proporções de milho, soja e calcário adequadas para as diferentes idades das aves nos diferentes galpões (Tabela 2). Os resíduos sólidos gerados na propriedade constituem-se, principalmente, de excreta das aves. Estas não são submetidas a nenhum tratamento ou processo de estabilização e são coletadas ao final do ciclo de postura e reaproveitadas como fertilizante agrícola. Sobre as emissões atmosféricas, não são adotados nenhum método de controle ou recuperação dos gases gerados a partir da decomposição das excretas.

Tabela 2 – Formulação das rações das aves (1000 kg), por etapa produtiva.

Etapa	Composição			
	Milho	Soja	Núcleo	Calcário
Cria	593	367	40	-
Recria	637	323	40	-
Postura	646	240	40	74

4.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

O trabalho aplicou os princípios da ACV, com foco principal na análise e discussão do inventário de ciclo de vida, não abrangendo, assim, a terceira fase da metodologia: a avaliação de impactos ambientais.

Para o processamento e correlação dos dados do inventário foi utilizado o *software* SIMAPRO®, versão 8.0.1.

4.2.1 Objetivo e Escopo

Conforme a ISO 14040, o objetivo do estudo foi identificar os principais aspectos ambientais do processo produtivo de ovos de galinha, no sistema de produção convencional (gaiolas).

- Função: produzir ovos brancos de galinha da raça Hisex White;
- Unidade Funcional: 1 quilograma de ovos brancos de galinha;
- Fronteira do sistema: a delimitação geográfica da propriedade, considerando os recursos extraídos para a atividade até a obtenção do produto final no local – do berço ao portão;
- Requisitos de qualidade dos dados: No presente estudo, os dados foram preferencialmente coletados no local do estudo de caso. Dessa forma, foram determinados os valores para consumo de água, ração, energia, medicamentos, suplementos vitamínicos e resíduos sólidos gerados. Cada dado foi coletado somente uma vez, ao final de cada etapa (cria, recria, postura) e considerados os valores médios de cada insumo da produção de ovos, para elaboração do inventário.

As informações que não puderam ser obtidas através da coleta direta foram adquiridas a partir de bases de dados científicos e literatura especializada, a serem citadas ao longo do trabalho, procurando adequá-las de acordo com as especificidades do local de estudo.

A figura 5 apresenta o escopo do estudo e a fronteira do sistema.

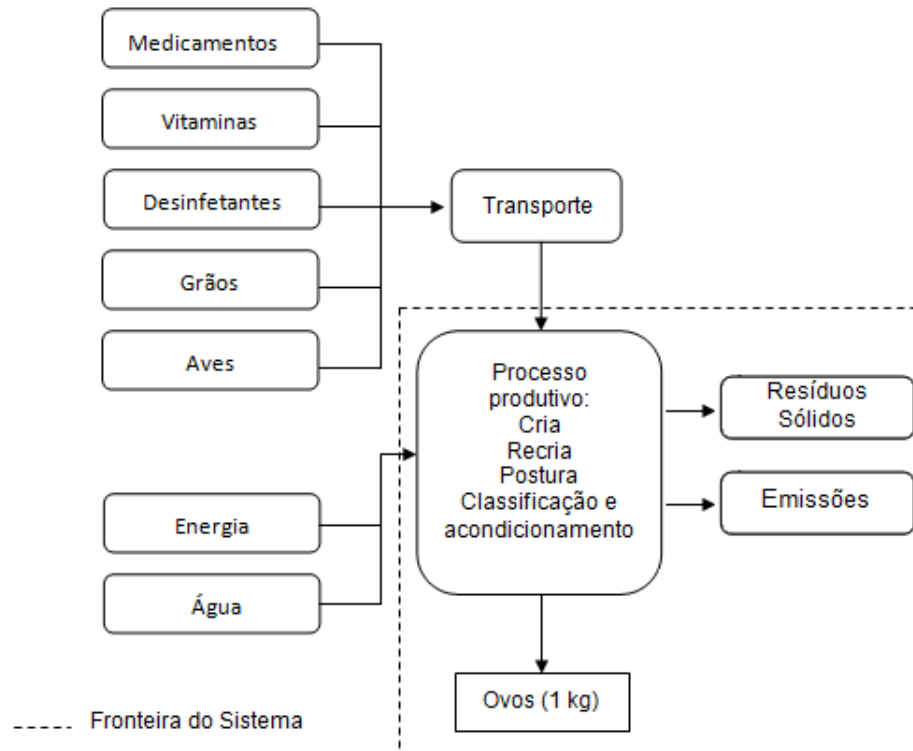


Figura 5 – Fluxograma simplificado do sistema produtivo

- SUBSISTEMAS

O escopo do estudo, conforme apresenta a Figura 5, é formado por um conjunto de subsistemas, onde, em cada um, há fluxos de matéria e energia. Por tal, estes subsistemas foram modelados separadamente, utilizando os processos descritos na Tabela 3, todos a partir das bases de dados Ecoinvent e ELCD, do *software* Simapro®, versão 8.0.1. Os processos foram escolhidos seguindo o critério de serem os mais próximos possíveis à realidade do estudo.

Os subsistemas vitaminas e medicamentos, embora estejam determinados no inventário, não foram modelados no *software*, por apresentarem contribuição muito pequena (Apêndice 1) e não possuírem processos adequados para representá-los.

Tabela 3 – Descrição dos processos utilizados para modelagem dos subsistemas no software Simapro®, versão 8.0.1.

Subsistema	Processo	Tipo	Categoria	Projeto
Transporte – aves	Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER S	Transporte	Road	Ecoinvent system processes
Transporte – grãos	Transport, lorry >28t, fleet average/CH S	Transporte	Road	Ecoinvent system processes
Transporte – demais insumos	Transport, van <3.5t/CH S	Transporte	Road	Ecoinvent system processes
Energia	Electricity, medium voltage, production BR, at grid/BR S	Energia	Electricity country mix\Medium Voltage	Ecoinvent system processes
	Liquefied petroleum gas, at service station/CH S	Material	Fuels\Oil\Propane/butane	Ecoinvent system processes
Água	Water, river	Matéria prima	-	-
Grãos	Horn meal, at regional storehouse/CH S	Material	Chemicals\Fertilisers (organic)	Ecoinvent system processes
	Corn, at farm/US S	Material	Agricultural\Plant production	Ecoinvent system processes
	Soybeans, at farm/BR S	Material	Agricultural\Plant production	Ecoinvent system processes
	Limestone, milled, packed, at plant/CH S	Material	Minerals	Ecoinvent system processes
Edificações	Occupation, construction site	Matéria prima	-	-
	Pine wood, timber, production mix, at saw mill, 40% water content DE S	Material	Wood\Products	ELCD
	Brick, at plant/RER S	Material	Construction\Bricks	Ecoinvent system processes
	Fibre cement corrugated slab, at plant/CH S	Material	Construction\Coverings	Ecoinvent system processes
Desinfetantes	Lubricating oil, at plant/RER S	Material	Chemicals\Others	Ecoinvent system processes
	Cetrimonium chloride	Emissão para o solo	-	-

Transporte

Para o Transporte, são necessárias três subdivisões: o transporte dos grãos, o transporte das aves com um dia de vida e o transporte dos demais insumos (medicamentos, vitaminas, desinfetantes). Os cálculos para a distância dos trechos, nos três transportes considerados, foram feitos a partir das informações obtidas junto ao proprietário.

Energia

Na propriedade, são utilizadas duas fontes de energia: energia elétrica, proveniente da concessionária de energia local, utilizada nas instalações administrativas e iluminação geral dos galpões; e GLP, utilizado para a manutenção da temperatura ideal das aves, durante a etapa de cria. Para quantificação do consumo, foram utilizados os valores obtidos junto ao proprietário.

Água

Para a modelagem do processo, foram utilizados os dados de quantificação de consumo, obtidos no local de estudo.

Cultivo dos grãos

Para a modelagem deste subsistema, foram consideradas, separadamente, as três etapas do crescimento da ave (cria, recria e postura), uma vez que cada etapa utiliza uma proporção diferente dos grãos (milho e soja). Para quantificação, foi considerado o consumo no período, obtido no local de estudo.

Edificações

Para a modelagem deste subsistema no software Simapro®, é necessária a entrada dos dados de área ocupada pelo tempo médio das edificações, considerados nesse estudo como 30 anos. Para o consumo das matérias primas necessárias para construção da infraestrutura, foram utilizados os dados de área construído do local.

Produção de desinfetante

Para modelagem desse subsistema foram utilizadas as quantidades consumidas durante o período considerado no estudo, de amônia quaternária e óleo lubrificante.

Emissões a partir dos dejetos

As emissões atmosféricas calculadas nessa etapa incluem somente aquelas provenientes dos dejetos gerados, bem como do respectivo manejo. As demais emissões, associadas a outras etapas da produção estão contabilizadas na modelagem dos respectivos subsistemas.

