

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

ECOEFIÊNCIA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

MICHEL DECIAN CARVALHO

DOURADOS/MS

MARÇO - 2018

MICHEL DECIAN CARVALHO

ECOEFIÊNCIA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, para obtenção do Título de Mestre em Agronegócios.

ORIENTADOR: PROF. DR. RODRIGO GAROFALLO GARCIA.

COORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO FAVARINI RUVIARO.

COORIENTADOR: PROF. DR. RÉGIO MARCIO TOESCA GIMENES.

DOURADOS/MS

MARÇO - 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C331e Carvalho, Michel Decian

Ecoeficiência em sistemas de produção de frangos de corte / Michel Decian
Carvalho -- Dourados: UFGD, 2018.

111f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Rodrigo Garofallo Garcia

Co-orientador: Clandio Favarini Ruviano

Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Faculdade de Administração,
Ciências Contábeis e Economia, Universidade Federal da Grande Dourados.
Inclui bibliografia

1. Avaliação do ciclo de vida. 2. Frangos de corte. 3. Valor econômico
agregado. 4. Frango orgânico. 5. Dark House. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



UFGRD

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado APRESENTADA POR MICHEL DECIAN CARVALHO, ALUNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "EM AGRONEGÓCIOS E DESENVOLVIMENTO".

Aos vinte e três dias do mês de março de dois mil e dezoito, às 08h00 horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada "Ecoeficiência em sistemas de produção de frangos de corte" apresentada pelo mestrando MICHEL DECIAN CARVALHO, do Programa de Pós-Graduação em AGRONEGÓCIOS, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia /UFGRD (presidente/orientador), Prof.^a Dr.^a Jaqueline Severino da Costa /UFGRD (membro titular) e Prof.^a Dr.^a Irenilza de Alencar Naas /UNICAMP (membro titular). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer ao candidato e aos integrantes da Banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após o candidato ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido o candidato considerado APROVADO, fazendo jus ao título de MESTRE EM AGRONEGÓCIOS. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados, 23 de março de 2018.

Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia _____

Prof.^a Dr.^a Jaqueline Severino da Costa _____

Prof.^a Dr.^a Irenilza de Alencar Naas _____

ATA HOMOLOGADA EM: ____/____/____, PELA PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA / UFGRD.

Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa
Assinatura e Carimbo

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

MICHEL DECIAN CARVALHO

ECOEFIÊNCIA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rodrigo Garofallo Garcia - UFGD.

COORIENTADOR: Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviaro - UFGD.

COORIENTADOR: Prof. Dr. Régio Marcio Toesca Gimenes - UFGD.

Prof^a. Dr^a. Jaqueline Severino da Costa - UFGD.

Prof^a. Dr^a. Irenilza de Alencar Naas - UNICAMP.

DOURADOS/MS

MARÇO - 2018

*À Dona Neli Maria Decian e ao Sr. Antonio de
Carvalho Santos, pela educação e pelo caráter
moldados dentro de casa.*

À Alice, minha sobrinha doce e carinhosa.

*Aos irmãos Bruna e Allan, e aos novos irmãos Luiz e
Alini.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao professor Clandio Favarini Ruviano por esses dois anos de mestrado. Obrigado professor pela oportunidade em participar de vosso grupo de pesquisa, pelas discussões que levavam as vezes horas a fio, pela partilha dos ensinamentos em ACV e por oportunizar o network com profissionais do meio.

Agradeço ao meu orientador professor Rodrigo Garofalo Garcia por oportunizar o projeto de pesquisa e por acreditar no eu acadêmico, mesmo vindo do mercado e sem nenhuma formação em pesquisa. Sou muito grato ao senhor por me escutar, pela direção para o melhor andamento dos trabalhos, pela atenção nas reuniões e pelo exemplo profissional e humano que tu és.

Ao professor Régio Marcio Toesca Gimenes, cuja coorientação não poderia ter sido melhor. Vosso intensivo em análise econômico-financeira me fez ver o objeto de pesquisa e o mundo dos negócios com um outro olhar, me sinto engrandecido como Administrador de Empresas em desenvolver esse trabalho com um profissional tão gabaritado como és, obrigado professor Régio.

Ao meu amigo e parceiro de pesquisa Everton Vogel. Não tenho palavras suficientes em meu comedido vocabulário para expressar minha gratidão ao destino em me proporcionar conhecer esse cara, apenas dizer que, não somente toda universidade deveria ter alguém como ele para energizar os grupos de pesquisa, mas como todas as pessoas deveriam ter um Everton como amigo, Danke man.

Obrigado a Nilsa Duarte, já amiga da família e agora parceira nos trabalhos, pela inserção em vosso grupo de pesquisa, pelos incentivos e pelas dicas no começo do mestrado e por oportunizar conhecer o professor Rodrigo, sou muito agradecido a você Nilsa pelo começo de tudo.

Um agradecimento especial aos pesquisadores Gerson Neudi Scheuermann e Jonas Irineu dos Santos Filho, da EMBRAPA Suínos e Aves de Concórdia/SC, quais compartilharam saber e dados importante para este trabalho.

Ao professor Luiz Cândido que lecionou a disciplina de Interdisciplinaridade. Tenha certeza professor que vossa fábula do elefante e a corrente me incentivou muito, com afeição e furor, para seguir em frente.

Aos amigos e pessoas que fazem o programa de pós-graduação em agronegócios da FACE/UFMG. Em especial aos colegas Gabi, a Anaysa, ao Abdala, ao Maycon, a Miriam, ao

Ricardo a Daiane, a Carla e ao Todescato, a Heloisa, ao Rafael e ao Ricardo da secretaria e, a todos os professores que fazem parte do programa.

No final e não por último, a Camila pela parceria, pelos incentivos e pela força providos nos momentos bons e nos mais difíceis. Obrigado por fazer parte da minha vida!

RESUMO

O consumo da carne de frango como fonte de proteína animal é crescente em todo mundo. Os sistemas de produção de confinamento em larga escala são responsáveis por atender essa demanda. Em função disso o consumo de insumos e as trocas ambientais que estes sistemas proporcionam se intensificam. A cadeia produtiva do frango de corte no Brasil é caracterizada em sua maioria por sistemas de integração entre produtores e agroindústrias, e estão inseridos em um mercado globalizado onde importam insumos e exportam boa parte da produção para mercados externos. Para avaliar o desempenho econômico e ambiental dos sistemas de produção responsáveis por representar essa oferta de alimentos, uma avaliação de ecoeficiência foi feita. A avaliação de ecoeficiência abordou dois métodos para quantificar os impactos ambientais e a valoração dos sistemas de produto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e o Valor Econômico Agregado (EVA). A abordagem foi do berço ao portão dos aviários, compreendendo as etapas de produção agrícola, fábrica de ração e engorda dos frangos. Quatro produtos em três sistemas diferentes foram avaliados, os frangos *Griller*, *Broiler* e pesados produzidos em aviários automatizados de pressão negativa *Dark House*, e os mesmos frangos produzidos em aviários de pressão positiva convencionais. Ainda para comparação, um sistema alternativo de pressão positiva foi utilizado representando a produção de frangos orgânicos que atende um determinado nicho de mercado e recebe atenção para estudos similares em outros países. A Unidade Funcional (UF) usada é de 1 kg de frango vivo pronto para embarcar para o abatedouro, e a Análise de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) foi feita com o método CML 2 *baseline*. Os resultados mostraram que a maior parte dos impactos vem da etapa agrícola da produção de grãos usados na fabricação das rações, e por seguinte do uso de energia elétrica para alimentar os equipamentos dos aviários. Os sistemas convencionais apresentaram resultados negativos para geração de valor econômico e impactos ambientais similares aos sistemas *Dark House*. Os frangos produzidos em sistemas orgânicos superaram positivamente os demais produtos quanto a valoração econômica, mas tiveram resultados de potencial impacto ambiental muito acima em todas as categorias de impacto analisadas. Foi possível concluir que para sistemas convencionais uma atenção especial precisa ser dada quanto ao retorno dos investimentos, principalmente com relação as taxas para remuneração do capital, de forma a proporcionar a novos empreendimentos que além de impactos ambientais menores também possam gerar maior lucro econômico.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida, frangos de corte, valor econômico agregado, frango orgânico, *Dark House*.

ABSTRACT

The consumption of chicken meat as a source of animal protein is increasing. Large-scale confinement systems are responsible for meeting this demand. As a result, the consumption of inputs and the environmental changes that these systems provide intensify. The production chain of Brazilian broiler chicken is characterized by a system of integration between producer and the agroindustry, and both are inserted in a globalized market, where the imported inputs and export much of the production is exported to foreign markets. To evaluate the economic and environmental performance of production systems responsible for representing this food supply, an eco-efficiency assessment was made. The eco-efficiency assessment addressed two methods for quantifying environmental impacts and valuation of product systems, Life Cycle Assessment (LCA) and Economic Value Added (EVA). The approach comprised the stages of agricultural production, breeding and fattening of chickens. Four products in three different systems were evaluated, Griller, Broiler and heavy broiler chickens produced in Negative pressure automated dark house aviaries, and the same chickens produced in Conventional positive pressure aviaries. Also, for comparison an alternative system of positive pressure was used to represent the production of organic chickens that serves a niche market but receives attention for studies in other countries. The Functional Unit (UF) was 1 kg of live chicken ready to be shipped to the slaughterhouse, and the method for Life Cycle Impact Assessment (AICV) was done with CML 2. The results showed that most of the impacts comes from the agricultural stage of grain production for the rations, and from the use of electric power to feed the equipment of the barracks. Conventional systems presented negative results for the generation of economic value and environmental impacts like the Dark House systems. Chickens produced in organic systems positively outperformed the other products in terms of economic valuation but had results of potential environmental impact much higher. It was possible to conclude that for conventional systems special attention needs to be paid regarding the return on investment, especially in relation to rates for capital remuneration, to provide new ventures that, in addition to smaller environmental impacts, can also generate greater economic profit.

Keywords: life cycle assessment, broiler, economic value added, organic chicken, Dark House.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem interna de um aviário Dark House.	24
Figura 2 - aviário convencional de pressão positiva.....	25
Figura 3- Criação de frangos Free Range em Santa Catarina.....	27
Figura 4 - Fases de uma avaliação de ecoeficiência.	49
Figura 5 - Municípios onde os painéis foram realizados.....	57
Figura 6 - Georreferencia do município de Santa Rosa de Lima/SC.	60
Figura 7 - Fluxograma do sistema de produto frango de corte.....	65
Figura 8 - Fluxo de nitrogênio no manejo da excreta.....	68
Figura 9 - AICV com o método CML-IA baseline V3.02 / World 2000 / por caracterização, UF = 1 kg de frango vivo.	72
Figura 10 - Valor adicionado pela acidificação do ar.....	88
Figura 11 - Valor adicionado pela eutrofização aquática.	89
Figura 12 - Valor adicionado que contribui para o aquecimento global.	90
Figura 13 - Representação gráfica do potencial de Aquecimento Global (100a) normalizado por R\$ 1,00 de EVA.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos sistemas de produção de frangos de corte.	22
Tabela 2 - Níveis e indicadores por categoria avaliada.	55
Tabela 3 - Quantidade de amostras por sistemas e produto.	57
Tabela 4 - Produtores de frangos orgânicos por Estado.	58
Tabela 5- Pesos de abate e unidades funcionais.	63
Tabela 6- Métodos de alocação aplicados através da cadeia de suprimentos.	67
Tabela 7- Coeficientes técnicos para produção de frangos de corte em sistemas Dark house, sistemas convencionais de pressão positiva e orgânicos.	69
Tabela 8- Valores estimados das emissões de gases dentro e fora do barracão.	70
Tabela 9- Aquecimento Global, acidificação e eutrofização para os três sistemas de produto.	73
Tabela 10 - Investimento total nos sistemas de produção.	76
Tabela 11- Valores orçados por módulo e ponderado por aviário.	77
Tabela 12- Custos dos produtores por lote.	80
Tabela 13- Custos por unidade e UF produzida.	81
Tabela 14 - Valores das receitas por UF e metro quadrado.....	82
Tabela 15 - Demonstração do resultado anualizada.	83
Tabela 16 - Valor econômico agregado a partir do WACC.	85
Tabela 17 - Formulação dos indicadores de ecoeficiência.	87
Tabela 18 – Emissões de CO2 eq. normalizada para R\$ 1,00 de EVA.....	91
Tabela 19- Recomendação do consumo de água para dessedentação animal em valores mínimo, máximo e média.	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo de ACV com frangos de corte encontrados na literatura.	31
Quadro 2 - Sistemas de produção detalhados na literatura.....	34
Quadro 3 - Fonte de dados de primeiro plano.	38
Quadro 4 - Unidades Funcionais encontradas na literatura.	40
Quadro 5 - Softwares e métodos.	44

LISTA DE ACRÔNIMOS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
CCV	Custeio do Ciclo de Vida
EVA	Economic Value Added
WACC	<i>Weight Average Capital Cost</i> (Peso Ponderado do Custo de Capital)
CML	Instituto de Ciências Ambientais da Faculdade de Leiden da Holanda
UF	Unidade Funcional
AICV	Análise de Impacto do Ciclo de Vida
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
DEFRA	Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
FREPA	Organização não governamental australiana (<i>Free Range Egg & Poultry Australia</i>)
GEE	Gases de Efeito Estufa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 A PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO BRASIL	20
2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE	21
2.2.1 Sistema <i>Dark House</i> de Pressão Negativa.....	23
2.2.2 Sistema Convencional – Pressão Positiva	25
2.2.3 Sistema <i>Free Range</i>	25
2.2.4 Sistema Orgânico.....	26
2.3 SISTEMAS PECUÁRIOS E O MEIO AMBIENTE	27
2.4 ACV NA AVICULTURA	28
2.4.1 Sistemas de produção avaliados na literatura	32
2.4.2 Fonte de dados dos estudos	36
2.4.3 Unidades de Análise (U.F)	39
2.4.4 Métodos para cálculo das emissões	42
2.4.5 Softwares e Métodos de Análise de Impacto do Ciclo de Vida	43
2.5 ECOEFICIÊNCIA COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	44
2.5.1 O termo ecoeficiência	46
2.5.2 A NBR ISO 14045.....	48
3. METODOLOGIA.....	50
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	50
3.2 AVALIAÇÃO DE ECOEFICIÊNCIA	51
3.2.1 Definição do objetivo e escopo	51

3.2.2 Avaliação ambiental	51
3.2.3 Avaliação do valor do sistema de produto.....	53
3.2.4 Quantificação da ecoeficiência.....	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS REGIÕES	56
4.1.1 Produtores de frangos de corte em sistemas <i>Dark House</i> e convencionais.....	56
4.1.2 Produtores de frangos de corte orgânicos.....	58
4.1.3 Produção de frangos orgânicos em Santa Catarina	60
4.2 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO.....	61
4.3 DEFINIÇÃO DO ESCOPO	62
4.3.1 Sistema de produto a ser avaliado	62
4.3.2 Função e UF	63
4.3.3 Fronteira do sistema.....	63
4.3.4 Alocações e sistemas externos.....	66
4.4 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E TIPOS DE IMPACTO	67
4.4.1 Inventário do Ciclo de Vida	69
4.4.2 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida	71
4.5 VALOR DO SISTEMAS DE PRODUTO	74
4.5.1 Investimentos.....	75
4.5.2 Custos de produção.....	78
4.5.3 Demonstração do resultado	81
4.5.4 Valor Econômico Agregado	84
4.6 RELATO E DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS	86
4.6.1 Acidificação.....	87
4.6.2 Eutrofização.....	88
4.6.3 Mudanças Climáticas.....	89
4.6.4 Limitações	92

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	95
APÊNDICE A – Processos usados para modelar os sistemas de produção (em inglês).	103
APÊNDICE B – Protocolo de pesquisa	104
APÊNDICE C – Formulação das rações convencionais	107
APÊNDICE E – Itens que compõem as instalações e os equipamentos	109

1. INTRODUÇÃO

Os alimentos de origem animal são importantes fontes de nutrientes como vitaminas e minerais e concentram quantidade significativa de aminoácidos essenciais à manutenção da saúde humana (WU *et al.*, 2014). A ascensão na renda e o aumento da população urbana em um mundo em desenvolvimento têm sido responsáveis pela transformação alimentar das pessoas e pelo crescimento do consumo de proteínas animais nas últimas décadas (BOLAND *et al.*, 2013).

Essa transformação não atingiu a vida de todas as pessoas. Assume-se hoje que por motivos diversos, principalmente socioeconômicos, cerca de 800 milhões de pessoas em todo o planeta são afetadas pela subnutrição crônica, ou seja, não dispõem de uma quantidade correta de macro e micronutrientes na alimentação (FAO, IFAD e WFP 2015).

Dentro do presente panorama alimentar retratado, é possível vislumbrar impactos negativos na saúde e na vida das pessoas também a longo prazo. Estimativas sobre o crescimento demográfico apontam para um planeta com mais de nove bilhões de pessoas em 2050 (UN, 2017). Dados da *Food and Agricultural Organization* (FAO) estimam que a demanda mundial por proteína derivada de animais deverá aumentar significativamente nas próximas décadas (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012). As forças que convergem para tal feito são expressas através de economias emergentes que deverão sair de um estado de estagnação e passarão a um pleno desenvolvimento econômico aumentando o poder aquisitivo através das mudanças socioeconômicas e do reconhecimento do papel da proteína em uma dieta saudável (TILMAN *et al.*, 2011; TILMAN; CLARK, 2014; WU *et al.*, 2014).

O consumo latente e a demanda futura vêm contribuindo para que a produção primária de proteína animal se intensifique em sistemas pecuários confinados de larga escala. De tal modo, a produção avícola ganha destaque no cenário mundial mostrando ser uma alternativa eficaz para o fornecimento deste tipo de proteína a um custo relativamente baixo quando comparado a produção suína e bovina.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) aponta a carne de frango como motriz no fornecimento de proteína animal para as próximas décadas, por possuir sistemas de ciclo produtivo relativamente rápido, ter eficiência na conversão alimentar e demandar de pouco uso da terra na etapa de criação animal (OECD; FAO, 2015, 2016).

Como um dos setores que mais crescem na economia agrícola, essa atividade encontra o desafio de fornecer uma maior oferta de proteínas animais para a crescente população e

também em atender as preferências da demanda atual, adaptando-se a mudanças no contexto político, econômico e ao mesmo tempo ambiental (MACLEOD *et al.*, 2013).

Aspectos observados da atividade pecuária avícola intensiva indicam potencialização de impactos a partir de trocas ambientais dos sistemas produtivos com o ar, a água e o solo onde os sistemas de produção estão instalados (STEINFELD *et al.*, 2006; GERBER *et al.*, 2007; MACLEOD *et al.*, 2013). Para avaliar este desempenho ambiental, Fraval *et al.* (2015) e De Vries *et al.* (2015) mostram em suas revisões o uso crescente da ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para estimar os potenciais impactos ambientais provenientes das trocas ambientais em diversos sistemas de produção de frangos em todo o mundo.

Ao passo que evidências de impacto ambiental da produção primária animal vem apresentando destaque, os autores Beddington *et al.* (2012) afirmam que estudos interdisciplinares que envolvam conhecimentos em economia agrícola, segurança alimentar e conservação ambiental convergem para resultados que podem contribuir nas esferas ambiental, econômica e social.

De tal forma, estudos ou discussões que envolvam métodos de análise econômico-financeira em confluência com estudos de performance ambiental se justificam por dar maior robustez frente as demandas futuras da produção pecuária, em uma abordagem chamada de ecoeficiência, correlacionando indicadores econômicos e ambientais e gerando conhecimento para auxiliar em tomadas de decisões para uma produção mais sustentável.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a ecoeficiência de diferentes sistemas de produção de frangos de corte.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar, caracterizar e modelar os sistemas de produção de frangos de corte representativos da cadeia avícola brasileira.
- Quantificar os potenciais impactos ambientais dos principais sistemas de produção de frangos de corte através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).
- Avaliar o lucro econômico dos principais sistemas de produção de frangos de corte através da ferramenta EVA (Valor Econômico Agregado).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO BRASIL

O Brasil é o maior exportador de carne de frango do mundo e o segundo colocado em produção competindo diretamente com os Estados Unidos e a China. A produção de carne de frango cresceu 5.2% ao ano entre 2000 e 2014, somente no ano de 2016 a carne de frango representou pouco mais da metade da produção total do principal complexo de carnes do país, que é composto por bovinos e suínos, produzindo cerca de 13 milhões de toneladas (ABPA, 2017; VALDES *et al.*, 2015) mantendo o patamar produtivo de 2015.

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), os Estados que se destacam encontram-se na região sul produzindo pouco mais de 62% do volume nacional nos últimos cinco anos, destacando o Estado do Paraná com pouco mais de 30% da produção nacional.

Na cadeia produtiva do frango de corte a agroindústria está presente em etapas a montante, produzindo e fornecendo insumos, e a jusante responsável principalmente pelo beneficiamento da carne na forma de produtos

O consumo interno de carne de frango é significativo, entre 67,3% e 72% do que é produzido fica no mercado doméstico (ABPA, 2017; VALDES *et al.*, 2015). O mercado externo, absorve a diferença de 30%~ da produção, e do volume total exportado uma pequena quantidade passa pelo processo de industrialização, dos pouco mais de 4 milhões de toneladas que são exportadas aproximadamente 90% são embarcadas como cortes e carcaças inteiras.

Alguns fatores são preponderantes para justificar o volume e a capacidade da produção brasileira do frango de corte. Autores como Patricio *et al.* (2012) e Costa *et al.* (2010) atribuem os ganhos da produtividade aos seguintes fatores: melhoramento das taxas de conversão alimentar, tecnologia em nutrição animal, pesquisas em genética, aumento na quantidade de aviários automatizados, á melhores práticas de manejo da produção, a disponibilidade local de grãos para a fabricação de ração e ao clima.

As relações de integração com o campo também são ressaltadas na literatura, proporcionando as grandes processadoras de carne garantias importantes para saldar os acordos comerciais firmados internacionalmente (VALDES *et al.*, 2015). De acordo com a análise de estes contratos de integração estipulam parâmetros a serem atendidos que envolvem biossegurança, bem-estar animal além da exclusividade na venda do produto para o abate.

Estas processadoras são grandes organizações, cooperativas e empresas privadas de personalidade jurídica, que propõem parcerias de trabalho com o produtor pecuário. Essa relação é conhecida como sistema de integração vertical, caracterizado pela combinação de fomento agrícola, produção e distribuição de ração animal, assistência técnica, abate de animais e industrialização.

Assim a indústria brasileira de frangos de corte é caracterizada pela produção em sistemas intensivos de larga escala e em sua grande parte integrada verticalmente por grandes empresas e cooperativas nacionais.

2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Para atender à crescente demanda do mercado consumidor a etapa pecuária é pressionada a produzir grandes volumes em ritmo acelerado a fim de entregar animais com peso ideal para o abate em menor tempo. Na escala industrial o peso de abate é determinante para a classificação¹ do produto frango de corte e os aviários possibilitam criar aves com diferentes pesos, idades e alimentação na mesma edificação, no entanto os galpões divergem em equipamentos e instalações para esse feito e, portanto, também no modo operacional.

De acordo com Abreu e Abreu (2011), a caracterização de um sistema de produção passa pelo pacote tecnológico adotado, pois este é configurado para controlar a alimentação, dessedentação e ambiência das aves. Segundo os autores a adoção de tecnologias pelos produtores permite a automatização dos aviários diminuindo a unidade e a intensidade de trabalho humano.

Segundo Glatz e Pym (2008) o aspecto mais observado nos sistemas de produção é a gestão de ambiência, principalmente no que se refere ao controle das flutuações de temperatura no aviário. Os frangos de corte são animais homeotérmicos o que significa que podem controlar a temperatura corporal, porém, caso submetidos a condições de estresse térmico podem comprometer a produtividade dos lotes.

Devido a grandes investimentos nas últimas duas décadas, Abreu e Abreu (2011) comentam que foram introduzidas várias tecnologias no Brasil e feitas adaptações nos aviários já existentes a fim de melhorar os indicadores de eficiência produtiva e o bem-estar animal

¹ Classificação: Consiste em agrupar em classes aquilo que tem características semelhantes ou iguais. Por exemplo: as categorias de sexo, maturidade e peso dos animais (formação de categorias homogêneas).

então, com esta modernização, surgiram denominações distintas para os sistemas de produção no setor.

A Tabela 1 lista os dezessete componentes de cada tipo de sistemas de produção a partir dos pacotes tecnológicos adotados, de acordo com as observações de Miele *et al.* (2010).

Tabela 1 - Caracterização dos sistemas de produção de frangos de corte.

Itens	CV	SC*	CZ	DH	BWH**	BLH	GH	AG
1- Comedouro tubular	X	X						
2- Comedouro automático		X	X	X	X	X	X	X
3- Bebedouro pendular	X	X						
4- Bebedouro tipo <i>Nipple</i> ²		X	X	X	X	X	X	X
5- Controle artificial de Temperatura								
6- Ventiladores em pressão positiva		X	X					
7- Exaustores em pressão negativa			X	X	X	X	X	X
8- Cortina de Ráfia	X	X	X					
9- Resfriamento por nebulização			X	X	X	X	X	X
10- Resfriamento por <i>Pad Cooling</i> ³			X	X	X	X	X	X
11- Forro de polietileno cor preto				X	X			X
12- Forro de polietileno com defletor			X	X	X	X	X	X
13- Controle de Luz natural (<i>light-trap</i>)				X		X	X	X
14- Controle de Luz artificial (<i>Dimmer</i> ⁴)				X				X
15- Geradores de energia elétrica			X	X	X	X	X	X
16- Cortina interna e forro azul						X		
17- Cortina interna e forro verde							X	

Notas: Convencional: CV; Semiclimatizado: SC; Climatizado: CZ; *Dark House*: DH; *Brown House*: BWH; *Blue House*: BLH; *Green House*: GH; Aviários Gigantes: AG. *Os aviários semiclimatizados podem possuir forração indiferente de cor.** Os aviários *Brown house* se assemelham com os *Dark House*, mudando apenas o controle de luz natural por armadilhas de luz feitas de tijolos, telhas e madeira.

² Bebedouro tipo *Nipple*: é um sistema de dessedentação composto em três partes: perfil, tubo e bico. Possui um regulador de pressão que controla a vazão ao longo da linha. Esses produtos são comercializados para atender de 10 a 14 aves por bico.

³ Sistema *Pad Cooling*: Sistema que promove a redução da temperatura interna do galpão a partir da evaporação da água que circula por placas em formato de colmeias entrando em contato com o ar que também passa entre elas.

⁴ *Dimmer*: Controle da intensidade da luz dentro do galpão de forma digital. Os níveis de luminância podem ser alterados para intensidades que vão de zero até valores máximos, eletronicamente.

Fonte: Elaborado a partir do trabalho de Miele *et al.* (2010).