Dessa forma, para a estimativa das emissões atmosféricas geradas dentro da fronteira do sistema, foi utilizada a metodologia proposta pelo IPCC (2006), do Relatório sobre Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, Volume 4 - Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo, Capítulo 10 - Emissões provenientes da pecuária e manejo de resíduos. Foram adotadas as equações referentes ao *Tier 1*, recomendado quando não há detalhamento/especificidade suficiente dos parâmetros necessários para o cálculo (fatores de emissão, taxa de excreção de nutrientes, dentro outros) e são utilizados, portanto, os valores padrão propostos pelo IPCC. Para tal, foram consideradas as emissões de metano (CH₄), bem como as emissões diretas e indiretas de óxido nitroso (N₂O), provenientes dos dejetos e do respectivo manejo. Em todos os cálculos, as estimativas incluem a porção líquida e sólida dos dejetos (urina e esterco), uma vez que estes são excretados juntos.

Emissões de CH₄ provenientes do manejo de dejetos

O cálculo das emissões de CH₄ provenientes do manejo dos dejetos, para avicultura, é realizado a partir da Equação 1.

$$CH_{4Dejetos} = \sum_T \frac{(FE_T \times N_{(T)})}{10^6} \quad (1)$$

Onde:

CH_{4Dejetos}: emissões de CH₄ provenientes da gestão de dejetos, para uma população definida (Gg CH₄/ano);

FE_(T): fator de emissão para a população de animais definida (kg CH₄/cabeça*ano); determinado pela Tabela 4;

N_(T): o número de cabeças de espécies animais/categoria T;

T: espécie/categoria

Tabela 4 - Fator de emissão de CH₄ por temperatura, para ovelhas, cabras, camelos, cavalos, mulas, asnos e aves (kg CH₄/cabeça*ano).

Criação	Fator de emissão de CH ₄ por temperatura média anual		
	Frio (<15°C)	Temperado (15 a 25°C)	Quente (>25°C)
Aves			
Países desenvolvidos			
Poedeiras (seco)	0,03	0,03	0,03
Poedeiras (úmido)	1,2	1,4	1,4
Frango	0,02	0,02	0,02
Peru	0,09	0,09	0,09
Patos	0,02	0,03	0,03
Países em desenvolvimento	0,01	0,02	0,02

Fonte: Adaptado de IPCC (2006, cap. 10, p. 40).

Emissões de N₂O provenientes de manejo de dejetos

As emissões de N₂O podem ocorrer de maneira direta e/ou indireta. Assim, é necessário o uso de duas equações para obtenção das emissões totais de N₂O.

Emissões diretas de N₂O

As emissões diretas de N₂O ocorrem via nitrificação e desnitrificação combinadas com o nitrogênio contido nos dejetos. Dessa forma, a estimativa das emissões é realizada a partir da equação 2:

$$N_2O_D = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times FE_{3(S)} \right] \times \frac{44}{28} \quad (2)$$

Onde:

N₂O_D: emissões diretas de N₂O (kg a⁻¹);

S: sistema de gerenciamento de dejetos;

T: categoria animal;

N_(T): número de cabeças da categoria animal T;

Nex_(T): média anual da excreção de N por cabeça de categoria animal T (kg N/animal*ano), apresentado na Tabela 5;

MS_(T,S): fração de nitrogênio total excretado anualmente para cada categoria animal T, do sistema de manejo de dejetos S, determinado pela Tabela 6;

FE_{3(S)}: fator de emissão para as emissões diretas de N₂O do sistema de manejo de dejetos S, (kg N₂O-N/kg N), determinado pela Tabela 7;

44/28: conversão das emissões de N₂O-N para emissões de N₂O.

Tabela 5 - Média anual da excreção de N por cabeça de categoria animal T(kg N/animal*ano)

Categoria Animal	N_{ex}
Galinhas, poedeiras e galos >/= 0,25 ano	0,6

Fonte: Adaptado de MCT (2010b, p. 26).

Tabela 6 - Fração de nitrogênio total excretado anualmente para categoria animal de poedeiras, no estado da Bahia, ano base 2006, em diferentes sistemas de manejo de dejetos

Sistema de Manejo de Dejetos	MS (%)
Lagoa Anaeróbia	0,04
Armazenamento sólido	46,11
Pastagem	2,43
Estocagem <30 dias	50,02
Biodigestor	0,00
Outros	1,40

Fonte: Adaptado de MCT (2010b, p. 71).

Tabela 7 - Fator de emissão para as emissões diretas de N₂O do sistema de manejo de dejetos S, (kg N₂O-N/kg N)

Sistema	Fator de emissão (FE₃)
Dejeto de Galinha, sem cama.	0,001

Fonte: Adaptado de IPCC (2006, cap. 10, p. 63).

Emissões indiretas de N₂O

As emissões indiretas de N₂O, provenientes do manejo dos dejetos, ocorrem em função do N volatilizado em formas de NH₃ (amônia) e NO_x (óxidos de nitrogênio). Para o cálculo das emissões indiretas, é necessário, primeiramente, o cálculo da perda de Nitrogênio, oriunda da volatilização de amônia e óxidos. Tal estimativa é obtida a partir da equação 3.

$$N_{\text{volatilização-MMS}} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)} \right) \times \left(\frac{Frac_{\text{GasMS}}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right] \quad (3)$$

Onde:

N_{volatilização-MMS}: quantidade de N perdido, a partir do manejo do dejetos, devido à volatilização da NH₃ e NO_x (kg N/ano);

S: sistema de manejo de dejetos;

T: categoria animal;

$N_{(T)}$: número de cabeças da categoria animal T;

$N_{ex(T)}$: média anual de excreção de N por cabeça da categoria animal T (kg N/animal*ano), determinado na Tabela 5;

$MS_{(T,S)}$: fração de nitrogênio total excretado anualmente para cada categoria animal T, manejada no sistema de tratamento de dejetos S, apresentado na Tabela 6;

$Frac_{gasMS}$: percentual de Nitrogênio gerenciado para T categoria de animais que volatiliza como NH_3 e NO_x no sistema de manejo de dejetos S, (%), determinado na Tabela 8;

Tabela 8- Valor do $Frac_{GasMS}$ de acordo com sistema de manejo de dejetos

Sistema de gerenciamento de dejetos	Perda de N, a partir do sistema de manejo dos dejetos, devido à volatilização de N- NH_3 e N- NO_x (%)
	$Frac_{GasMS}$ (Faixa de $Frac_{GasMS}$)
Dejetos de ave, sem cama	55% (40 – 70)
Lagoa anaeróbica	40% (25 – 75)
Dejetos de ave, com cama	40% (10 – 60)

Fonte: Adaptado de IPCC (2006, cap. 10, pg. 65).

Por fim, obtida a estimativa de N volatilizado, é possível calcular as emissões indiretas totais de N_2O , a partir da equação 4:

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{volatilização-MMS} \times FE_4) \times 44/28 \quad (4)$$

Onde:

$N_2O_{G(mm)}$: emissões indiretas de N_2O devido à volatilização de N, a partir do manejo dos dejetos, em kg N_2O /ano.

FE_4 : fator de emissão para emissões de N_2O a partir da deposição atmosférica nos solos e em águas superficiais, kg N_2O-N (kg NH_3-N+NO_x-N volatilizado)⁻¹, definido na tabela 9.

Tabela 9 – Fator de emissão padrão para emissões indiretas de N_2O , a partir do solo.

Fator	Valor Padrão
FE_4 (Volatilização e re-deposição de N), kg N_2O-N (kg NH_3-N+NO_x-N volatilizado) ⁻¹	0,01

Fonte: Adaptado de IPCC (2006, cap. 11, pg. 26).

Conversão das estimativas de GEE em CO₂ equivalente.

A fim de melhor visualizar a contribuição das emissões existentes e possibilitar a comparação dos resultados, os valores estimados foram padronizados, utilizando a conversão em quilogramas de CO₂ equivalente. Para tal, foram adotados os valores de Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potentials - GWP) dos gases CH₄ e N₂O, em relação ao CO₂, fornecidos pelo IPCC (2013), apresentados na tabela 10. Dessa forma, os valores obtidos através das equações acima descritas, foram multiplicados pelo GWP correspondente a cada gás, obtendo-se, assim, os valores em kg de CO₂.

Tabela 10 – Potencial de aquecimento global (GWP) de gases de efeito estufa, em CO₂ equivalente.

Nome químico	Fórmula	GWP (100 anos)
Metano	CH ₄	28
Oxido Nitroso	N ₂ O	265

Fonte: Adaptado de IPCC (2013, cap. 8, pg. 1101).

4.2.2 Inventário de Ciclo de Vida

A elaboração do inventário de ciclo de vida apresenta os dados coletados relacionados à unidade funcional do estudo. O inventário incluiu a quantificação de todos os insumos determinados no setor, apresentados por etapa produtiva (cria, recria e postura) e em totalidade. Os dados inventariados abrangeram o período total de atividade do lote acompanhado (18 meses). As informações foram obtidas *in loco*, através de entrevistas com o gerente e o proprietário, além do acompanhamento das atividades.

4.2.3 Interpretação dos Resultados

A interpretação dos resultados do estudo realizou-se através da análise das informações do inventário. A partir destes, foram traçadas as conclusões do estudo, bem como as recomendações pertinentes ao setor estudado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DOS DEJETOS

A tabela 11 apresenta os coeficientes utilizados e os resultados obtidos para estimativa das emissões, relacionadas à unidade funcional do estudo e ao lote acompanhado, em totalidade. A tabela 12 apresenta as estimativas dos GEE, expressas por kg de CO₂ equivalente, em valores absolutos e em contribuições percentuais.