Dentre os grandes investimentos Abreu e Abreu (2011) observam as edificações e os equipamentos que foram desenvolvidos com ênfase em sanidade, produtividade e ambiência a fim de proporcionar o bem-estar das aves e uma melhor conversão alimentar⁵.

É interessante ressaltar a principal diferença dos sistemas brasileiros frente aos de outros países, a ambiência é o fator que segundo os artigos zootécnicos diferencia a avicultura brasileira de outros grandes países produtores. Edificações de aviários abertos se tornam uma vantagem produtiva em países de clima tropical dominante como o Brasil (NÄÄS *et al.*, 2015), mas, como o território também se encontra em zona temperada do Sul, divide as atenções ante implantação de projetos.

Como observado por Abreu e Abreu (2011), o nível de tecnificação dos aviários se dá pelo pacote tecnológico adotado e por seguinte classifica os galpões em automatizados, semiautomatizados ou manuais quanto a sua operacionalização.

A introdução e as adaptações tecnológicas para controlar a ambiência trazem distinções aparentes nos sistemas de produção em larga escala ditos convencionais. Em consequência desta adoção tecnológica as empresas classificam os sistemas de diferentes formas, assim em 2010 a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Suínos e Aves (EMBRAPA) definiu uma padronização para estes sistemas no Comunicado Técnico 483 em: sistema convencional, sistema semiclimatizado, sistema climatizado, sistema *Dark House*, sistema *Brown House*, sistema *Blue House*, sistema *Green House* e aviários gigantes (MIELE *et al.*, 2010). A principal diferença os sistemas é o quesito tecnificação voltado para ambiência, que é abordado a seguir.

2.2.1 Sistema *Dark House* de Pressão Negativa

Os aviários *Dark House* são conhecidos por possibilitar o controle dos fatores internos de ambiência isolando-os de externalidades. O barracão é fechado, conforme pode ser observado na Figura 1, e o nível de automatização nestes sistemas é superior aos demais.

Cortinas escuras e vedações impedem que luz e ar entrem e o controle de luminosidade permite regular a intensidade de luz. A temperatura e a umidade são medidas por sensores ligados diretamente a um painel de controle que acionam equipamentos como nebulizadores,

⁵ Conversão alimentar: medida de eficiência do processo de ganho de peso (crescimento, engorda), em termos de quilograma de matéria seca de alimentos ingeridos por quilograma de ganho de peso.

exaustores, painéis evaporativos, comedouros, bebedouros e cortinas de entrada de ar (ABREU ;ABREU, 2011).



Figura 1 - Imagem interna de um aviário *Dark House*.
Fonte: Avinutri (2017).

Aviários *Dark House* também são tecnicamente conhecidos por “sistemas de pressão negativa” devido à possibilidade de alterar o fluxo de ar dentro do galpão através de um sistema de exaustão localizado nas extremidades das paredes. Essa mecanização permite que a velocidade do ar seja controlada fornecendo mais oxigênio, removendo partículas e gases diversos como amônia e gás carbônico exalados em diferentes fases da vida do animal (LIMA *et al.*, 2015).

A energia elétrica é um insumo primordial para este sistema. Esta fonte de energia secundária alimenta todos os equipamentos, inclusive comedouros e bebedouros acionados por motores elétricos (ABREU;ABREU, 2011). Para manter o fluxo contínuo de insumos, é comum encontrar geradores de energia elétrica movidos a combustível fóssil como fontes auxiliares ou de reserva para os barracões *Dark House*.

Resultados dos coeficientes de aves criadas nestes sistemas apresentam melhor desempenho produtivo quando comparados com sistemas convencionais semiclimatizados (CARVALHO *et al.*, 2015; NOWICKI *et al.*, 2011). Os autores Abreu e Abreu (2011) e Costa

et al. (2010) reportam em seus estudos que o contato prolongado com a luz estimula os ciclos de engorda e vida dos animais ao tempo que a temperatura também é controlada evitando o estresse e o gasto de energia das aves, melhorando indicadores qualitativos de bem-estar animal.

2.2.2 Sistema Convencional – Pressão Positiva

Os sistemas semiclimatizados são considerados intensivos por alojar entre 10 a 18 aves/m², empregam pouca tecnologia frente aos sistemas automatizados e tem entrado em desuso com a crescente utilização dos aviários modernos e tecnificados. Como pode ser visualizado na Figura 2, estes aviários usam ventiladores em pressão positiva para renovar o ar no galpão e fornecer uma sensação de conforto térmico aos animais. Os comedouros podem ser tubulares ou automáticos e os bebedouros pendular ou tipo *nipples* (ABREU;ABREU, 2011).



Figura 2 - aviário convencional de pressão positiva.
Fonte: Cidasc (2013).

Neste sistema o controle das condições térmicas ambientais é menor. São adotadas cortinas de ráfia amarela, azul branca ou reflexiva e não possui sistema de resfriamento interno e para aquecimento, podendo apresentar aquecedores tipo campânulas, a lenha ou elétricos.

2.2.3 Sistema *Free Range*

Os sistemas *Free Range* são conhecidos por sua extensividade onde os frangos são criados usando práticas de manejo, habitação e alimentação diferentes dos sistemas

convencionais. As aves tem acesso livre a áreas externas ao galpão durante o dia onde podem pastejar entre a vegetação e ao anoitecer abrigam-se em galpões para proteção de predadores ou devido ao mau tempo (MARTÍNEZ-PÉREZ *et al.*, 2017).

Duas características neste sistema são diferenciais econômicos importantes dos demais. A primeira é que, por ser extensivo, a densidade de aves por metro quadrado é menor e, pelo fato da apanha para o abate ser mais tardia que o convencional torna a conversão alimentar dos animais maior.

Algumas características deste sistema podem sofrer variação de país para país, como tempo de exposição a luz do dia, as linhagens específicas e idade de abate. Isso acontece por conta das regras de bem-estar animal divulgados pelas agências governamentais de cada país (USDA, Estados Unidos; DEFRA, Reino Unido; MAPA, Brasil) e grupos voltados a padronização de processos e acreditação de qualidade do produto, como o FREPA na Austrália.

No Brasil o sistema *Free Range* foi regulamentado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 1999 através do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) através da Circular DOI /DIPOA N° 007/99 (MAPA, 1999).

2.2.4 Sistema Orgânico

A produção de frango orgânico pode ou não usar edificações encontradas em outros sistemas de criação, pois a principal diferença não está na estrutura física, mas nos insumos usados no processo de criação, as aves recebem restrições quanto ao uso de certos insumos da produção convencional e no manejo sanitário.

Os galpões possuem aberturas com portinholas na parte inferior, conforme observado na Figura 3 elas ficam na altura das muretas, que são abertas durante o dia para o pastejo animal. Durante a noite as aves se amontoam dentro do galpão e as portinholas são fechadas, para evitar a ação de predadores, sendo abertas somente no outro dia pelo amanhecer.

No Brasil, os pintos são vacinados e alojados para criação em até três dias, e abatidos em até 81 dias, mais tardiamente do que as aves comerciais de sistemas de larga escala. A ração é balanceada e preparada com ingredientes orgânicos para as fases de cria (1 a 28 dias), crescimento (29 a 63 dias) e terminação (64 dias até o abate) (AVILA;SOARES, 2010).

A rastreabilidade neste sistema de criação acontece em todas as etapas da produção, começando na produção de matéria-prima, processamento, abate, estocagem até a comercialização. No Brasil, três possibilidades são estabelecidas pelo regulamento orgânico

brasileiro descrito na lei 10.831 de 2003, pelo decreto 6263 de 2007 e por Instruções Normativas como a IN 46 de 2011, são eles o de Venda Direta ao Consumidor, os Sistemas Participativos de Garantia e a Certificação por Auditoria.



Figura 3- Criação de frangos Free Range em Santa Catarina.

Fonte: Autor (2018).

Para fins de exportação de frangos orgânicos, uma empresa certificadora é a responsável pela rotulagem dos produtos orgânicos, serviço de inspeção e atestação. Estas empresas são credenciadas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) e acreditadas junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) para assegurar que a produção de frangos orgânicos obedece às normas e práticas de produção orgânica.

2.3 SISTEMAS PECUÁRIOS E O MEIO AMBIENTE

Como uma atividade econômica a pecuária é tecnicamente diversificada, contrastando entre produção de subsistência e produção para fins comerciais. A organização desta atividade é caracterizada pela diversificação tecnológica e no manejo, que acarreta o uso de recursos em diferentes escalas e por seguinte torna complexa a análise dos aspectos ambientais⁶.

⁶ Aspecto ambiental: Elemento das atividades do sistema de produto que pode interagir com o meio ambiente (ABNT, 2014).

As atividades pecuárias têm significância em vários aspectos ambientais, incluindo mudanças climáticas, uso da terra, uso de água fresca e biodiversidade. Os possíveis impactos podem ser diretos, através da emissão de metano da excreta por exemplo, ou indiretos, como numa expansão do sistema⁷ de produção de grãos que pode substituir florestas por terra arável em determinada região (STEINFELD *et al.*, 2006).

Trabalhos como de Gerber *et al.* (2007) e MacLeod *et al.* (2013) relatam que os gases e os resíduos emitidos durante a criação de frangos contribuem para o chamado “efeito estufa”, como o metano proveniente do manejo de esterco e a amônia da decomposição das fezes. As mudanças no uso da terra causadas pela demanda por grãos e pastagens também são fontes de emissões importantes que, não são aparentes quando analisadas tão somente as fases de criação animal.

Essa demanda por terra é capaz de modificar ecossistemas e reduzir habitats naturais, colocando em risco a biodiversidade. Estima-se que 30% da área onde não há gelo no planeta é usada para pastejo e 33% das terras aráveis são usadas para a produção de alimentos para animais (AIKING, 2011; FOLEY *et al.*, 2011). Esses números levam a *trade-offs* atualmente debatidos na literatura, como os estudos que confrontam a produção vegetal para consumo humano direto em detrimento da produção dos mesmos para alimentar animais e proteína animal ((ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012; FOLEY *et al.*, 2011; GODFRAY *et al.*, 2010).

Prevê-se que a proporção de terras aráveis utilizadas na produção de cereais para ração animal continue a crescer (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012), com isso a ocupação antrópica que tem introduzido significativos montantes de poluentes na água, no ar e no solo, com a agricultura e pecuária convencional tende a agravar o cenário ambiental dos países produtores caso não haja intensificação sustentável com a gestão correta de água e fertilizantes, travamento da expansão agrícola e redução do desperdício de alimentos (MUELLER *et al.*, 2012).

2.4 ACV NA AVICULTURA

A ACV pode ser aplicada em diferentes áreas, alcançando atividades dos setores primário, secundário e terciário. Em particular, muitos estudos têm sido feitos em setores

⁷ Expansão do sistema: significa expandir o sistema para incluir produtos que poderiam ser evitados (WOLF, 2010).

agroalimentares envolvendo a pecuária de corte, principalmente criação bovina, suína e aves (CLUNE *et al.*, 2016; WEBB *et al.*, 2014; WIEDEMANN;YAN, 2014).

No setor avícola, uma quantidade significativa de estudos foi realizada nos últimos oito anos. Uma revisão na literatura sumarizou artigos, teses, dissertações e relatórios de pesquisa publicados em base de dados nacionais e internacionais de acordo com o método proposto por Tranfield *et al.* (2003).

Foram selecionados estudos de impacto ambiental que fizeram uso da ferramenta ACV com o objeto frango de corte, independente do sistema de criação. As pesquisas que contemplaram outras culturas pecuárias dentro do mesmo estudo também foram relacionadas.

Ao todo foram encontradas 24 publicações nas formas de artigos científicos, trabalhos acadêmicos, relatórios encomendados por agências de governo e institutos de pesquisa, todos relacionados no Quadro 1.