Tabela 11 – Coeficientes e Estimativas das Emissões de Gases de Efeito Estufa, a partir dos dejetos.

Estimativa	Total – lote	1 kg de ovos	Unidades
N _(T)	11845,17	21,01	Animais
FE	0,02	-	kg CH ₄ /cabeça*ano
CH ₄ Dejetos	236,903	0,00115	kg CH ₄
N _{eX(T)}	0,6	-	kg N/animal*ano
MS	46,11	-	%
FE ₃	0,001	-	kg N ₂ O-N/kg N
N ₂ O _D	5,15	2,5025E-05	kg N ₂ O
N _{volatilização-MMS}	1802,396	0,0088	kg N
Frac _{gasMS}	55	-	%
FE ₄	0,01	-	kg N ₂ O-N
N ₂ O _{G(mm)}	28,323	0,00014	kg N ₂ O

Tabela 12 – Estimativas das Emissões de Gases de Efeito Estufa, a partir dos dejetos, em kg CO₂ equivalente.

Emissões	Total - lote	1 kg ovos	%
CH ₄ (dejetos)	6633,293	0,032	43
N ₂ O (dejetos) Direto	1364,671	0,007	9
N ₂ O (dejetos) Indireto	7505,692	0,036	48
Total	15503,656	0,075	100

A partir da análise dos valores acima apresentados, observa-se que as emissões de N₂O (direta e indireta), a partir dos dejetos, são responsáveis pela maior parte do montante total. O valor total de emissões a partir dos dejetos foi de 0,075kg CO₂eq/kg de ovos. Os trabalhos publicados por Leinonen *et al.* (2012) e Pelletier *et al.* (2013) obtiveram, para o mesmo parâmetro, os respectivos valores de 0,11 kg CO₂eq/kg de ovos 0,34 kg CO₂eq/kg de ovos. A diferença entre tais índices pode ser atribuída ao volume total de resíduos sólidos

considerados nestes trabalhos, que foi superior ao obtido no presente estudo, conforme discutido no 6.2.4. Como o nível dessas emissões está diretamente relacionado ao montante de resíduos produzidos, os trabalhos citados obtiveram, portanto, índices de emissões maiores.

Dentre as emissões de N_2O , observa-se que as emissões indiretas respondem por quase 84% deste total. Conforme apontado pelos inventários nacionais de gases de efeito estufa, a excreta de aves responde por mais da metade do teor de N_2O emitido no país e a categoria de galinhas poedeiras responde por 1,71 Gg desse montante, equivalente a 13,22% (MCT, 2010b).

As emissões indiretas de N_2O possuem forte relação com a volatilização do nitrogênio, a partir dos dejetos, o que pode ser agravado ou amenizado a partir do manejo que estes recebem. No caso em estudo, os dejetos das aves são depositados livremente, durante todo o período de postura, entre o solo e o piso dos galpões do aviário, formando pilhas extensas. Dessa forma, esse material pode sofrer diversas intempéries naturais, sob a ação do vento, calor ou umidade, por exemplo, favorecendo as condições para evaporação dos gases e sua dispersão no local. Esta é uma prática usual nas granjas de postura no país.

Ressalta-se, também, o potencial de aquecimento global deste gás (Tabela 10), que é 265 vezes maior que o do CO_2 , de acordo com as estimativas atuais. Dessa forma, é notável a atenção que este ponto merece na atividade avícola, tanto pela questão ambiental (poluição atmosférica, mudanças climáticas, etc.) quanto pelo viés econômico, uma vez que o N_2O pode ser recuperado e aproveitado.

Soma-se a esta discussão, a parcela de nitrogênio perdido, sob formas diversas de óxidos de nitrogênio e amônia. Sabe-se que a amônia responde pela maior parte dessa volatilização e que este fato, além de ser um inconveniente na produção e diminuir o poder fertilizante dos dejetos, constitui, ainda, uma fonte direta de poluição atmosférica e indiretamente, de solos e águas superficiais.

Em função desse perfil, diversos métodos de controle/recuperação do nitrogênio e amônia perdidos, a partir dos dejetos, são relatados na literatura, para o setor avícola (CHOI & MOORE, 2008). As técnicas vão desde manipulação dietética, a ventilação adequada dos aviários, a gestão cuidadosa do resíduo, o uso de filtros para remoção de poeira e odor, a utilização de ozônio para diminuir os odores e patógenos, até o uso de enzimas alimentares e pró-bióticos para diminuir a excreção de N pelas aves (BURLEY *et al.*, 2013; ROTZ, 2004; PATTERSON & ADRIZAL, 2005, ULLMAN, 2005). No que diz respeito à digestibilidade de ração pelas aves, diretamente responsável pelo nível de excreta e, indiretamente, pelas

respectivas emissões, alguns métodos, detalhadamente descritos na literatura, incluem, principalmente, a redução dos teores de proteína crua fornecidos e a suplementação de aminoácidos e enzimas, capazes de reduzir a excreção de nitrogênio e fósforo das fezes. (VERSTEGEN & JONGBLOED, 2003; COELHO & KORNEGAY, 1996; MAGUIRE *et al.*, 2005). Há recomendações, ainda, que a alimentação por fases mais fragmentadas, com dietas que atinjam de maneira mais precisa as exigências nutricionais das aves, pode reduzir a excreção de N e P entre 10 e 30% (MAGUIRE *et al.*, 2005).

No entanto, um dos processos de manejo de dejetos mais utilizados é a compostagem, por ser um método relativamente simples, de boa eficiência e custo reduzido.

A compostagem adequada dos resíduos sólidos na produção de ovos mostra-se como uma solução eficiente para estabilização desse material, conforme relatado por Webster *et al.* (2006), uma vez que proporciona uma melhor retenção do nitrogênio, reduzindo, assim, a volatilização de amônia e demais compostos nitrogenados. Nesse contexto, a compostagem também torna seguro e viável o aproveitamento dos dejetos como fertilizante agrícola, que já estabilizados, minimizam o risco de acidificação do solo e a eutrofização de águas superficiais. O aproveitamento agrícola dos dejetos auxilia, ainda, a destinação final dos resíduos sólidos gerados, um relevante passivo da produção, conforme discutido na análise do inventário, posteriormente.

Além da compostagem, uma medida de atenuação sobre as emissões de compostos de nitrogênio na avicultura, também relatada na literatura recente é a utilização de barreiras naturais com árvores nativas de cada região. Estudos demonstram que barreiras de árvores situadas na frente dos galpões ou dos exaustores das granjas podem capturar poeira e amônia, diminuindo entre 40 e 50% o impacto ambiental desse gás (MALONE *et al.*, 2006; PATTERSON *et al.*, 2008; PATTERSON & ADRIZAL, 2005). A introdução dessas barreiras verdes nas instalações das granjas pode ser benéfica, ainda, para o conforto térmico e visual do local, sem prejuízos à atividade, uma vez que esta já se localiza em zona rurais, onde é natural a existência de áreas verdes.

Outro aspecto relacionado ao teor das emissões dos dejetos das aves é a possibilidade de aproveitamento energético desse material. Ainda que a emissão de CH₄ a partir da excreta de aves seja significativamente menor, em comparação a do gado e outros ruminantes, esta não é, por isso, considerada desprezível, pois representa um passivo ambiental. O CH₄ possui potencial de aquecimento global 28 vezes mais elevado que o CO₂ (IPCC, 2013), gás de efeito estufa mais emitido, quantitativamente, em escala global. As emissões nacionais de CH₄, a partir dos dejetos de aves, passaram de 48 Gg em 1990, para 92 Gg em 2005, um aumento de

89% no período (MCT, 2010a). Tal fato, aliado ao relevante GWP do CH₄ corroboram para a necessidade de ação quanto ao controle/redução das emissões deste gás.

O CH₄ é um importante gás combustível, portanto, o reaproveitamento energético do mesmo pode ser utilizado, tanto no meio urbano (a partir dos resíduos sólidos urbanos), quanto no meio rural (a partir resíduos agropecuários). Um processo consagrado para o aproveitamento energético de dejetos animais é através do uso de biodigestores anaeróbicos. Na biodigestão anaeróbia, a matéria orgânica é degradada, em condições anaeróbias e na ausência de luz, até a forma de CH₄ e CO₂, gerando o biogás, que pode ser coletado e usado como fonte de energia em substituição aos combustíveis fósseis (AUGUSTO, 2007). Os dejetos de aves apresentam bom rendimento para biodigestão: cada quilograma de esterco seco de galinha gera 0,43 m³ (COLATTO & LANGER, 2011) ou, ainda, 0,055 kg de biogás, com concentração de 60% de CH₄ (CENBIO, 2011).

O processo de biodigestão gera ainda, secundariamente, o biofertilizante – composto residual do material degradado anaerobicamente – que, assim como na compostagem, pode ser aproveitado na agricultura. Diversos trabalhos já relataram a exequibilidade deste processo para os resíduos avícolas (CAETANO, 1991; LUCAS JR & SANTOS, 1998 e 2004; AUGUSTO 2007; FERREIRA, 2010). O aproveitamento desses dejetos, através da biodigestão, além de atenuar o impacto ambiental das emissões atmosféricas e destinação dos resíduos sólidos gerados no setor, pode contribuir, ainda, para a redução dos custos na produção de ovos, uma vez que o biogás gerado pode ser utilizado como complemento energético ao GLP, para o aquecimento das aves na etapa de cria (SANTOS & LUCAS JUNIOR, 2004). Estima-se que o metro cúbico desse biogás (concentração de metano a 60%) tenha equivalência energética de 0,454L de GLP (BARRERA, 2011).