Autor	Local da publicação	Objetivo
Widheden e Stromberg (2001)	Relatório feito para o Instituto Sueco para a Alimento e Biotecnologia - SIK	Projeto que visou fornecer uma plataforma para um posterior trabalho ambiental na produção de frangos na Suécia e uma base de informação relativas ao impacto ambiental deste produto.
Spies (2003)	University of Queensland - Tese de Doutorado	Teve como objetivo medir os fluxos de materiais e energia e a quantificação do impacto ambiental da produção de suínos e aves em SC.
Ellingsen e Aanondsen (2006)	The International Journal of Life Cycle Assessment	Avaliar os impactos ambientais da produção do corte do salmão norueguês e do bacalhau comparado com o frango de corte.
Williams <i>et al.</i> (2006)	Relatório para o Departamento de Alimento, Meio Ambiente e Análises Rurais - DEFRA	Desenvolver um inventario e uma ferramenta de análise de impactos ambientais da produção de alimentos regionalizada.
Katajuuri <i>et al.</i> (2008)	6th Conferência internacional de Avaliação do Ciclo de Vida no setor Agroalimentar	Através de uma abordagem de pesquisa direcionada, o projeto teve como objetivo identificar medidas potenciais para melhorar o desempenho ambiental da produção finlandesa de frango de corte.
Pelletier (2008)	Agricultural Systems	O objetivo desta pesquisa foi ajudar a indústria de frangos dos Estados Unidos a direcionar o gerenciamento efetivo da cadeia de suprimentos para o desempenho ambiental, bem como

		informar as devidas iniciativas regulatórias apropriadas.
Williams <i>et al.</i> (2009)	17th Simpósio Europeu de Nutrição Avícola	Avaliar e relatar encargos ambientais da produção de carne de frango e ovos do Reino Unido.
Cederberg <i>et al.</i> (2009)	Relatório feito para o Instituto Sueco de Alimento e Biotecnologia - SIK	Estimar a produção de GEE da produção pecuária Sueca de 1990 a 2005.
Boggia <i>et al.</i> (2010)	World's Poultry Science Journal	Comparar o impacto ambiental de diferentes sistemas de produção avícola.
Leip <i>et al.</i> (2010)	Relatório para o JOINT RESEARCH CENTRE - UE	Avaliar o potencial de redução de emissões de GEE e encenar emissões futuras da pecuária na UE.
Nielsen <i>et al.</i> (2011)	Relatório feito para a Agência Dinamarquesa de Indústria e Alimentos	Identificar e quantificar as etapas do processo que contribuem para o potencial de aquecimento global da produção de frangos na Dinamarca.
Castellini <i>et al.</i> (2012)	Journal of Cleaner Production	Analisaram a sustentabilidade de diferentes sistemas de produção avícola.
Bengtsson e Seddon (2013)	Journal of Cleaner Production	Identificar os pontos críticos a fim de diminuir impactos ambientais, melhorar custos, melhorar produtos e processos na cadeia de suprimentos de uma empresa australiana.
Leinonen <i>et al.</i> (2012)	Poultry Science	Quantificar os encargos ambientais em 3 sistemas principais de produção de frangos no Reino Unido.
Alig <i>et al.</i> (2012)	Relatório ART /AGROSCOPE	Avaliar ecologicamente a carne bovina, suína e carne de aves (frango) na Suíça através da ACV e comparar com os produtos importados.
Wiedemann <i>et al.</i> (2012)	Relatório feito para o Rural Industries Research and Development Corporation, governo australiano	Quantificar os impactos ambientais da produção de carne de frango, especificamente o uso de energia, uso de água e emissões de GEE.
Prudêncio da Silva <i>et al.</i> (2014)	Journal of Environmental Management	Avaliar os impactos ambientais do frango de corte inteiro processado, embalado e resfriado no portão do abatedouro.
Leinonen <i>et al.</i> (2013)	Agricultural Systems	Avaliar ambientalmente dois sistemas de produção do Reino Unido, frango de corte e botadeiras <i>Free Range</i> , substituindo a soja na dieta por proteínas encontradas na Europa.

González-García <i>et al.</i> (2014)	Journal of Cleaner Production	Propor alternativas para reduzir os encargos ambientais associados a atividade avícola na fazenda.
Van der Werf e Salou (2015)	Journal of Cleaner Production	Contribuir para o debate levantado pela Comissão Parlamentar Francesa sobre a UF mais apropriada para rotulagem ambiental de produtos alimentares.
Cesari <i>et al.</i> (2016)	Journal of Cleaner Production	Avaliar o impacto ambiental da produção italiana de carne de frango em um sistema verticalmente integrado.
Paolotti <i>et al.</i> (2016)	Journal of Cleaner Production	Investigar o impacto ambiental da combinação de um sistema <i>Free Range</i> com pomares de oliveira.
Wiedemann <i>et al.</i> (2016)	Journal of Cleaner Production	Teve como objetivo quantificar o uso de recursos, impactos ambientais e pontos críticos da produção australiana de frangos de corte.
Kalhor <i>et al.</i> (2016)	Information Processing in Agriculture	Avaliar o impacto ambiental da produção de carne de frango em diferentes estações do ano.

Quadro 1 - Resumo de ACV com frangos de corte encontrados na literatura.

Fonte: Autor (2018).

Alguns estudos são provenientes de agências governamentais, que usaram a ferramenta ACV para investigar e inventariar as emissões de GEE da produção primária animal e seus derivados, com a finalidade de agregar conhecimento para a cadeia produtiva local e atender a protocolos de emissões assinados em tratados internacionais, como é o caso de Cederberg *et al.* (2009) e Leip *et al.* (2010).

Com o objetivo de detalhar os trabalhos citados no Quadro 1, foram estabelecidos cinco tópicos para analisar as publicações na etapa de revisão. Os tópicos se harmonizam com os princípios da estrutura metodológica de uma ACV detalhados no item 4 da NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b), são esses: os sistemas de produção avaliados, as fontes de dados, as unidades funcionais referenciadas, os softwares e métodos de Análise de Impacto do Ciclo de Vida (AICV).

É importante salientar que, como um dos objetivos da revisão é encontrar um método para uma análise de ecoeficiência e, nenhum trabalho avocou menção a esta abordagem ou ao uso da ferramenta Custeio do Ciclo de Vida (CCV) conjugada com ACV, quando alguma palavra-chave referente a área econômica é encontrada nos títulos ou abstracts, diz respeito ao

tipo de distribuição dos fluxos de materiais e de energia para o objeto de análise em valores comerciais, ou seja, se refere a alocação econômica⁸, ex. Van Der Werf e Salou (2015).

2.4.1 Sistemas de produção avaliados na literatura

De acordo com os estudos, o setor avícola mostra-se um sistema globalizado e altamente complexo que envolve inúmeros fluxos de materiais e energia, como: a produção de fertilizantes e agroquímicos para a produção primária vegetal, a transformação de terras agricultáveis, o transporte, as diferentes matrizes energéticas para gerar calor e luz nos aviários, a água para dessedentação dos animais e higienização das instalações, a gestão da cama de frango como resíduo que pode ser aplicado como fertilizante orgânico em lavouras ou queimados e transformados em energia elétrica.

Os autores Alig *et al.* (2012) confirmam a padronização internacionalmente industrializada das formas de produzir frango de corte para o mercado global, caracterizada por uma forte integração ao longo de toda cadeia de valor. No Brasil, esta afirmação é feita por Prudêncio da Silva *et al.* (2014) que ressalta a produção avícola como exemplo de globalização, pois possibilita importar insumos e exportar proteína animal para toda parte do mundo.

Dentre os sistemas de produção encontrados, o convencional é o mais citado na literatura. Estes aviários adotam tecnologias e práticas de manejo para criação de confinamento em larga escala com prazo de terminação dos lotes que vão de 32 até 50 dias (WILLIAMS *et al.*, 2006; LEIP *et al.*, 2010).

Uma peculiaridade é constatada, nenhum artigo ou relatório detalha o nível tecnológico do modal convencional. Boggia *et al.* (2010) descrevem com rigor técnico características que levam a coeficientes zootécnicos dos lotes analisados, mas, não trazem com detalhes os equipamentos e o tipo de instalação ao qual as aves são condicionadas.

As características das instalações e dos equipamentos dos aviários podem predizer as necessidades de insumos energéticos e materiais e, apresentar diferenças devido aos níveis tecnológicos adotados dentro do mesmo modal. A modelagem dos sistemas de produção passa por essa identificação inicial do pacote tecnológico adotado e as diferenças encontradas mostram grande variabilidade entre unidades de processo elementar⁹ fazendo com que alguns

⁸ Alocação econômica: procedimento no qual o critério de distribuição é a proporcionalidade do valor comercial (SILVA *et al.*, 2014).

⁹ Processo elementar: menor elemento que compõe o sistema de produto (SILVA *et al.*, 2014)

pesquisadores trabalhem com desvios de valores de consumo duplicados, como Alig *et al.* (2012).

Williams *et al.* (2006) expressam que do ponto de vista do manejo agrícola as empresas do Reino Unido definem diferentes formas de fazer o mesmo trabalho, de tal forma os dados médios dos processos são usados e aplicados em modelos para análise. Essa recomendação é consoante com o item 4.2.3.6.3 da NBR ISO 14044 (2009b) onde diz que médias podem ser utilizadas para modelar os processos unitários que contribuem com a maioria dos fluxos de massa e energia nos sistemas em estudo, desde que sejam representativas.

Com relação a cobertura geográfica¹⁰, o Quadro 2 abaixo traz uma relação dos tipos de sistemas estudados e os países onde foram inventariados.

Autor	Sistemas de Produção	Cobertura geográfica
Widheden e Stromberg (2001)	Convencional	Suécia
Spies (2003)	Convencional	Brasil/SC
Ellingsen e Aanondsen (2006)	Convencional	Noruega
Williams <i>et al.</i> (2006)	<i>Free range</i> , orgânico, convencional.	Inglaterra e País de Gales
Katajuuri <i>et al.</i> (2008)	Convencional	Finlândia
Pelletier (2008)	Convencional, média nacional	EUA
Williams <i>et al.</i> (2009)	Convencional, orgânico, <i>Free Range</i>	Reino Unido
Cederberg <i>et al.</i> (2009)	Convencional	Suécia
Boggia <i>et al.</i> (2010)	Convencional, orgânico e orgânico-plus	Itália
Leip <i>et al.</i> (2010)	Convencional	União Europeia 2010
Nielsen <i>et al.</i> (2011)	Convencional	Dinamarca
Castellini <i>et al.</i> (2012)	Convencional, orgânico e orgânico-plus	Itália
Bengtsson e Seddon (2013)	Convencional e <i>Free Range</i>	Austrália

¹⁰ Cobertura geográfica: é a área geográfica onde os dados referentes a cada processo elementar foram coletados (SILVA *et al.*, 2014).

Leinonen <i>et al.</i> (2012)	Convencional, <i>Free Range</i> e orgânico	Reino Unido
Alig <i>et al.</i> (2012)	Convencional, orgânico e <i>Free Range</i>	Suíça
Wiedemann <i>et al.</i> (2012)	Convencional, orgânico e <i>Free Range</i>	Austrália
Prudêncio da Silva <i>et al.</i> (2014)	<i>Free range</i> e convencional	Brasil/França
Leinonen <i>et al.</i> (2013)	Convencional	Reino Unido
González-Garcia <i>et al.</i> (2014)	Convencional	Portugal
Van der Werf e Salou (2015)	Orgânico e convencional	França
Cesari <i>et al.</i> (2016)	Intensivo integrado	Itália
Paolotti <i>et al.</i> (2016)	<i>Free range</i> tradicional e <i>Free Range</i> com oliveiras	Itália
Wiedemann <i>et al.</i> (2016)	Convencional e <i>Free Range</i>	Austrália
Kalhor <i>et al.</i> (2016)	Convencional	Iran

Quadro 2 - Sistemas de produção detalhados na literatura.

Fonte: Autor (2018).

O primeiro estudo de ACV encontrado nas bases de dados literárias com o objeto frango de corte foi de Widheden *et al.* (2001), onde avaliou os potenciais impactos ambientais da carne de frango sueca entre as etapas de produção e comercialização. O estudo fez parte de um projeto que tinha como principal objetivo gerar informação para os consumidores sobre o desempenho ambiental da comida sueca, para tanto, a unidade funcional (UF¹¹) adotada foi de 1 kg de carne fresca desossada produzida e adquirida no varejo, seguindo os padrões da ISO 14040 e 14043 válidas naquele ano.

Mais tarde, Elligsen *et al.* (2006) utilizou dos modelos de produção convencional de Widheden *et al.* (2001) para comparar impactos ambientais da produção de peixes e frango na Noruega, ainda que com muitas ressalvas de potenciais efeitos ambientais de fluxos materiais desconsiderados como uso e disposição de pesticidas e químicos.

A partir de 2006 nota-se predominância em análises comparativas de diferentes sistemas de criação. Em um projeto para o *Department for Environment Food & Rural Affairs* (DEFRA)

¹¹ Unidade Funcional: quantificação do exercício da função do produto (SILVA *et al.*, 2014)

do Reino Unido, Williams *et al.* (2006) objetivaram determinar os encargos ambientais de produtos agrícolas importados e produzidos naquele país, foi o primeiro estudo a comparar diferentes sistemas de produção de frangos de corte, usou o modelo de produção brasileira para representar o produto importado. O autor aponta grande similaridade entre os sistemas convencionais estudados, as poucas diferenças estão na escala de alojamento das aves que são menores no Brasil, na ventilação natural dos aviários e o milho como principal ingrediente energético nas dietas em vez do trigo no Reino Unido. Reportado no relatório final DEFRA FO0103 por Williams *et al.* (2009), os resultados do projeto mostram que tais diferenças entre sistemas resultaram em uso de energia cerca de 25% menor no Brasil e cerca de 17% menos emissões de gases de efeito estufa (GEE) para o produto importado, valores relacionados diretamente com a ambiência e o manejo.

Já Boggia *et al.* (2010), analisou a performance ambiental da cadeia do frango de corte italiana por meio da ACV, comparando três sistemas de criação de frangos: convencional, orgânico e orgânico-*plus*. Este estudo subsidiou posteriormente a análise de sustentabilidade do trabalho de Castellini *et al.* (2012) que utilizou uma abordagem multicritério na produção de frangos nos mesmos três sistemas de produção.

Como é comum encontrar comparações entre sistemas no mesmo estudo, Begtsson e Seddon (2013) compararam os sistemas *Free Range* com os convencionais limitando o escopo do estudo da produção de frangos até o restaurante como uma forma de identificar os custos, melhorar produtos e processos da cadeia de suprimentos de uma das maiores empresas processadoras de proteína animal da Austrália.

Os autores Wiedemann *et al.* (2016) objetivaram quantificar os recursos materiais e energéticos consumidos, os impactos ambientais e os *hotspots* da produção de carne de frango australiana através da ACV. Dois sistemas foram analisados: convencional e *Free Range*, neste último o manejo dá ênfase ao bem-estar animal. Seu estudo mostra a fase de produção da ração como a maior contribuinte para as 03 categorias de impacto analisadas, não obtendo diferença significativa quando comparada isoladamente a fase de criação de ambos sistemas. O escopo deste estudo incluiu a produção de grãos até o frango desossado sem pele, pronto para se embalado e distribuído no varejo.