Entende-se que por ser uma metodologia integrada a Gestão Ambiental, a ACV, bem como as recomendações dela oriundas, devam estar alinhadas, primeiramente, a prevenção da poluição. No entanto, para o caso das emissões de GEE a partir dos dejetos gerados no setor de ovos, as técnicas de prevenção/redução na fonte seguem por caminhos mais complexos, concentrados na área de nutrição e melhoramento animal (melhoria da conversão alimentar das aves, manipulação dietética, uso de enzimas específicas, etc.), citados anteriormente. Tais técnicas demandam, além de conhecimentos específicos e pesquisas mais avançadas, ações em setores externos, fisicamente, as granjas produtoras, ao contrário dos processos de estabilização dos resíduos ou de implantação de barreiras verdes, que ocorrem no próprio espaço das instalações, com execução e logística de complexidade mais reduzida. Por tal,

estes últimos estão mais próximos do alcance do produtor rural, sendo, portanto, mais condizentes com as recomendações para um SGA a ser desenvolvido no local.

Em vista disso, com relação aos dejetos, tanto a compostagem, quanto a biodigestão, são opções de manejo que podem ser aplicadas ao local de estudo, uma vez que a composição e volume de resíduos gerados, além das condições climáticas locais, favorecem os requisitos de operação destes processos.

O material fertilizante, oriundo de ambos os processos, pode ser absorvido na própria região geográfica da granja, onde há inúmeras fazendas de diversas produções agrícolas, o que também favorece a aplicação das técnicas mencionadas, logisticamente. O processo de estabilização prévia desses resíduos só iria fortalecer, com segurança ambiental, um hábito bastante difundido no país, onde o aproveitamento dos dejetos de aves como fertilizante chega a 80% (MCT, 2010a). Por fim, a adoção de barreiras verdes nos arredores dos galpões de postura pode ser uma medida coexistente ao manejo dos dejetos, visando maior eficiência na gestão das emissões.

5.2 ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

O inventário obtido para a produção de 1 kg de ovos brancos de galinha é apresentado na tabela 13. A tabela 14 apresenta a comparação de alguns parâmetros obtidos neste estudo com outros trabalhos pertinentes. Os estudos descritos foram selecionados por apresentar o mesmo sistema produtivo analisado (convencional – em gaiolas) e unidade funcional similar a adota no presente estudo. Os parâmetros selecionados representam aqueles que foram comuns à maioria dos trabalhos.

Tabela 13 – Inventário para produção de 1 kg de ovos branco de galinha (raça HiSex White) sob o sistema de criação convencional.

Insumos	Unidade	Total
Aves	Unidade	21,01
Água	L	36,9478
Ração	kg	3,5470
Edificações	m ² .ano	4,45E-09
Telhas – fibra de cimento	kg	0,00913
Madeira	kg	0,1950
Vacinas	L	0,0004
Vitaminas	kg	0,0005
Energia	kW/h	20,6
Amônia quaternária	L	7,39944E-05
Transporte – aves	tkm	31,250
Transporte – grãos	tkm	14,310
Transporte demais insumos	tkm	0,630
Saída	Unidade	Total
Resíduos sólidos	kg	0,6230
Aves mortas	Unidade	0,0180
Efluentes líquidos	L	0,7850
Emissões totais – GEE		
-CH ₄	kg	0,0227
-N ₂ O	kg	0,0033
-N _{volatilizado}	kg	0,0133
-CO ₂	kg	13,8054

Tabela 14 – Comparação dos resultados, entre estudos similares.

Autores	País do estudo	Unidade Funcional	GEE (kg CO₂-e / kg ovos)	Contribuição Principal para o total GEE	Análise de Contribuição para o total de GEE	Uso de Energia (MJ/kg ovos)	Principal contribuição para o uso de energia
Presente estudo	Brasil	1 kg ovos	15,3	Transporte das aves = 49%	N ₂ O = 6% CO ₂ = 90% CH ₄ = 4%	74,16	Produção da ração= 92%
Mollenhorst et al. (2006)	Holanda	1 kg ovos	3,9	Produção da ração = 78-82%.	Não apresentado.	0,0013 – 0,0014	77-84% Produção da ração
Williams et al. (2006)	Reino Unido	20,000 ovos (1 t). Valores ajustados para 1 kg ovos	5,25	NA	N ₂ O = 52% CO ₂ = 44% CH ₄ = 4%	13,6	NA
Cederberg et al. (2009)	Suécia	1 kg ovos	1,4	Produção da ração = 85%	N ₂ O = 56% CO ₂ = 39% CH ₄ = 4%	NA	NA
Sonesson et al. (2008)	Suécia	1 kg ovos	1,6 – 1,8	Produção da ração = aprox. 66-72%	N ₂ O = 45% CO ₂ = 50% CH ₄ = 5%	17,3-18,7	Produção da ração aprox.. 47-56%
Verge et al. (2009)	Canadá	1 dúzia ovos (700g). Valores ajustados para 1 kg ovos	2,47	Produção da ração	N ₂ O = 54% CO ₂ = 35% CH ₄ = 10%	NA	NA
Leinonen et al. (2012)	Reino Unido	1000 kg de ovos. Valores ajustados para 1 kg de ovos.	2,92	Produção de Ração + água	NA	16,88	Produção de Ração + água = 68%
Pelletier et al. (2013)	Estados Unidos	1000 kg de ovos. Valores ajustados para 1 kg de ovos.	5,02	Produção de Ração	NA	0,81 (consumo - instalações)	NA

A análise dos dados apresentados nas Tabelas 13 e 14 permite evidenciar os pontos mais significativos: consumo de água, ração, energia, geração de resíduos sólidos e de emissões atmosféricas. Em virtude da relevância, estes serão discutidos individualmente.

5.2.1 ÁGUA

De acordo com a modelagem do subsistema, o consumo de água está associado, principalmente, as etapas de produção e transporte dos grãos (14,896 L). A dessedentação animal responde por 8,55 L, as etapas associadas ao ciclo de vida do transporte das aves (10,962 L) e do transporte dos demais insumos (1,557 L) completam o quadro de contribuições principais para este insumo.

Observou-se, portanto, que a maior parte do consumo de água da atividade de postura, está relacionada a processos que ocorrem fora dos limites geográficos das granjas, concentrados, principalmente, nos centros produtores de milho e soja e no transporte de insumos da atividade. O uso da água nestas etapas não está somente atrelado ao setor avícola, mas à maioria das atividades agropecuárias do país, que, ou utilizam amplamente estes grãos, como insumo, ou têm os próprios como produto principal (visto o patamar da produção brasileira de grãos, por exemplo).

Quanto ao consumo interno da granja, este valor está principalmente relacionado à dessedentação animal e à diluição das vitaminas e remédios para as aves, não podendo, portanto, ser facilmente manipulado. Em estudos similares, Pelletier *et al.* (2013), nos Estados Unidos, e Leinonen *et al.* (2012), no Reino Unido, obtiveram, respectivamente, 4 L e 5,11 L de água por kg de ovos, considerando apenas o consumido nos celeiros produtivos. A comparação com o valor obtido neste estudo pode, assim, parecer elevada. No entanto, cabe ressaltar que os autores supracitados utilizaram valores médios, obtidos a partir de dados secundários, ao contrário do índice obtido no presente trabalho, coletado diretamente em uma unidade de produção. Somam-se, ainda, as condições climáticas tropicais brasileiras, em especial, a realidade baiana, por vezes de climas secos e de temperatura mais elevada, o que induz um consumo hídrico maior. O consumo médio de água por ave em início de postura (idade = 20 semanas), para o Brasil, é de 1,6 L/semana (VIOLA *et al.*, 2011), aumentando gradativamente com a idade, de acordo com o desenvolvimento das aves. O índice obtido neste estudo, para todo o período de postura (da 20^a a 80^a semana de vida das aves), é de 1,7 L/semana por ave, refletindo, portanto, a realidade nacional para este aspecto.

Ainda sobre o consumo hídrico local, boa parte da água ingerida pelas aves é utilizada para a formação dos ovos, uma vez que estes são compostos por 74% de água (MAZZUCO,

2008). Quanto aos mecanismos de controle de perdas, mesmo no processo de dessedentação das aves, estes já existem na local, através do uso de bebedouros. Portanto, a redução do consumo, dentro dos limites da propriedade, dificilmente poderá ser modificada, pois representa tanto um aspecto vital para os animais quanto um fator imprescindível para o rendimento produtivo.

Assim sendo, os resultados obtidos sugerem que as medidas de redução/controlado do uso da água devem se concentrar na cadeia produtiva da alimentação das aves. Esforços voltados para melhoria da eficiência hídrica no cultivo dos grãos, por exemplo, podem ser considerados como medidas apropriadas que, indiretamente, contribuirão para redução do volume hídrico total consumido na produção de ovos.

5.2.2 RAÇÃO

O índice de ração consumido refere-se, exclusivamente, à alimentação das aves, dentro da granja produtora. A etapa de postura apresenta o maior consumo (2,23 kg), seguida da etapa de recria (0,86 kg) e cria (0,45 kg). O índice obtido condiz com o resultado esperado, uma vez que a postura é a etapa mais longa (426 dias), além de ser a fase de efetiva produção, em que as aves convertem os insumos ingeridos (água e ração) em ovos. O resultado obtido, está coerente ainda, com os resultados apresentados por Leinonen *et al.* (2012) – 2,56 kg de ração/kg de ovo – e Pelletier *et al.* (2013) – 2,25 kg de ração/kg de ovo – considerando apenas a etapa de postura. O consumo médio nessa etapa, obtido no local de estudo, foi aproximadamente 106 g de ração/ave/dia, índice que está de acordo com o padrão recomendado para a linhagem de ave utilizada, para este período, que varia de 102 a 110 g de ração/ave/dia (INTERAVES, 2006).

O nível de consumo de ração, conforme discutido na fundamentação teórica, é corresponsável por, pelo menos, dois outros aspectos ambientais da atividade: os impactos advindos do cultivo dos grãos (emissões, elevado consumo de água e de energia, etc.) e o aumento da geração dos resíduos sólidos e suas respectivas emissões. No levantamento realizado, estimou-se que aproximadamente 20% da ração consumida é excretada pelas aves. Entende-se, portanto, que os principais pontos críticos, sob a ótica ambiental, da produção de ovos estão inter-relacionados, não podendo ser discutidos ou mitigados de maneira isolada.

Sobre o gerenciamento local deste aspecto, a alimentação dos comedouros das aves já é realizada de maneiras a evitar perdas, através da utilização de caçambas com bicos dosadores e regulagem para as diferentes alturas das gaiolas, conduzidas, manualmente, sobre trilhos, conforme ilustrado na Figura 6.



Figura 6 – Ilustração do sistema de alimentação dos comedouros das aves utilizados no local.

Fonte: www.artabas.com.br

Para manipulação do consumo de ração, no entanto, são necessários estudos específicos, fora da abrangência da ACV ou de um SGA, capazes estabelecer mudanças viáveis na composição dietética das aves ou na digestão alimentar destas – conforme discutido no item 5.1 - o que tornaria os níveis de consumo menores, sem comprometimento dos níveis de produção.

Sem inovações, nesse sentido, na área de nutrição animal, dificilmente os passivos ambientais decorrentes do consumo de grãos na atividade de postura poderão ser prevenidos ou minimizados. A redução do índice de fornecimento de rações é, também, um interesse das granjas produtoras, já que esse insumo responde por significativos custos da atividade, chegando a atingir 70% dos custos totais (EMBRAPA, 2007).

Diante de tal, como recomendação ao setor, visando à melhoria da gestão ambiental, são mais viáveis as ações voltadas ao impacto local do consumo de ração: a geração de resíduos sólidos. As sugestões para manejo destes resíduos estão descritas na discussão das estimativas das emissões a partir dos dejetos.

5.2.3 ENERGIA

A utilização de energia também está fortemente relacionada aos processos de cultivo, produção e transporte dos grãos, que respondem por 18,91 kWh do total. Esse consumo é advindo, principalmente, da produção da soja (8,61 kWh) e do milho (10,02 kWh) onde a demanda de energia é explicada principalmente pela etapa de secagem dos grãos. No Brasil, geralmente, tanto para a soja, quanto para o milho, os secadores de grãos usam lenha como

fonte energética. Este, além de outros usos menores (transporte, edificações, etc.), explicam o fato dessa fonte energética ser a de maior participação (18,76 kWh), dentre as demais, para o total associado ao setor.

Cabe ressaltar, ainda, que, embora a modelagem da soja tenha utilizado o padrão produtivo brasileiro, o processo disponível para a modelagem da produção de milho, que utiliza o padrão produtivo dos Estados Unidos, apresenta a biomassa como maior participação energética, o que pode justificar os resultados obtidos.

A utilização de energia elétrica, dentro dos limites da propriedade, contribuiu com 0,57 kWh, por kg de ovo produzido e inclui o uso de GLP para aquecimento da pintainha, na etapa de cria, o funcionamento da fábrica de ração, a iluminação dos galpões e demais eletroeletrônicos das instalações. Em comparação com o valor total, o consumo interno da granja pode ser considerado baixo e é explicado pela baixa necessidade de energia no local: a ventilação dos galpões é natural, as condições climáticas dispensam a necessidade de aquecimento das aves (exceto nos primeiros dias da etapa de cria) e a iluminação artificial – lâmpadas fluorescentes - somente é utilizada durante quatro horas por dia, para prolongar o período produtivo dos animais, o que é uma prática produtiva recomendada. O principal uso energético na propriedade está associado à fabricação da ração, já que os ingredientes são triturados e misturados na granja. O processamento da ração, no entanto, é feito de maneira a otimizar o uso de energia, pois cada fabricação produz, por vez, a capacidade máxima dos equipamentos, evitando que os mesmos sejam usados com frequência maior para produção de pequenas quantidades.

As etapas abrangidas pelo transporte das aves e dos insumos do centro produtor até a granja correspondem a 0,756 kW/h e 0,105 kW/h, respectivamente. Os processos envolvidos no subsistema edificações (construção das instalações, uso da terra, etc.) respondem por 0,591 kW/h.

Portanto, para o consumo de energia, a produção e o transporte dos grãos é, novamente, responsável pela alta demanda do parâmetro na atividade de postura. Esse resultado, condizente com demais trabalhos do setor (Tabela 14) revela a importância da avaliação do ciclo de vida para identificação dos aspectos ambientais ao longo dos processos produtivos.

O consumo de energia por quilograma de ovos do presente estudo foi maior quando comparado com outros trabalhos disponíveis na literatura (Tabela 14). Este fato pode ser explicado pelos grãos utilizados na composição alimentar das aves no Brasil, que difere dos demais países, o que leva a consumos diferentes, e ainda, pelas considerações deste estudo, que abrangem as três etapas de vida da ave (cria, recria e postura), enquanto os demais

trabalhos concentram-se nas etapas de postura, somente. Há de se considerar, também, as diferenças entre as modelagens dos demais estudos, que não são claramente descritas nos trabalhos e que podem ter sido conduzidos a partir de modelos diferentes, levando a resultados distintos. No entanto, em todos os estudos, a produção da ração foi a maior responsável pela demanda energética.

Assim, de acordo com a distribuição do uso energético, obtida neste estudo, observa-se que as ações para melhor uso desse recurso devem se concentrar na otimização das etapas de cultivo dos grãos, especialmente a secagem, e no melhoramento de eficiência, ou substituição, dos combustíveis utilizados. Para essa determinação, entanto, são necessários estudos adicionais, além da proposta deste trabalho.

5.2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS

O índice de resíduos sólidos gerados foi de aproximadamente 0,62 kg/kg de ovos, o que revela uma geração de resíduo superior a 60% do volume de ovos produzido. Essa contabilização envolve, exclusivamente, as excretas das aves, uma vez que a fração correspondente às embalagens e outros resíduos sólidos é desprezível na produção. Em análise similar, Pelletier *et al.* (2013) obteve, para o mesmo parâmetro, o valor de 1,1 kg de resíduos sólidos por kg de ovos, obtido através de uma média de dados secundários, para a produção americana no estado de Iowa.

Embora o resultado obtido neste estudo esteja relacionado à unidade funcional adotada, é válido salientar que as granjas de postura costumam abrigar um número expressivo de aves, produzindo, diariamente, toneladas de resíduos. Esses resíduos representam, portanto, um ponto crítico tanto pela composição e emissões associadas, conforme já discutido, quanto pelo volume gerado, o que limita a respectiva destinação final.

A geração de dejetos possui relação direta com a ingestão de grãos, portanto os aspectos ambientais advindos do cultivo dos grãos (consumo de água, energia e emissões) podem ser indiretamente atribuídos ao presente parâmetro. Assim, conforme discute Oviedo-Rondon (2008), a melhoria da eficiência de utilização dos grãos e a formulação de dietas mais precisas são os métodos mais efetivos para reduzir as perdas de nutrientes no ambiente. Algumas práticas de processamento da ração, como o tamanho adequado das partículas e a uniformidade da peletização podem, também, auxiliar a digestibilidade de nutrientes e reduzir a excreção. Alguns exemplos destes métodos estão relatados na discussão do item 5.1, uma vez que estes são aspectos inter-relacionados.

Dessa forma, ressalta-se, novamente, a importância da adequada gestão desse material, com a finalidade de aproveitar todos os nutrientes disponíveis, para que estes deixem de representar um passivo ambiental e passem a figurar como uma complementação energética e/ou econômica para atividade.

5.2.5 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS TOTAIS

A fim de melhor visualizar as emissões totais e as contribuições parciais dos subsistemas, estes dados estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Emissões totais e por subsistema para produção de 1 kg de ovos.

Subsistema	Emissão (kg)	CH₄	N₂O	N_{volatilizado}	CO₂
Resíduos Sólidos		0,00115	0,0002	0,0088	-
Transporte aves		0,01072	0,0005	0,00015	7,6546
Grãos (produção + transporte)		0,0090	0,0027	0,0044	5,1414
Transporte demais insumos		0,0012	2,09E-05	3,49E-05	0,9195
Demais processos		0,0006	2,63E-06	2,09E-06	0,0900
Total		0,0227	0,0033	0,0133	13,8054

Sobre as emissões atmosféricas totais, evidenciam-se os níveis de CO₂ associados fortemente as etapas de transporte dos grãos e das aves. Para as emissões de CH₄, a contribuição principal é atribuída ao transporte das aves e dos grãos. Para o índice de N₂O emitido, destaca-se a produção dos grãos, onde as emissões ocorrem, principalmente, durante o preparo e adubação do solo.