Ainda em 2016, verificou-se o ano com a maior quantidade de artigos publicados, quatro no total (CESARI *et al.*, 2016; KALHOR *et al.*, 2016; PAOLOTTI *et al.*, 2016; WIEDEMANN *et al.*, 2016). O estudo de Kalhor *et al.* (2016) foi o único a comparar o desempenho ambiental de sistemas de produção de frangos sazonalmente, no inverno e no verão, mostrando que a

energia elétrica mostra ser o diferencial nas emissões de GEE e que o inverno apresenta as maiores cargas ambientais. Paolotti *et al.* (2016) investigaram o impacto ambiental de sistemas *Free Range* pastejando em pomares de oliveira, que mostraram resultados positivos quando são aplicadas combinações de pecuária com culturas vegetais, mostrando que proporcionam reduções significativas nos impactos ambientais da agricultura e que podem ser úteis para melhorar a sustentabilidade ambiental na agricultura.

Nota-se que trabalhos feitos no mesmo país usam de informações de outros autores que inventariaram os sistemas de produção dentro da mesma cobertura geográfica para fazer a modelagem, como em Leinonen *et al.* (2013) que usaram seus estudos de Leinonen *et al.* (2012) e de Williams *et al.* (2006).

No Brasil, o trabalho de Prudêncio da Silva *et al.* (2014) comparou os encargos ambientais de sistemas convencionais com *Free range* da França usando uma abordagem do berço ao portão do abatedouro. Dados para modelagem dos sistemas convencionais foram coletados no Estado de Santa Catarina em parceria com agências de extensão local, empresas de pesquisa e cooperativa de alimentos.

2.4.2 Fonte de dados dos estudos

Em uma modelagem de ACV a quantidade de conjunto de dados usados é elevada, tornando improvável que todos os dados que irão ser usados possam ser coletados. Para tanto, empresas e agências governamentais disponibilizam bancos de dados que auxiliam o pesquisador a compor seu inventário com informações qualitativas e quantitativas das entradas e saída matérias e dos fluxos de energia envolvidos nos sistemas produtivos.

Segundo o manual *International Reference Life Cycle Data System*(ILCD) a qualidade destes dados pode ser estruturada por representatividade, completude, precisão/incerteza, adequação e consistência metodológica (WOLF *et al.*, 2010). A representatividade ganha atenção por ser um item chave para a modelagem atribucional ¹²de uma cadeia de abastecimento já existente, ou seja, os modelos de sistemas produtivos devem refletir o que realmente acontece nos processos produtivos.

¹² ACV atribucional: Segundo o manual ILCD (2014), a modelagem atribucional é uma contabilização descritiva das entradas e saídas de todos os processos à medida que eles ocorram.

Para isso, alguns autores buscam dados de *foreground*¹³, ou dados de primeiro plano diretamente *in loco*, com abordagens de entrevista e envio de questionários para empresas e produtores, como descrito no Quadro 3.

Autor	Dados de primeiro plano
Widheden e Stromberg (2001)	Questionário <i>in loco</i> .
Spies (2003)	Literatura e entrevistas com atores da cadeia, integrados e instituições de pesquisa.
Ellingsen e Aanondsen (2006)	Questionários e Literatura: Anon (2002), Waagbo <i>et al.</i> (2001), Berge (1997), Bjørkli (2002), Bagley (2002) e Widheden <i>et al.</i> (2001).
Williams <i>et al.</i> (2006)	Literatura científica e popular, sites de Associação e Iniciativas de Gerenciamento de Solo, Defra e USDA.
Katajuuri <i>et al.</i> (2008)	Questionários em 16 fazendas e uma empresa na região.
Pelletier (2008)	Literatura.
Williams <i>et al.</i> (2009)	Williams <i>et al.</i> (2006).
Cederberg <i>et al.</i> (2009)	Inventários e literatura nacional.
Boggia <i>et al.</i> (2010)	Questionário <i>in loco</i> .
Leip <i>et al.</i> (2010)	CAPRI Database, JRC Agri4cast action (climate), INRAtion© (feeding strategy) e Eurostat (farm types).
Nielsen <i>et al.</i> (2011)	Empresas da Dinamarca, 6 produtores e 2 abatedouros da região.
Castellini <i>et al.</i> (2012)	Questionário direto em 4 fazendas.
Bengtsson e Seddon (2013)	Inghams Enterprises.
Leinonen <i>et al.</i> (2012)	Indústria de frangos.
Alig <i>et al.</i> (2012)	Empresas regionais.

¹³ Dados de *foreground*: Também chamados de dados de primeiro plano são definidos como os processos do sistema que são diretamente afetados, no que diz respeito à sua seleção ou modo de operação, pelas decisões analisadas no estudo. Os processos de primeiro plano são aqueles que estão sob controle direto do produtor, operador do serviço ou usuário do bem ou sobre os quais ele exerce uma influência decisiva (SILVA *et al.* 2015).

Wiedemann <i>et al.</i> (2012)	Empresas e fazendas da região. Visitas em um período de 12 meses.
Prudêncio da Silva <i>et al.</i> (2014)	EPAGRI, EMBRAPA, AURORA. Na França: AGRESTE, 2006, INRA UMR SAS, MAISADOUR, e questionários.
Leinonen <i>et al.</i> (2013)	Dados médios de fazendas da região fornecidos por indústrias.
González-García <i>et al.</i> (2014)	Questionários, entrevistas e visitas em fazendas e abatedouros.
Van der Werf e Salou (2015)	AGRIBALYSE LCI, França.
Cesari <i>et al.</i> (2016)	Entrevistas <i>in loco</i> .
Paolotti <i>et al.</i> (2016)	Questionário <i>in loco</i> , FADN Database (Farm Accountancy Data Network, 2010-2013).
Wiedemann <i>et al.</i> (2016)	Questionário <i>in loco</i> com 38 produtores, AustLCI database (Life Cycle Strategies, 2015).
Kalhor <i>et al.</i> (2016)	Questionário <i>in loco</i> .

Quadro 3 - Fonte de dados de primeiro plano.

Fonte: Autor (2018).

A pesquisa de Katajajuuri *et al.* (2008) representa a complexidade para se obter dados quando se assume fronteiras para avaliação que contemplam quase toda cadeia de suprimentos. No escopo do estudo foram considerados as etapas de criação de matrizes, produção e transporte dos ovos, produção de ração, criação de frangos de corte, transporte para o abatedouro, etapa de abate, corte, embalagem, cultivo de ervas e óleos usados para temperar a carne, entrega e armazenamento em lojas do varejo.

Para atender toda demanda de dados, e tornar o estudo representativo para a cadeia finlandesa, a abordagem de Katajajuuri *et al.* (2008) envolveu aplicação de questionários e visitas. Dados referente ao manejo do esterco dos frangos na etapa de criação e depois quando estocado foram retirados em 16 fazendas da região e o consumo de energia elétrica, calor e água da fase de abate e processamento da carne foram obtidos acompanhando os processos de uma empresa local. Informações sobre práticas de cultivo, uso de fertilizantes e corretivos do solo, eficiência e emissões de maquinários foram retirados da literatura.

Dados de *background*¹⁴, ou dados de segundo plano, relativos a processos anteriores a produção principal normalmente são obtidos em estudos semelhantes ou através de base de dados de ACV. A maioria dos trabalhos a partir de Williams *et al* (2006) usaram a base de dados *Ecoinvent*, uma organização suíça fundada entre institutos federais de tecnologia, laboratórios e iniciativa privada que desenvolveram o maior banco de dados mundial de alimentos para ACV.

2.4.3 Unidades de Análise (U.F)

De acordo com a NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a), dentro da fase de objetivo e escopo de uma ACV as características de desempenho do sistema em estudo devem estar especificadas. O desempenho do sistema resulta em um produto de referência, que serve de referência para comparação com outros sistemas.

Na maioria dos artigos revisados e listados no Quadro 4, a unidade funcional foi baseada somente em massa (1 kg ou 1000 kg). No entanto, outras formas de definir a unidade funcional são apresentadas e descritas abaixo.

Autor	Unidades de referência
Widheden e Stromberg (2001)	1 kg de carne fresca empacotada
Spies (2003)	1 tonelada de peso vivo no abatedouro
Ellingsen e Aanonsen (2006)	200 gramas de corte
Williams <i>et al.</i> (2006)	1 tonelada de peso vivo
Katajuuri <i>et al.</i> (2008)	1 tonelada de filé marinado e assado empacotado
Pelletier (2008)	1 tonelada de peso vivo
Williams <i>et al.</i> (2009)	1 tonelada de peso de carcaça
Cederberg <i>et al.</i> (2009)	1 kg de carne com osso no portão da fazenda
Boggia <i>et al.</i> (2010)	1 kg de carne de frango
Leip <i>et al.</i> (2010)	1 kg carne (80% peso vivo)

¹⁴ Processos de *background*: também conhecido como processos de segundo plano, abrangem os processos que são operados como parte do sistema, mas não estão sob controle direto ou influência decisiva do produtor do bem. Para modelagem atribucional, esses geralmente são processos nos fornecedores de segundo nível e além, tanto a montante como a jusante na cadeia de abastecimento (SILVA *et al.* 2015).

Nielsen <i>et al.</i> (2011)	1 kg carne (70% peso vivo)
Castellini <i>et al.</i> (2012)	1 kg de carne
Bengtsson e Seddon (2013)	1 tonelada de frango assado e filé de peito até o varejo
Leinonen <i>et al.</i> (2012)	1 tonelada de peso de carcaça
Alig <i>et al.</i> (2012)	1 kg de carne fresca no varejo
Wiedemann <i>et al.</i> (2012)	1 kg de frango gelado e frio no portão do abatedouro
Prudêncio da Silva <i>et al.</i> (2014)	1 tonelada de frango congelado e empacotado para distribuição.
Leinonen <i>et al.</i> (2013)	1 tonelada de peso de carcaça.
González-García <i>et al.</i> (2014)	1.2 kg de carne pronto para distribuição.
Van der Werf e Salou (2015)	1 tonelada por hectare e 1000 Euros de peso animal vivo.
Cesari <i>et al.</i> (2016)	1 kg de peso de carcaça.
Paolotti <i>et al.</i> (2016)	1 tonelada de carne.
Wiedemann <i>et al.</i> (2016)	1 kg de frango congelado pronto para embalar e distribuir e 1 kg de frango desossado e sem pele pronta para distribuição.
Kalhor <i>et al.</i> (2016)	1 tonelada de peso vivo no portão da fazenda e 1 tonelada de carne de frango no portão no abatedouro.

Quadro 4 - Unidades Funcionais encontradas na literatura.

Fonte: Autor (2018).

A unidade funcional também pode referenciar o conteúdo energético dos alimentos. No entanto, nenhum artigo revisado continha valores nutricionais como unidade de análise, mas alguns trabalhos basearam-se em recomendações nutricionais a fim de formular unidades de massa. Ellingsen e Aanonsen (2006) usaram 200g de filé de peixes e de frango, que corresponde a fonte de proteína em uma refeição padrão servida em um restaurante na Noruega, a justificativa para escolha das duas fontes de proteína é de que ambas são produtos substitutos no mercado e que informações sobre impactos ambientais na produção de peixe e frango pode influenciar na decisão do consumidor.

Partindo do mesmo princípio, González-García *et al.* (2014) formularam uma unidade funcional a fim de satisfazer uma refeição baseado na quantidade de proteína diária para quatro pessoas recomendada pela *Centers for Disease Control and Prevention (CDC)*, que é uma

agência do Departamento de Saúde e Serviços Humanos do governo dos Estados Unidos (HHS-*Health and Human Services*).

Com o objetivo de contribuir nos critérios de escolha da UF de ACV em cadeias alimentares, Schau e Fet (2008) afirmam que uma maneira mais sofisticada de definir uma unidade funcional seria incluir aspectos qualitativos como textura, viscosidade e nutrientes do produto na descrição. Essa prerrogativa foi argumentada no relatório parlamentar francês, citado por Van Der Werf e Salou (2015) sugerindo que para alimentos a unidade funcional deve sempre basear-se em valor nutricional, com a finalidade de facilitar o entendimento do consumidor quanto a rotulagem.

Nesse sentido, Van Der Werf e Salou (2015) objetivaram contribuir para o debate do uso da UF ideal com mais argumentos. Os autores usaram a quantidade de frangos produzida por hectare como forma de assumir uma unidade funcional refletindo a função dos sistemas agrícolas como modais de uso da terra e, o valor econômico expresso em moeda corrente para compra de frangos orgânicos e convencionais produzidos na França. O foco na escolha econômica foi que ela pudesse ser representativa para uma rotulagem ambiental, e acabou resultando como um complemento atrativo para as unidades em massa já usadas.

Nota-se a possibilidade de iteração quanto a parametrização dos fluxos materiais referente a unidade funcional, Nielsen *et al.* (2011) fez todo o inventário para um frango inteiro mas observou que os recursos de entrada poderiam ser divididos pelo peso médio do frango então, usou como unidade funcional 1 kg de carne definidos a partir do peso de carcaça com ossos, fígado e coração cortado e empacotado para o varejo, valor também usado por Leip *et al.*, (2010) com diferença no rendimento de carcaça de 10% para mais neste último estudo.

Usar a unidade de medida em valor de massa como UF é o mais usual quando há comparação de produtos do mesmo sistema de criação. Ainda que pouco explicado em seu artigo, Boggia *et al.* (2010) justifica o uso de 1 kg de carcaça animal como UF para comparar a criação em sistemas orgânicos similares. A principal diferença entre os sistemas de criação orgânico e orgânico-plus descritos no estudo foi o tempo de abate, de 81 a 110 dias, pois as rações quais representaram a maior contribuição nas categorias de impacto analisadas, eram idênticas para ambas dietas.