Com a visualização total das emissões atmosféricas, confirmam-se as proposições levantadas na fundamentação teórica, sobre o teor das emissões e a perda de N. Embora não seja uma questão interna da produção de ovos, o manejo da cadeia de produção e processamento dos grãos deve ser levado em consideração, para mitigação das emissões de GEE e para eficiência do uso de nitrogênio, visto que este é um dos mais importantes nutrientes de interesse agrícola. Os impactos a montante da produção e uso de fertilizantes nitrogenados são determinantes na intensidade da emissão de GEE a partir do cultivo dos grãos. Pesquisas voltadas a formulação de ração e seleção de estratégias de manejo de dejetos para a eficiência de uso de N são, portanto, ferramentas importantes para redução das emissões na cadeia produtiva de ovos.

Visando padronizar a contribuição das emissões, estas foram convertidas em quilogramas de CO₂ equivalente (Tabela 16).

Tabela 16 – Emissões totais de Gases de Efeito Estufa, para produção de 1 kg de ovos.

Emissão	kg CO₂ equivalente	%
CH ₄	0,6356	4
N ₂ O	0,8700	6
CO ₂	13,8054	90
Total	15,3160	100

Os estudos apresentados na Tabela 14 relatam níveis de emissões inferiores aos obtidos neste estudo. No entanto, o resultado aqui obtido foi, determinantemente, influenciado pelas emissões de CO₂ de origem fóssil, advindas das etapas de transporte, uma vez que o modal rodoviário é o principal meio de transporte utilizado no país (BRASIL, 2014). O transporte utilizado contribuiu não somente para o total das emissões, mas, também, para o consumo para o consumo energético total (itens 5.2.1 e 5.2.3).

Devem ser consideradas, também, as dimensões continentais do território brasileiro e a divisão da produção nas regiões do país, o que aumenta as distâncias percorridas para a circulação dos insumos entre fornecedores e consumidores, e conseqüentemente, elevam as emissões. No caso em estudo, o local de fornecimento da matéria prima utilizada para alimentação das aves dista quase 700 km das instalações da granja. A empresa fornecedora da pintainha, por sua vez, está localizada na região sul do país (1500 km). Nesses casos, a substituição por fornecedores de localização mais próxima não é uma alternativa simples, pois ambos estão localizados nos maiores centros produtores dos respectivos insumos e estes não são encontrados com preço, qualidade e quantidade necessária, fora destes centros. Por tais condições, a atividade avícola arca com a carga de emissões de CO₂ atreladas ao meio de transporte adotado. Resultados como o demonstrado neste trabalho reforçam o debate sobre a necessidade de investimento em transportes alternativos ao rodoviário, que sejam mais benéficos ao meio ambiente e economicamente mais competitivos.

Ainda sobre os dados apresentados na Tabela 14, observa-se que, em relação às emissões a partir do transporte, os países onde os estudos foram desenvolvidos, apresentam uma realidade bastante diversa da brasileira. Holanda, Reino Unido e Suécia são consideravelmente menores, em termos de área, comparados ao Brasil, o que reduz as distâncias envolvidas na circulação de insumos dentro destes países. Canadá e Estados Unidos, mesmo sendo países de extenso território, possuem uma matriz de transporte com

menor dependência do modal rodoviário e maior participação do modal ferroviário, por exemplo, o que reduz as emissões a partir dos veículos movidos a combustíveis fósseis.

A participação das emissões de N₂O correspondeu a segunda maior contribuição e o valor encontrado está coerente com os índices obtidos por Sonesson *et al.* (2008) e Cederberg *et al.* (2009) – 0,78 kg CO₂ eq/kg de ovos e 0,77 kg CO₂ eq/kg de ovos, respectivamente.

As emissões de CH₄ tiveram a menor contribuição dentre os GEE estimados. Este índice está em consonância com os obtidos por Williams *et al.* (2006), Sonesson *et al.* (2008) e Cederberg *et al.* (2009).

De forma geral, sobre as emissões atmosféricas totais observadas na atividade de postura, os resultados mostram que, mais uma vez, a cadeia produtiva dos grãos, o transporte dos insumos e os dejetos gerados são responsáveis pelos valores encontrados. Estes três aspectos, bem como as respectivas sugestões de melhoria, foram apropriadamente discutidos nos itens anteriores. O alinhamento das discussões anteriores com os resultados apontados no presente tópico endossa a relevância das etapas a montante da produção, para carga ambiental da atividade, visualizadas aqui, a partir da utilização dos princípios da ACV.

A Tabela 17 apresenta o resumo das discussões do inventário, elencando os pontos críticos apontados, a contribuição principal para cada um destes e as recomendações ao setor.

Tabela 17 – Resumo dos Resultados da Análise do Inventário de Ciclo de Vida

Pontos Críticos	Principal Contribuição	Recomendações gerais
Consumo de água	Cultivo dos grãos Consumo das aves	Medidas de redução/controle do uso da água na cadeia produtiva dos grãos (melhoria da eficiência hídrica no cultivo dos grãos).
Consumo de ração	Ingestão – aves (postura)	Manejo dietético das aves: melhoria da digestibilidade e conversão alimentar das aves, formulação dietética por fases mais fragmentadas. Manejo dos Resíduos Sólidos
Consumo de energia	Cultivo dos grãos	Otimização da eficiência energética nas etapas de cultivo e processamento dos grãos, em especial aos processos de secagem.
Geração de Resíduos Sólidos	Excreta das Aves	Manejo adequado dos resíduos (compostagem e/ou biodigestão) Manejo dietético das aves para melhor aproveitamento da ingestão, suplementação alimentar voltada à maior absorção do nitrogênio.
Emissões Atmosféricas	Transporte dos insumos Excreta das aves Cultivo dos grãos	Investimentos em infraestrutura alternativa de transporte Manejo dos Resíduos Barreiras verdes Manejo dietético das aves, suplementação alimentar voltada à maior absorção do nitrogênio. Melhoria das técnicas de preparo e adubação do solo e cultivo dos grãos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, o presente estudo indicou pontos críticos no setor, bem como alguns caminhos para gestão adequada destes, sustentando, portanto, o argumento da viabilidade do trabalho.

O estudo da produção de ovos, através dos princípios da ACV, colaborou, ainda, para uma visão holística dos processos envolvidos, através da apresentação do inventário da produção, permitindo um entendimento mais claro do uso de recursos naturais dentro da atividade. Apontamentos como estes não seriam possíveis através de outras metodologias de gestão ambiental.

A visualização integrada da cadeia de interações dos processos produtivos com os recursos naturais é um resultado direto da aplicação da ACV, um diferencial desta frente às demais metodologias de análise e gestão ambiental. Através dos seus resultados é possível determinar pontos críticos não circunscritos aos pátios produtivos, o que auxilia a tomada de decisão e a gestão acertada destes aspectos.

Quanto às discussões sobre aquecimento global, mudanças climáticas e a participação dos setores agropecuários neste cenário, o presente trabalho contribuiu, também, nesse sentido, ao estimar as emissões de GEE ao longo da abrangência do ciclo vida estudado. Através destas estimativas foi possível esboçar o potencial do setor para o manejo das fontes emissoras e, também, para um possível reaproveitamento dos gases emitidos.

Diante das discussões expostas nessa Análise de Inventário, observou-se que grande parte das recomendações cabíveis ao setor concentra-se em etapas do ciclo de vida que estão externas a delimitação geográfica das granjas produtoras de ovos. Este aspecto restringe a elaboração de SGA local, e as recomendações deste, foram, portanto, direcionadas aos aspectos possíveis de gestão *in loco* (gerenciamento de resíduos, controle de emissões a partir dos dejetos). Por outro lado, as recomendações gerais, que abrangeram também os aspectos a montante das instalações avícolas, foram determinadas a partir da análise dos subsistemas que mais contribuíram para o resultado obtido. Dessa forma, pode se dizer que há um campo viável para maiores estudos e pesquisas futuras voltadas, principalmente, para a otimização do cultivo de grãos e da logística de transporte adotada no país.

No entanto, mesmo com a contribuição apresentada, a execução deste estudo sofreu os efeitos de algumas limitações encontradas, principalmente, no que diz respeito à falta de dados ajustados a realidade estudada e à falta de clareza da metodologia dos demais trabalhos publicados. O primeiro aspecto influencia na fidedignidade das estimativas das emissões e da modelagem dos subsistemas, uma vez que mesmo utilizando os dados disponíveis mais próximos da situação de estudo, estes são, na maioria das vezes, valores médios, obtidos de fontes secundárias ou a partir de estatísticas de países diversos, o que, em maior ou menor grau, os distancia das especificidades de um estudo de caso. O segundo, dificulta a análise comparativa entre os demais estudos da área, uma vez que não é possível ter certeza sobre a metodologia utilizada para obtenção dos resultados expostos. Essa incerteza limita, ou relativiza bastante, a comparação entre autores. Por conta destas restrições, as análises dos dados do inventário foram discutidas buscando expor as particularidades de cada dado obtido no estudo frente às considerações existentes nos dados comparados.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, R. A. F. **Avaliação de Métodos de AICV: Um Estudo de Caso de Quatro Cenários de Ração para Frangos de Corte.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental– Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.158p.
- ARDUIN, R. H.; PACCA, S. P.O Estado da Arte da Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida no Setor Têxtil e de Vestuário. In: Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida, II. **Anais...** Florianópolis, SC, 2010.
- ASSOCIAÇÃO Baiana de Avicultura – ABA. Perfil Avícola na Bahia. Disponível em: <<http://www.avicultura-ba.com.br/perfil-agricola-na-bahia/>>. Acessado em abril de 2015.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas e Técnicas. NBR ISO 14001. **Sistema de gestão ambiental** – especificação e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- AUGUSTO, K.V.Z. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: Compostagem e Biodigestão Anaeróbia.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2007
- BAHIA, Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Planejamento estratégico para a agropecuária baiana: diretrizes gerais.** Salvador, 2010.
- BARBIERI, J.; CAJAZEIRA, J. **A Nova Norma ISO 14.001: Atendendo à Demanda das Partes Interessadas.** Escola de Administração do Estado de São Paulo. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2004.
- BARBOSA, F. J. V.; NASCIMENTO, M.P.S.B.; DINIZ, F. M.; NASCIMENTO, H.T.S; ARAÚJO, R.B. Sistema Alternativo de Criação de Galinhas Caipiras. **Embrapa Meio-Norte Sistemas de Produção, 4** ISSN 1678-8818, Teresina, 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/SistemaAlternativoCriacaoGalinhaCaipira/Alimentacao.htm>>. Acessado em dez. de 2014.
- BARBOSA JUNIOR, A. F. B.; MORAIS, R. M.; EMERENCIANO, S. V.; PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo Vida (ACV) no Brasil. **Revista Gerenciais**, v. 7, n. 1, p. 39-44. São Paulo, 2008.
- BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural.** São Paulo: Ícone, 3ª ed., 2011.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões de Metano por Fermentação Entérica e Manejo de Dejetos de Animais. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º**

Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCT, 2010a.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões de Óxido Nitroso de Solos Agrícolas e de Manejo de Dejetos. Relatórios de Referência: Agricultura.** 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCT, 2010b

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Sistema Agroindustrial.** Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/pdp/index.php/politica/setores/sistemaAgroindustrial/164>>. Acessado em: ago. de 2012.

BURLEY, H. K.; PATTERSON, P. H.; ELLIOT, M. A. Effect of a reduced crude protein, amino acid-balanced diet on hen performance, production costs, and ammonia emissions in a commercial laying hen flock. **Journal of Applied Poultry Research.** n° 22, p. 217–228, 2013.

CEDERBERG, C., SONESSON, U., HENRIKSSON, M., SUND, V., DAVIS, J. **Greenhouse gas emissions from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005.** SIK report 793. Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenberg, Sweden. 2009.

CENTRO Nacional de Referência em Biomassa - CENBIO. **Atlas de bioenergia do Brasil: Metodologias de cálculo da conversão energética das biomassas selecionadas.** Instituto de Eletrotécnica e Energia – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/download/metodologiabiomassa.pdf>>. Acessado em dez. de 2014.

CHOI, I. H.; MOORE JR, P. A. Effect of Various Litter Amendments on Ammonia Volatilization and Nitrogen Content of Poultry Litter. **Journal of Applied Poultry Research,** n°17, p. 454–462, 2008.

COELHO, M.B.; KORNEGAY, E.T. **Phytase in animal nutrition and waste management.** BASF Reference Manual. BASF Corporation, 1996.

COLATTO, L.; LANGER, M. Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. **Unoesc & Ciência – ACET,** v. 2, n°. 2, p. 119-128. Joaçaba, 2011

COLTRO, L. **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão.** CETEA/ITAL. Campinas, 2007.

COMPANHIA Tecnológica de Saneamento Ambiental – CETESB. **Contaminantes - Amônia.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_contaminantes_amonia.php>. Acessado em jul. de 2013.

COMPANHIA Tecnológica de Saneamento Ambiental – CETESB. **Séries de Nitrogênio.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/serie_de_nitrogenio.pdf>. Acessado em jul. de 2013.

CONFEDERAÇÃO da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA. **Balança comercial do agronegócio tem superávit de US\$ 79,4 bilhões em 2012.** Disponível em: <<http://agricultura.ruralbr.com.br/noticia/2013/01/balanca-comercial-do-agronegocio-tem-superavit-de-us-79-4-bilhoes-em-2012-4021368.html>>. Acessado em fev. de 2014.

DONHAM, K.J.; CUMRO, D.; REYNOLDS, S. Synergistic effects of dust and ammonia on the occupational health effects of poultry production workers. **Journal of Agromedicine** v.8, p.57-76, 2002.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. **Circular Técnica nº 55 - Alimentos e Alimentação de Galinhas Poedeiras em Sistemas Orgânicos de Produção.** Santa Catarina, 2010.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Principais estados produtores de mandioca no Brasil em 2009.** Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/Mandioca_Brasil_2009.pdf>. Acessado em: ago. de 2012.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Coleção 500 pergunta e 500 repostas – Suínos.** 2ª edição, 1998. Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br/500p500r/Pergunta.asp?CodigoProduto=00063300&CodigoCapitulo=7&CodigoTopico=21>>. Acessado em: nov. de 2013

EVANS, T. **Global Poultry Trends: World Egg Production Sets a Record Despite Slower Growth.** Disponível em: <<http://www.thepoultrysite.com/articles/2653/global-poultry-trends-world-egg-production-sets-a-record-despite-slower-growth>>. Acessado em setembro de 2013

FERREIRA, J. C. **Remoção de amônia gerada em granjas avícolas e sua utilização em células à combustível e uso como fertilizante.** Tese de Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais. Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares, São Paulo, 2010.

FIGUEROA, E.A.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; WIETHÖLTER, S. Efeito do esterco de ave poedeira no rendimento de grãos de trigo. I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante. **Anais...** Florianópolis - SC, 2009

FINKBEINER, M. Carbon footprinting - opportunities and threats. **International Journal of Life Cycle Assess**, v.14, p. 91–94, 2009

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GIROTTO, A. F. **Custo de Produção de Ovos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58240/1/doc127.pdf>. Acessado em: nov. de 2013

HUMANE Society International. **Adotando uma Política de Produção Livre de Gaiolas para Produtos de Origem Animal no Brasil: Um relatório da HSI.** 2013.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **IBGE Estados – Bahia: Pecuária 2011**. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ba&tema=pecuaria2011>>. Acessado em jul. de 2013.

INTERAVES. **Manual de Manejo – Hisex White**. 2006. Disponível em:

<<http://www2.globoaves.com.br/?id=8>>. Acessado em jul. de 2013.

INTERGOVERNMENTAL Panel on Climate Change – IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Vol. 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. 2006.

INTERGOVERNMENTAL Panel on Climate Change – IPCC. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. Chapter 7: Methodological Choice and Recalculation. 2013.

INTERNATIONAL Organization for Standardization - ISO 14040. **Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework**, 2006.

INTERNATIONAL Organization for Standardization - ISO 14044. **Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines**, 2006.

JACOVELLI, S. J.; FIGUEIREDO, P. J. M. Avaliação de ciclo de vida simplificada aplicada a evolução de tornos. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Ouro Preto, MG, 2003.

KULAY, L. A.; HANSEN, A. P.; SILVA, G. A. Inventário do ciclo de vida de porcelanato esmaltado obtido via rota úmida de processamento. In: Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida, II. **Anais...** Florianópolis, SC, 2010.

KULAY, L. A.; SEO, E. S. M. Orientações conceituais para elaboração de inventários de ciclo de vida. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, vol.5, nº.1, 2010. Disponível em:

<http://www.interfacehs.sp.senac.br/br/artigos.asp?ed=13&cod_artigo=233>. Acessado em jul. de 2012.

LEINONEN, I.; WILLIAMS, A.; WISEMAN, J.; GUY, J., KYRIAZAKIS, I. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: egg production systems. **Poultry Science**, nº 9, p. 26-40, 2012.

LEINONEN, I.; WILLIAMS, A. G. ; KYRIAZAKIS, I. The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. **Poultry Science**, nº93, p. 256–266, 2014.

LIMA, A. M. F. **Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil: inserção e perspectivas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2007

MAGUIRE, R.O.; DOU, Z.; SIMS, J.T.; BRAKE, J.; JOERN, B.C. Dietary strategies for reduced phosphorus excretion and improved water quality. **Journal of Environmental Quality** v.34, p.2093-2103, 2005.