Alguns estudos não deixam claro a justificativa da unidade funcional ou não há distinção evidente entre a unidade funcional e o fluxo de referência. Pelletier (2008) teve o propósito de avaliar o desempenho da cadeia avícola americana e auxiliar a atingir o gerenciamento efetivo da cadeia de suprimentos para um melhor desempenho ambiental e usou mil quilos de frangos

vivos como sua unidade de referência, sem critério de escolha, assim como Spies (2003) que em sua tese estipulou uma tonelada de peso vivo transportados até o abatedouro por conveniência e facilidade de interpretação.

2.4.4 Métodos para cálculo das emissões

O objetivo da cadeia do frango de corte é transformar proteína vegetal em proteína animal. Durante as fases do processo de transformação emissões para o ar, solo e água são observadas e estimadas através de fatores de emissão que podem ser encontrados em guias técnicos científicos ou outras formas de literatura.

Desde o primeiro trabalho de Wiedheden *et al.* (2001), há duas formas encontradas de compor os inventários de emissões dos sistemas de produção modelados, usando dados de outros trabalhosos (ELLINGSEN; AANONDSSEN, 2006; SPIES, 2003) ou estimando através dos manuais do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC).

A partir de 2006, o guia do IPCC abordou e desenvolveu procedimentos metodológicos com o intuito de inventariar os GEE da produção primária animal e vegetal (DONG *et al.*, 2006), desde então foi estabelecido o conceito de Tier, ou nível em uma tradução livre. Este guia descreve três métodos para calcular a quantidade de emissões de CH₄ (Metano) e N₂O (Óxido Nitroso) provenientes da fermentação entérica dos animais e manejo de esterco chamados Tier 1, Tier 2 e Tier 3.

Os métodos do IPCC diferenciam-se por fatores de emissão que vão de valores padrão tabelados, chamados de valores *default*, até valores precisos regionalizados que estimam com mais precisão e rigor científico a quantidade de gases emitidos por categoria e fase de criação animal.

De acordo com o levantamento bibliográfico, Cesari *et al* (2016) foram os primeiros autores a calcular emissões de gases provenientes do manejo de esterco com o método Tier 2 do IPCC. Este estudo foi feito em sistemas de produção verticalmente integrados na Itália, e usou ainda equações de nível Tier 2 da *European Environmental Agency* (EEA) para calcular emissões de amônia e óxido nitroso do uso de esterco como fertilizante orgânico para produção de milho (AMON *et al.*, 2016).

Wiedemann *et al.* (2012) usaram o método Tier 2 disposto no manual do *Department of Climate Change and Energy Efficiency* (DCCEE) do governo da Austrália para calcular emissões de óxido nitroso das culturas de grãos que entram no escopo definido. O guia é uma

compilação de métodos Tier 2 e Tier 3 para estimar os gases de efeito estufa em conformidade com as diretrizes do IPCC (1997 a 2003) e considera como fontes de emissão: aplicação de cama de frango como fertilizante orgânico em plantações, emissões indiretas associadas a perdas de volatilização de nitrogênio durante a aplicação de fertilizantes orgânicos e perdas de nitrogênio associadas a resíduos vegetais.

Ainda segundo Wiedemann *et al.* (2012), há diferenças entre os métodos do DCCEE e do IPCC principalmente com relação as fontes de emissões. O método australiano não considera emissão de amônia no manejo de esterco nem da aplicação destes como fertilizante orgânico, já o IPCC possui fatores de emissão para as duas etapas mostrando ter resultados mais condizentes com a realidade na produção.

2.4.5 Softwares e Métodos de Análise de Impacto do Ciclo de Vida

Para o processamento do inventário, programas computacionais disponibilizam, compilam, organizam e calculam dados dos fluxos de materiais e de energia. Isso é feito através de modelos quantitativos que caracterizam as emissões dos fluxos a partir de fatores de substâncias específicas que expressam algum impacto potencial de acordo com um indicador de categoria, posteriormente os resultados são expressos em uma unidade comum as emissões dentro da categoria de impacto.

Modelos de caracterização apresentam características específicas e são chamados de Métodos de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV).

O Quadro 5 reúne os métodos adotados para avaliação de impacto e os softwares usados para o processamento dos dados.

Autor	Software	Método de AICV
Widheden e Stromberg (2001)	LCAiT	IPCC 1997
Spies (2003)	SimaPro 5	Eco-indicator 95
Ellingsen e Aanondsen (2006)	SimaPro	Eco- indicator 99
Williams <i>et al.</i> (2006)	Excel	IPCC 2001 (GWP 100), abiotic resource (CML)
Katajuuri <i>et al.</i> (2008)	-	Finnish Eco-Benchmark method (Nissinen <i>et al.</i> 2007)
Pelletier (2008)	SimaPro v7.0	CML 2 Baseline 2000

Williams <i>et al.</i> (2009)	-	-
Cederberg <i>et al.</i> (2009)	-	IPCC 2006
Boggia <i>et al.</i> (2010)	SimaPro v8.0	Eco-Indicator 99
Leip <i>et al.</i> (2010)	-	IPCC 2006
Nielsen <i>et al.</i> (2011)	Simapro v7.1	IPCC 2007 GWP 100A
Castellini <i>et al.</i> (2012)	SimaPro 8.0	Eco-Indicator 99
Bengtsson e Seddon (2013)	SimaPro	BP LCI
Leinonen <i>et al.</i> (2012b)	Versão v7.2.4	IPCC (2006)
Alig <i>et al.</i> (2012)	SimaPro v7.3	SALCA
Wiedemann <i>et al.</i> (2012)	SimaPro	CED, LHV, IPCC, ABS.
Prudêncio da Silva <i>et al.</i> (2014)	CMLCA	CML-IA, versão 2.04 of CML 2001
Leinonen <i>et al.</i> (2013)	-	IPCC, CML, PAS 2050 (para LUC)
González-Garcia <i>et al.</i> (2014)	SimaPro 7.3.2	CML 2001, CED by Hirsch <i>et al.</i> (2009)
Van der Werf e Salou (2015)	-	CML 2001
Cesari <i>et al.</i> (2016)	SimaPro 8.0.3	CML-IA V3.01, CED V1.08
Paolotti <i>et al.</i> (2016)	SimaPro v8.0	Eco-Indicator 99
Wiedemann <i>et al.</i> (2016)	SimaPro v8.0	IPCC AR4, dLUC (LEAP 2014), Water Use (Pfister <i>et al.</i> 2009)
Kalhor <i>et al.</i> (2016)	SimaPro v7.1	CML 2 baseline 2000 v2.04/world

Notas: Australian Bureau of Statistics (ABS), Building Product Life Cycle Inventory (BP LCI), SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment), Cumulative Energy Demand (CED), Lower Heating Values (LHV), Direct Land Use Change (dLUC), PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION BSI (PAS 2050), Institute of Environmental Sciences (CML).

Quadro 5 - Softwares e métodos.

Fonte: Autor (2018).

2.5 ECOEFICIÊNCIA COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O modelo de desenvolvimento sustentável¹⁵ em seu conceito mais moderno foi concebido a partir do relatório de Brundtland (1987) no final da década de oitenta e impulsionou

¹⁵ Desenvolvimento sustentável: Em essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança em que a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as

muitos países a incluírem em suas agendas de política global princípios que norteiam o crescimento econômico reconhecendo a finitude dos recursos naturais e os limites ambientais.

No início da década de noventa grandes empresas industriais se uniram em torno dos objetivos do desenvolvimento sustentável tratados na cúpula *United Nations Conference on Environmental and Development* Rio 92 (UNCED). O setor empresarial reconheceu as premissas desse modelo de desenvolvimento como novas estratégias de gestão a serem incorporadas de forma que as preocupações ambientais devam estar vinculadas nas oportunidades de negócios, o resultado foi a criação do *Business Council for Sustainable Development* (BCSD) que mais tarde influenciou outros grupos de empresas com os mesmos interesses a organizarem-se de forma independente e associarem-se formando o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD).

Em meados da década de noventa a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), organização de livre mercado que busca comparar políticas econômicas e solucionar problemas comuns entre seus integrantes e parceiros, realizou um workshop na Noruega para esclarecer vários conceitos relacionados ao consumo e a produção sustentável. A discussão girou em torno de termos como Pegada Ecológica, Contabilidade Verde e Ecoeficiência, que foram apresentados como "conceitos de indicadores e *benchmarks* para o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável" (OECD, 1998).

De acordo com o relatório, os ministros dos países da OECD encorajaram seus membros a trabalhar com o conselho empresarial do WBCSD para avaliar o conceito de ecoeficiência como uma estratégia que pudesse desvincular gradualmente o uso de recursos naturais e a emissão de poluentes da atividade econômica com o passar dos anos (OECD, 1998).

Após um período em que o interesse político foi diminuindo lentamente com relação ao tema, Holden *et al.*, (2017) destacam a cúpula *The United Nations Conference on Sustainable Development* Rio 2012 (UNCSD) como uma maneira forte e bem-sucedida de resgatar a atenção das grandes nações para o desenvolvimento sustentável. Nessa conferência um conjunto de novos objetivos globais para o desenvolvimento sustentável foram debatidos e dispostos nas agendas dos países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) que se comprometeram a trabalhar sua implantação até 2030.

Desde então, com a intenção de contribuir para o desenvolvimento sustentável muitos materiais foram publicados por estudiosos e agencias nacionais de conservação e defesa do

mudanças institucionais estão todas em harmonia e melhoram o potencial atual e futuro para atender às necessidades e as aspirações humanas (KEEBLE, 1988).

meio ambiente com abordagens e orientações para as organizações caminharem em direção a este modelo de desenvolvimento, como pode ser encontrado nos relatórios da *United Nations Commission on Sustainable Development* (UNCSD), da *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE), da *United Nations Environment Programme* (UNEP), da *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD), da *European Environmental Agency* (EEA), entre outros (HOLDEN *et al.*, 2015).

2.5.1 O termo ecoeficiência

No final da década de oitenta os autores Schaltegger e Sturm (1990) escreveram um artigo em alemão, traduzido para o português é titulado como Racionalidade Ambiental, introduzindo o termo ecoeficiência como uma relação cruzada entre a racionalidade socioeconômica e as questões ecológicas, associando impacto ambiental com valor da produção de bens e serviços (EHRENFELD, 2005; HUPPES e ISHIKAWA, 2005; KICHERER *et al.*, 2007).

Segundo Kicherer *et al.* (2007) o produto acadêmico de Schaltegger e Sturm explicam a ecoeficiência como um dos principais objetivos voltado ao gerenciamento ambiental corporativo sendo operacionalizada em vários níveis de uma estrutura organizacional e aplicado a diferentes projetos. De forma geral Kicherer *et al.* (2007) resumem a abordagem em três pontos principais:

- A maximização do resultado de um recurso econômico.
- A eficiência ecológica, interpretada a partir de uma visão puramente ambiental.
- O cruzamento dos itens anteriores podendo ser entendida como eficiência econômico-ecológica, resultado da mensuração do impacto ambiental adicionado causado por unidade monetária gerada.

A promoção do termo e seu uso mais expressivo veio poucos anos depois difundido pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) na conferência Rio92. O conselho empresarial originalmente descrevia ecoeficiência como a minimização do impacto ambiental na produção de bens e serviços através da utilização de menos recursos, ou em sua forma resumida "fazer mais com menos" (MADDEN *et al.*, 2006).

Com o passar dos anos o WBCSD publicou outros guias com práticas voltadas ao desenvolvimento sustentável em categorias como energias renováveis, valoração dos recursos

hídricos, recursos humanos e diálogo com os *stakeholders*¹⁶. Em seu último guia sobre ecoeficiência a defini como uma meta a ser "alcançada através da entrega de bens e serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, reduzindo progressivamente os impactos ecológicos e a intensidade dos recursos ao longo o ciclo de vida, até um nível de consonância com a capacidade estimada de carga suportada da terra", e para isso impunha três objetivos (WBCSD, 2005):

- Redução do consumo de recursos. reduzir o consumo de materiais e energia através de reciclagem e produzir produtos com maior qualidade e vida mais longa.
- Reduzir o impacto ambiental. Usar recursos renováveis, minimizar as emissões, minimizar os resíduos e substâncias tóxicas.
- Fornecer produtos e serviços de maior qualidade. Promover serviços adicionais para que permitam a funcionalidade ou o aumento no tempo de vida.

Além do WBCSD outras organizações comprometidas com o desenvolvimento sustentável interpretam e definem o conceito de ecoeficiência. A OECD inicialmente tratou a ecoeficiência como um dos mais úteis conceitos direcionados ao desenvolvimento sustentável, é definia como "a eficiência com que os recursos ecológicos são usados para atender às necessidades humanas" (OECD, 1998). Atualmente a organização entende ecoeficiência como um perfil de combinações entre a contribuição econômica, que pode ser o percentual que cada indústria contribui para o produto interno bruto, com a carga ambiental representada pelas emissões de diversos resíduos (OECD, 2005).

A *European Environment Agency* (EEA) defini a ecoeficiência como um conceito e uma estratégia que possa promover a desvinculação de forma suficiente do uso da natureza na atividade econômica, atendendo as necessidades humanas e mantendo as capacidades de cargas ambientais, permitindo o uso equitativo do meio ambiente pelas gerações atuais e futuras. O EEA ainda trata a ecoeficiência como uma medida relativa necessária, mas não suficiente, na busca pelo desenvolvimento sustentável (EEA, 1998).