- MALONE, G.; VAN WICKLEN, G.; COLLIER, S.; HANSEN, D. Efficacy of vegetative environmental buffers to capture emissions from tunnel ventilated poultry houses. In Workshop Agric. Air Qual. State of the Science, Potomac. **Anais...** Carolina do Norte, EUA, 2006.
- MAZZUCO, H. Ovo: alimento funcional, perfeito à saúde. **Revista Avicultura Industrial**, v. 99, nº. 1164, p. 12-16, São Paulo, 2008.
- MEDEIROS, R.; SANTOS, B. J. M.; FREITAS, M.; SILVA, O. A.; ALVES, F. F.; FERREIRA, E. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Revista Ciência Rural**, v.38, nº.8, p.2321-2326, Santa Maria, 2008.
- MENCH, J.A.; SUMNER, D.A.; ROSEN-MOLINA, J.T. Sustainability of egg production in the United States-The policy and market context. **Poultry Science**, nº 90, p. 229-240. 2011
- MOLLENHORST, H., BERENTSEN, P., DE BOER, I. On-farm quantification of sustainability indicators: An application to egg production systems. **British Poultry Science**, nº 47, p. 405-417, 2006.
- MORENG, R.E.; AVENS, J.S. **Ciência e produção de aves, aquecimento, criação, alojamento, equipamento e produção de aves**. São Paulo: Roca p. 143-178. 1990
- MUNIZ, V. C. F.; SILVA, G. A. Avaliação do Ciclo de Vida Consequencial – Visão Do Gp2. In: Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida, II. **Anais...** Florianópolis, SC, 2010.
- MUÑOZ, I. LCA in Green Chemistry: a new subject area and call for papers **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, p. 517–519, 2012.
- NIGRI, E. M. **Análise Comparativa do Ciclo de Vida de Produtos Alimentícios Industriais e Artesanais da Culinária Mineira**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Belo Horizonte, 2012.
- NIGRI, E. M.; FILHO, E.R.; ROCHA, S. D. F. Cimento tipo portland: uma aplicação da análise do ciclo de vida simplificada. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Salvador, BA, 2009
- OVIDO-RONDÓN, E.O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, suplemento especial, p. 239-252. Viçosa, 2008
- PASIAN, I.M.; GAMEIRO, A.H. A produção de ovos e o bem estar animal sobre o ponto de vista do consumidor. **Anais...** II Congresso Internacional de Bem-Estar Animal. Rio de Janeiro, 2007.
- PATTERSON, P. H., ADRIZAL. Management strategies to reduce air emissions: Emphasis—dust and ammonia. **Journal of Applied Poultry Research**, nº 14, p.638–650, 2005.

PATTERSON, P.H.; ADRIZAL; HULET, R.M.; BATES, R.M.; DESPOT, D.A.; WHEELER, E.F.; TOPPER, P.A. The Potential for Plants to Trap Emissions from Farms with Laying Hens. 1. Ammonia. **Journal of Applied Poultry Research** v.17, p.54-63, 2008.

PELLETIER, N.; IBARBURU, M.; XIN, H. A Carbon Footprint Analysis of Egg Production and Processing supply Chains in the Midwestern United States. **Journal of Cleaner Production**, n. 54, p. 108-114; 2013.

PELLETIER, N.; IBARBURU, M.; XIN, H. Comparison of the environmental footprint of the egg industry in the United States in 1960 and 2010. **Poultry Science**, n° 93, p. 241–245, 2014

ROTZ, C.A. Management to reduce nitrogen losses in animal production. **Journal Animal Science**, n° 82, p. 119–137, 2004.

SANTOS, L.M.M. **Avaliação ambiental de processos industriais**. 2ª ed. Signus Editora. São Paulo, 2006.

SANTOS, M. F. A. N.; BATTISTELLE, R. A. G.; MIYAZATO, T.; FREITAS, P. N. P. A Análise do Ciclo de Vida na avaliação de chapas produzidas a partir de resíduos da fabricação de celulose. In: XIV Simpósio de Engenharia de Produção. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, 2007.

SANTOS, T. M.; LUCAS JÚNIOR, J. Balanço Energético em Galpão de Frangos de corte. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 24, n° 1, p. 5-36, 2004.

SEO, E. S. M.; KULAY, L. A. Avaliação do Ciclo de Vida: Ferramenta Gerencial para Tomada de Decisão. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v.1, n.1, Art4. São Paulo, 2006.

STADLER, J. P.; CORRÊA, S. R. C.; PEGORARO, L. A.; UGAYA, C. M. L. Emissões atmosféricas da combustão do óleo diesel do transporte rodoviário de carga no Brasil para ACV. In: II Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida. **Anais...** Florianópolis, SC, 2010.

SILVA, C. A.; RODRIGUES, L. B.; ESTAREGUE, D.; FERRÃO, P. M. C.; FREITAS, M. Using Life Cycle Assessment to identify the environmental impacts of composite materials produced via RTM process. In: XVI Simpósio de Engenharia de Produção. **Anais...** Bauru, SP, 2009.

SILVA, O. C. Eco-products and the environmental impact generated by logistical chains. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Salvador, BA, 2009.

SILVA, V.P.; VAN DER WERF, H.M.G.; SOARES, S. R.; CORSON, M.S. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. **Journal of Environmental Management**, n° 133, p. 222-231, 2014.

UGAYA, C.M.; HENSCHER, L. J. Metodologia para identificação de aspectos ambientais significativos nos processos de refino de petróleo. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Florianópolis, SC, 2004.

ULLMAN, J. L. Remedial activities to reduce atmospheric pollutants from animal feeding operations. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*, nº 9, v. 7, 2005.

UNIÃO Brasileira de Avicultura - UBA. **Protocolo de Boas Práticas de Produção de Ovos**. 2008. Disponível em: <<http://www.uba.org.br>>. Acessado em julho de 2013.

UNIÃO Brasileira de Avicultura - UBA. **Relatório Anual**. 2013. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/publicacoes>>. Acessado em jul. de 2014.

VERGÉ, X., DYER, J., DESJARDINS, R., WORTH, D. Long-term trends in greenhouse gas emissions from the Canadian poultry industry. *Journal of Applied Poultry Research*, nº 18, p. 210- 222. 2009.

VERSTEGEN, M.W.A.; JONGBLOED, A.W. Crystalline amino acids and nitrogen emission. Pages: 449-458 in **Amino acids in animal nutrition**. J. P. F. D’Mello, ed. CAB International. London, UK., 2003.

VIOLA, E. S.; VIOLA T. H.; LIMA, G. J. M. M. DE; AVILA, V. S. DE. Água na avicultura: importância, qualidade e exigências. In: EMBRAPA, 2011. **Manejo Ambiental na Avicultura. Documentos 149**. p. 37-123. Concórdia, Embrapa, 2011.

WEBSTER, A. B.; THOMPSON, S. A.; HINKLE, N. C.; MERKA, W. C. In-House Composting of Layer Manure in a High-Rise, Tunnel-Ventilated Commercial Layer House During an Egg Production Cycle. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 15, p.447–456, 2006.

WIEDEMANN, S., MCGAHAN, E. **Environmental assessment of an egg production supply chain using life cycle assessment**. Australian Egg Corporation Limited, 2011.

WILLERS, C.D.; RODRIGUES, L.B. Um panorama sobre avaliação de ciclo de vida com base nos anais do simpósio de engenharia de produção. *Revista Gestão Industrial*. v. 08, nº. 01: p. 199-218. Paraná, 2012.

WILLERS, C.D.; RODRIGUES, L.B. A critical evaluation of Brazilian life cycle assessment studies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 19, p. 144-152, 2014.

WILLIAMS, A.; AUDSLEY, E.; SANDARS, D. **Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities**. DEFRA Research Project IS0205, Cranfield University, 2006. Disponível em: <www.silsoe.cranfield.ac.uk>. Acessado em junho de 2013.

XIN, H.; GATES, R. S.; GREEN, A. R.; MITLOEHNER, F. M.; MOORE JR., P. A.; WATHES, C. M. Environmental impacts and sustainability of egg production systems. *Poultry Science*, nº 90, p. 263–277, 2011.

APENDICE

Apêndice 1 – Inventário para produção de 1kg de ovos, obtido dentro da fronteira de estudo

Entrada	Unidade	Cria	Recria	Postura	Total
ÁGUA	L	1,59351	1,7506145	5,21017	8,5542872
RAÇÃO	kg	0,44863	0,8650095	2,23293	3,5465714
VACINAS	mL	0,14121	0,2644458	0,02201	0,0004277
GLP	kg	0,0255	-	-	0,0254961
ENERGIA ELÉTRICA	kw/h	-	-	-	0,2302297
AMÔNIA QUATERNÁRIA	L	4,9E-05	2,06E-05	4,4E-06	7,399E-05
OLEO QUEIMADO	L	0,00981	0,0041191	0,00087	0,0147989
VITAMINAS	kg	0,00034	2,06E-05	0,000183	0,0005473
AVES (TOTAL)	Unidade	12300	12186	11817	-
TRANSPORTE AVES	km	-	-	-	1500
TRANSPORTE GRÃOS	km	-	-	-	680
Saída	Unidade	Cria	Recria	Postura	Total
RESIDUOS SÓLIDOS	kg	0,11375	0,0720841	0,4368	0,6226373
AVES MORTAS	Unidade	0,00559	0,0075997	0,0046	0,0177844
EFLUENTES LÍQUIDOS	L	0,24515	0,1029773	0,4368	0,7849334
EMISSÕES					
*CH ₄ (dejetos)	kg	-	-	-	0,0011512
*N ₂ O (dejetos) Direto	kg	-	-	-	2,503E-05
*Nvolatilizado	kg	-	-	-	0,0087588
*N ₂ O(dejetos) Indireto	kg	-	-	-	0,0001376