A *International Organization for Standardization* ISO traz em seus documentos o termo ecoeficiência definida como "o aspecto da sustentabilidade que relaciona o desempenho ambiental e um sistema de produto ao valor do sistema de produto" (ABNT, 2014). De forma sucinta a agencia federal americana *United States Environmental Protection Agency* (EPA)

¹⁶ Stakeholder: entende-se por stakeholders todos os interessados no negócio, envolvidos de alguma forma com consumo, produção, fornecimento sendo afetados direta ou indiretamente afetados pelos processos.

defini ecoeficiência como uma avaliação destinada a maximizar a eficiência econômica de um processo de produção e minimizar seu impacto no meio ambiente (EPA, 2017).

As definições das organizações se completam e não divergem aparentemente quanto ao conceito, a principal diferença é referente a ecoeficiência ser absoluta ou relativa, como na definição da agência europeia EEA que orienta que método avalie se o sistema de produto avaliado é melhor ou pior em relação a outro comparado, nunca se é bom ou ruim para o meio ambiente (Hupples e Ishikawa, 2005).

De tal forma a ecoeficiência pode ser encarada como uma estratégia de gerenciamento corporativo que vincula o desempenho financeiro com o desempenho ambiental para criar mais valor para os negócios com o menor impacto ambiental possível e está diretamente harmonia com os objetivos do desenvolvimento sustentável.

2.5.2 A NBR ISO 14045.

A norma NBR ISO 14045 descreve a ecoeficiência como uma ferramenta prática para a gestão que avalia o desempenho ambiental de um sistema de produto em paralelo com o seu valor (ABNT, 2014). A norma foi elaborada pelo Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (ABNT/CB-38) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a partir da adoção idêntica de conteúdo técnico da normativa do *Technical Committee Management* (ISO/TC 207) da *International Organization for Standardization* (ISO) de 2012.

O documento estabelece uma estrutura metodológica para uma avaliação de ecoeficiência, a orientação do planejamento e a condução das etapas da avaliação são feitas a partir da perspectiva do ciclo de vida¹⁷ de um produto ou serviço. O método divide com a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) alguns princípios fundamentais como a abordagem a partir da unidade funcional, o caráter iterativo que envolve os resultados de outras fases, a transparência na aplicação e na publicação dos resultados para uma melhor interpretação do público alvo e a abordagem científica que utiliza fontes de dados representativos para o inventário (ABNT, 2014).

A estrutura é composta de cinco fases, conforme exposto na Figura 4. Na fase inicial há requisitos para definição do objetivo e do escopo comuns a NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b), dentre eles o público-alvo, a finalidade da avaliação, a aplicação pretendida dos resultados e as

¹⁷ Ciclo de vida do produto: Segundo a NBR ISO 14045 a perspectiva do ciclo de vida é uma visão sistêmica da extração e aquisição de matérias-primas, a produção de energia e materiais, a manufatura, o uso do produto ou serviço, o tratamento do fim de vida até a disposição final (ABNT, 2014).

fronteiras do sistema de produto que devem ser as mesmas tanto para a avaliação ambiental quanto para a avaliação do valor.

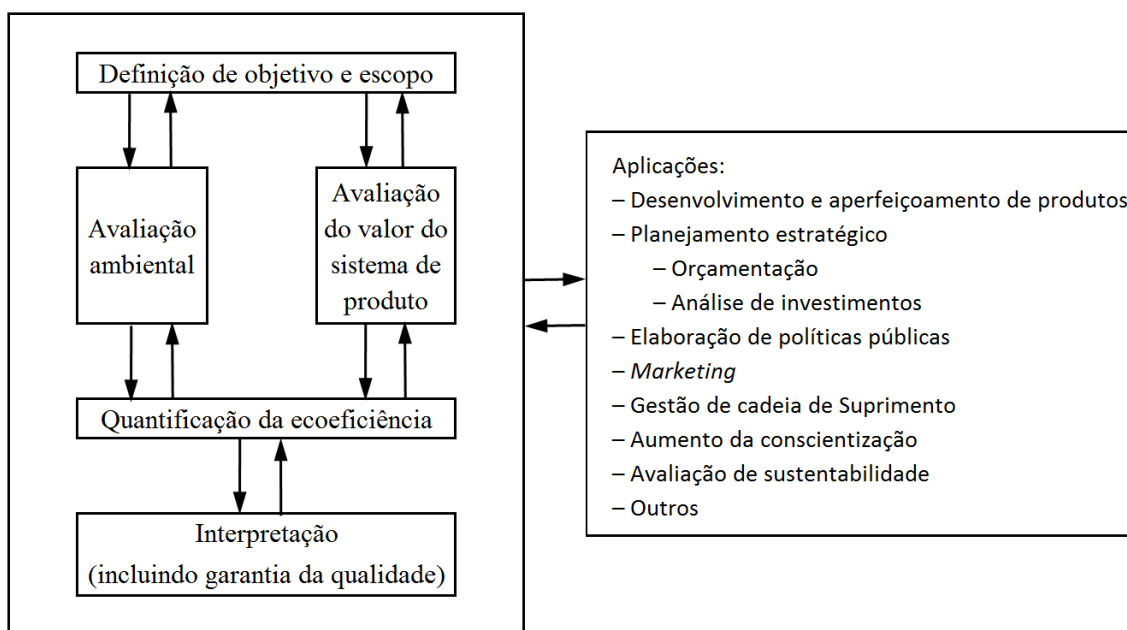


Figura 4 - Fases de uma avaliação de ecoeficiência.

Fonte: ABNT NBR ISO 14045 (2014).

Para a segunda fase, o documento determina que a avaliação ambiental esteja em conformidade com as normas NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009 a,b). O aspecto ambiental deve ser representado pelos fluxos elementares apontados, pelas regras de alocação, pelas categorias de impacto escolhidas e pelos modelos de caracterização dispostos no método de análise de impacto utilizado.

Na terceira fase, o documento indica que há muitas maneiras de se valorar um sistema de produto e categoriza os exemplos em basicamente duas formas, pelo valor funcional e pelo valor monetário. Em valor monetário a normativa entende que o sistema de produto pode ser quantificado e expressado em termos de custo, valor agregado, lucro, investimento futuro e outros. O valor deve ser quantificado com referência a unidade funcional e de acordo com o objetivo e o escopo, uma vez que o mesmo sistema de produto pode ter valor diferente de acordo com a parte interessada, ex. o mesmo sistema de produto possui valores diferentes para o consumidor, para o investidor e para o produtor.

A avaliação a partir da NBR ISO 14045 apresenta três características-chave que são:

- O resultado deve ser referente ao sistema de produto analisado e não ao produto em si.
- A definição de ecoeficiência é atribuída ao sistema de produto.

- Como se trata de um termo relativo, um sistema de produto pode ser classificado como mais ou menos ecoeficiente que outro, nunca absolutamente se é ecoeficiente ou não.

Para a etapa de quantificação na quarta fase à medida que relaciona o desempenho ambiental ao valor do sistema de produto deve ser definida. Na escolha desse indicador a norma orienta que o requisito seja a eficiência em ao menos um dos dois aspectos seguintes: que o aumento da eficiência para um mesmo valor do sistema de produto apresente uma melhoria ambiental ou que o aumento da eficiência para um impacto ambiental represente um acréscimo no valor do sistema de produto (ABNT, 2014).

Após a quantificação há a possibilidade de realizar uma análise de sensibilidade qual pode utilizar vários métodos para a determinação dos indicadores ambientais e de valor do sistema de produto. A NBR ISO 14045 recomenda a análise de sensibilidade e incerteza para avaliações de ecoeficiência comparativas quando divulgadas publicamente (ABNT, 2014).

Na fase final de interpretação dos resultados a avaliação ambiental e de valor devem ser documentadas separadamente dos resultados da avaliação de ecoeficiência. A identificação de itens significantes após a avaliação e a elaboração das conclusões e recomendações devem ser apresentadas de forma completa e precisa juntamente com os resultados, os métodos, os dados e demais detalhes para a interpretação dos interessados.

3. METODOLOGIA

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

Para dar início a avaliação de ecoeficiência em sistemas de produção de frangos de corte o primeiro passo foi estabelecer geograficamente a área que contemplasse uma produção avícola significativa e representativa dentro da cadeia do frango de corte no Brasil para posteriormente elaborar uma estratégia de obtenção dos dados que atendessem a segunda fase da ACV de inventário do ciclo de vida.

A partir do relatório anual de produção de aves da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2017) observa-se que quase 67% da produção total de frango de corte encontra-se na região sul do País, abrangendo os Estados do Paraná com 32,46%, Santa Catarina com 16,24% e o Rio Grande do Sul com 14,13%. Há uma característica estratégica deste polo produtor, a proximidade com os portos de Paranaguá/PR, Itajaí/SC, Santos/SP e São Francisco do Sul/SC facilitam as atividades de exportação, cerca de 90,1% de toda produção da carne de

frango e seus derivados produzidos no país e direcionados para exportação passam por estes portos (SECEX, 2017).

Para identificar a área de concentração na produção de frangos orgânicos foi feito um levantamento dos produtores a partir do Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos disponível na página virtual do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017). Na planilha disponibilizada pelo órgão governamental estão listados todos os produtores de orgânicos bem como a listagem dos organismos que controlam a conformidade orgânica para a comercialização. Os seguintes filtros foram inseridos: Estado, cadastro ativo, cidade, produção primária animal, produção de frangos e frangas.

3.2 AVALIAÇÃO DE ECOEFICIÊNCIA

3.2.1 Definição do objetivo e escopo

O objetivo e o escopo de uma avaliação de ecoeficiência precisa ser o mesmo que o de uma avaliação de ciclo de vida. De acordo com a NBR ISO 14045, a definição do objetivo e escopo compreendem a primeira fase do processo avaliação de ecoeficiência e define o propósito da investigação a fim de garantir resultados significativos (ABNT, 2014). Desta forma, são observados no objetivo: a aplicação pretendida, as razões para o estudo e o público qual pretende comunicar os resultados; e no escopo: o sistema de produto a ser estudado e sua função, a unidade funcional, a fronteira do sistema de produto, os procedimentos de alocação utilizados, a escolha dos indicadores, as limitações e a forma como será divulgado os resultados.

Uma revisão em estudos análogos fez-se necessária para subsidiar etapas metodológicas, especificamente quanto ao uso do método da ACV para com o objeto frango de corte, de forma a validar escolhas como: dados de segundo plano passíveis de utilização, modelos de planilhas e questionários para coletas de dados primários, conversões métricas para atender o critério de alocação, descrição dos níveis tecnológicos dos sistemas já estudados, os possíveis fluxos elementares, as técnicas de alocação utilizadas, modelos de caracterização e métodos de análise de impacto comuns.

3.2.2 Avaliação ambiental

A ferramenta utilizada para a avaliação ambiental foi a ACV. A ACV estima os potenciais impactos ambientais que produtos ou serviços carregam da sua ascensão até sua disposição final. Essa ferramenta utiliza uma visão holística de toda cadeia de suprimentos que abastece um determinado sistema de produto e atribui a ele de forma responsável uma fração das cargas ambientais de outros sistemas de produção (GUINÉE *et al.* 2011; HAUSCHILD *et al.* 2013).

De acordo com a normativa NBR ISO 14044 a metodologia da ACV é composta por quatro fases: definição do objetivo e escopo, inventário do ciclo de vida (ICV), avaliação de impacto do ciclo de vida e interpretação dos resultados (ABNT, 2009b). Na etapa de avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) todas as entradas e saídas dos fluxos elementares que foram levantados na etapa do ICV são posteriormente convertidos em indicadores de impacto através de métodos de avaliação que traduzem as extrações dos recursos naturais e as emissões para um número limitado de *scores* de impacto ambiental (HAUSCHILD *et al.* 2013)

Estes métodos para avaliação de impactos ambientais são modelos matemáticos de caracterização que convertem quantitativamente os resultados do inventário em resultados de indicadores de categoria de impacto, baseado em processos químicos, físicos e biológicos que atravessam a fronteira tecnológica e chegam a ecossfera¹⁸ podendo causar danos para os recursos naturais, danos para a qualidade do ecossistema e danos para saúde humana (GUINÉE, 2002).

De acordo com os estudos encontrados na literatura relativos a aplicação da ACV com o objeto frango de corte, o método mais usado para avaliar impactos é o CML-IA 2 *baseline* 2000, e as categorias de impacto mais analisadas são mudanças climáticas, acidificação potencial, eutrofização potencial e mudanças de uso da terra. Assim, para este estudo a escolha foi o método CML-IA 2 *baseline* 2000 na sua versão 4.2 que contempla modelos de caracterização a nível global para as categorias acidificação, eutrofização, aquecimento global (100a), depleção da camada de ozônio, toxicidade humana, ecotoxicidade de água doce, ecotoxicidade de água marinha, ecotoxicidade terrestre e Oxidação fotoquímica.

O subsidio para escolha do método de AICV foi o estudo de MENDES (2013) que analisou métodos e modelos de caracterização para aplicação de uma AICV no Brasil, concluindo que como não existem métodos desenvolvidos para o território nacional nem para a América do Sul é indicado o uso de métodos que apresentem abrangência global.

¹⁸ Ecosfera: entende-se ecossfera por biosfera, como o conjunto de todos os ecossistemas da terra.

3.2.3 Avaliação do valor do sistema de produto

O desempenho financeiro de um empreendimento é avaliado a partir de técnicas que usam os dados contábeis disponíveis nos relatórios financeiros e estipulam o retorno obtido sobre o capital investido pelos sócios. Esse tipo de avaliação permite as empresas comparar o desempenho de negócios da mesma finalidade em um determinado período e entender o quanto bem usam seus ativos para gerar receitas.

Vários são os modelos encontrados na literatura utilizados para medir o desempenho financeiro de uma empresa como: o Retorno Sobre o Investimento, o Lucro por Ações, o Retorno sobre os Ativos Líquidos e o Lucro Médio Ponderado (MALMI; IKÄHEIMO, 2003). De acordo com Peterson e Peterson (1996) estas medidas são chamadas de **medidas tradicionais** e estabelecem relação entre o lucro líquido, lucro operacional e lucro por ações com o patrimônio líquido, o ativo total, o investimento total e o preço de mercado das ações, considerando suficiente quando os lucros superam o custo de capital.

No início da década de 90 a consultoria americana Stern Stewart & Co. desenvolveu e patenteou uma medida de desempenho financeiro chamada de *Economic Value Added* (EVA), essa medida também é encontrada na literatura como medida de valor adicionado ou medida de valor agregado. De acordo com Lovata e Costigan (2002) os fundadores da consultoria G. Bennett Stewart III e Joel Stern se empenharam em propor uma medida de avaliação com o objetivo de capturar o verdadeiro lucro de um negócio, chamado de lucro econômico, considerando o custo do capital próprio investido e o risco das operações.

O princípio basilar do EVA é avaliar o desempenho dos empreendimentos a partir do valor econômico que os gestores adicionam aos negócios e retornam aos proprietários ou acionistas. Ao contrário das medidas tradicionais de desempenho financeiro o EVA vincula o valor contábil de uma empresa ao seu real valor de mercado, ajustando seu lucro operacional líquido e o subtraindo da quantidade de dinheiro usada para financiar um projeto ao custo médio ponderado de cada fração desse capital investido, conforme pode-se ver a seguir (STERN VALUE MANAGEMENT, 2018):

$$\text{EVA} = \text{NOPAT} - (\text{Capital investido} \times \text{WACC})$$

A fórmula mostra que o EVA é o resultado da diferença entre o lucro líquido aferido após os impostos de forma ajustada, em inglês *Net Operating Profit After Taxes* (NOPAT¹⁹), e uma carga de capital representada pelo capital investido multiplicado pela taxa de custo médio ponderado desse capital chamado na literatura de *Weighted Average Cost of Capital* (WACC²⁰).

O WACC, de acordo com Póvoa (2007) e Ross et al. (2002), pode ser calculado pela seguinte expressão de cálculo:

$$WACC = k_e \times \frac{E}{(D + E)} + k_d \times (1 - t) \times \frac{D}{(D + E)}$$

Onde:

Ke - Custo do capital próprio;

Kd - Custo líquido do capital de terceiros;

t - Alíquota do imposto de renda;

D - *Debt* ou valor do capital de terceiros;

E - *Equit* ou valor do capital próprio;

Essa separação dos custos de capital e a ponderação do valor do capital próprio e do valor do capital de terceiros é o reconhecimento de uma estrutura de custo de capital e o risco das operações do negócio, por conta disso Shil (2009) apresenta o EVA como uma ferramenta mais ampla para tomada de decisão do capital futuro a ser investido do que as medidas tradicionais, as quais consideram somente os lucros contábeis. Autores como Rogerson (1998) e Malmi (2003) também descrevem o EVA como um método para apoiar a gestão indicando o alinhamento entre os interessados, gestores e acionistas do empreendimento, que são incentivados através de diferentes formas de remuneração.

Quando o resultado do EVA é positivo sinaliza que a empresa investiu em projetos que criaram riqueza e aumentaram seu valor real de mercado, e quando seu resultado negativo remete a projetos que em geral não cobriram o custo do capital empregado e consequentemente não criaram riqueza econômica (STERN VALUE MANAGEMENT, 2018).

3.2.4 Quantificação da ecoeficiência

¹⁹ NOPAT: O *Net Operating Profit After Taxes* é o lucro operacional da empresa medido pela eficiência do capital empregado. O único valor não-caixa que é subtraído do NOPAT é a despesa de depreciação (LOVATA; COSTIGAN, 2002).

²⁰ WACC: é uma taxa de desconto obtida pelo custo de cada fração de capital investido no empreendimento, capital de terceiros e de capital próprio (SHILL, 2009).

De acordo com a NBR ISO 14045, os resultados da quantificação da ecoeficiência devem ser positivados através de indicadores relacionando os resultados da avaliação ambiental aos resultados da avaliação de valor do sistema de produto (ABNT, 2014). A normativa não estabelece quais indicadores são próprios para uso, mas determina que um perfil de ecoeficiência seja criado.

O WBCSD (2009) também defende um perfilhamento para que os indicadores sejam publicados. Para o conselho empresarial a informação da ecoeficiência deve ser definida a partir de três níveis: categorias, aspectos e indicadores.

As categorias são áreas de influência ambiental ou de impacto comercial. Cada uma das categorias possuem uma série de detalhes qualitativos ou quantitativos observados, chamados de aspectos. Estes aspectos são passíveis de mensuração e transformados em indicadores, medidas específicas que podem ser usadas para demonstrar o desempenho de uma categoria frente a uma observância em particular. É possível que um determinado aspecto tenha vários indicadores, tudo depende do método de análise.

Independente dos indicadores escolhidos o WBCSD (2009) orienta que para publicar informações de ecoeficiência todas as categorias devam ter: suporte científico, relevância ambiental, precisão e utilidade para todos os tamanhos de empreendimentos.

De tal forma, para o cálculo do indicador de ecoeficiência o valor do sistema de produto será relacionado a influência ambiental. A Tabela 2 mostra as unidades escolhidas do vetor econômico e ambiental.

Tabela 2 - Níveis e indicadores por categoria avaliada.

Categorias	
Valor Econômico	Impacto Ambiental
Aspectos	
EVA/R\$	kg Sb eq
EVA/R\$	kg SO ₂ eq
EVA/R\$	kg PO ₄ -eq
EVA/R\$	kg CO ₂ eq
EVA/R\$	kg CFC-11 eq
EVA/R\$	kg 1,4-DB eq
EVA/R\$	kg 1,4-DB eq
EVA/R\$	kg 1,4-DB eq
EVA/R\$	kg 1,4-DB eq
EVA/R\$	kg C ₂ H ₄ eq
Impacto*	
Depleção abiótica	

+ (positivo): adicionou valor econômico	Acidificação
	Eutrofização
ou	Aquecimento global (100 anos)
	Depleção da camada de ozônio
- (negativo): destruiu valor econômico	Toxicidade humana
	Ecotoxicidade de água doce
	Ecotoxicidade de água marinha
	Ecotoxicidade terrestre
	Oxidação fotoquímica

Notas: Categorias de impacto abordadas pelo método CML-IA *baseline* 2000 versão 4.2.

Fonte: Autor (2018), baseado nas orientações do *World Business Council for Sustainable Development* (2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS REGIÕES

4.1.1 Produtores de frangos de corte em sistemas *Dark House* e convencionais.

Os esforços se concentraram para o levantamento de amostras no Estado do Paraná. Como visto na etapa de revisão a produção avícola deste Estado expressa um terço do total das aves abatidas no país e os produtos, como frango inteiro e cortes, são destinados tanto ao mercado doméstico quanto a exportação.

A Federação dos Agricultores do Estado do Paraná (FAEP) foi procurada e manifestou interesse em uma parceria de pesquisa. A FAEP é um agente privado que realiza estudos e representa legalmente a classe produtora rural no Paraná através dos sindicatos que a ela são afiliados e seus respectivos produtores, dentre eles pecuaristas com contratos de integração junto a grandes empresas do setor avícola.

Um dos serviços fornecidos pela FAEP a seus afiliados é o acompanhamento da produção dos frangos de corte através de comissões técnicas. Estas são compostas por profissionais e produtores de diferentes regiões do Estado que semestralmente realizam painéis para analisar o cenário produtivo. Nelas são levantados os custos de produção, os preços praticados e os coeficientes técnicos inerentes a atividade.

Houve retorno positivo para uma base de dados dos últimos oito painéis realizados em um período de quatro anos. A base é composta de 232 lotes produzidos em 12 tipos de aviários. Os aviários convencionais de 1200 metros quadrados chamados de convencionais aparecem em

maior número, 67 lotes amostrados. Os aviários de pressão negativa tipo *Dark house* de 2400 metros quadrados são representados por 58 amostras.

A distribuição geográfica dos municípios onde houveram os painéis estão representados na Figura 5.

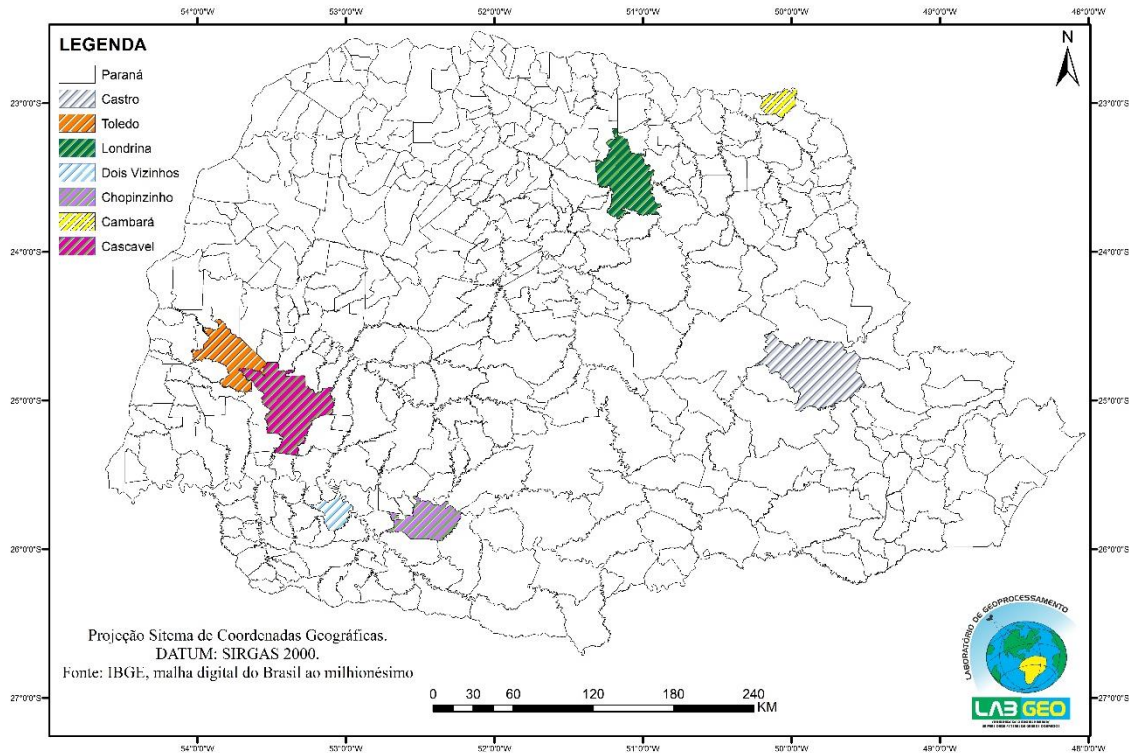


Figura 5 - Municípios onde os painéis foram realizados.
Fonte: Autor (2018).

Os municípios de Castro, Toledo, Londrina, Dois Vizinhos, Chopinzinho, Cambará e Cascavel estão localizados nas regiões norte, leste e oeste do Paraná. A distribuição das amostras ao longo de todo o Estado trouxe qualidade para os dados, pois além da cobertura temporal de quatro anos foi possível contabilizar as variações no consumo de insumos dos lotes em relação a áreas mais quentes e áreas com acentuado clima temperado. A Tabela 3 traz a quantidade de amostras por tipo de produto e sistema.

Tabela 3 - Quantidade de amostras por sistemas e produto.

Tipo de aviário	Tipo de produto		
	<i>Griller</i>	<i>Broiler</i>	<i>Weighted</i>
<i>Dark house</i> 2400 m ²	19	25	14
Pressão Positiva 1200 m ²	26	29	12

Fonte: Autor (2018).

Ao todo 125 lotes subsidiaram os inventários dos aviários *Dark house* e pressão positiva. As amostras de lotes com frangos pesados não se equipararam a quantidade aos demais aviários, isso porque este tipo de produto é comercializado sazonalmente em épocas festivas, normalmente é produzido e abatido nos finais de ano, de tal forma a amostragem dos lotes estava disponível aos segundos semestres em todos os períodos.

4.1.2 Produtores de frangos de corte orgânicos

Ao todo 16960 produtores, entre pessoas físicas e jurídicas, estão listados no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos do MAPA. As atividades são de produção primária animal e vegetal e do processamento destes produtos. O resultado da triagem a partir dos critérios dispostos na etapa de metodologia aparecem na Tabela 4.

Tabela 4 - Produtores de frangos orgânicos por Estado.

ESTADOS COM PRODUÇÃO ORGÂNICA	PRODUTORES ORGÂNICOS	PRODUÇÃO PRIMÁRIA ANIMAL	PRODUÇÃO DE FRANGOS E FRANGAS
Acre	246	9	1
Alagoas	109	1	-
Amazonas	249	20	8
Amapá	91	-	-
Bahia	614	47	-
Ceará	941	460	-
Distrito Federal	288	3	1
Espírito Santo	241	2	1
Goiás	105	1	-
Maranhão	556	16	-
Minas Gerais	624	62	3
Mato Grosso do Sul	159	3	-
Mato Grosso	233	2	-
Pará	751	15	-
Paraíba	540	5	-
Pernambuco	755	40	-
Piauí	827	603	-
Paraná	2439	56	7
Rio de Janeiro	708	56	1
Rio Grande do Norte	524	2	-
Rondônia	134	4	-
Roraima	37	-	-
Rio Grande do Sul	2309	52	3
Santa Catarina	1242	59	2
Sergipe	271	6	-

Fonte: Autor (2018). A partir do Cadastro Nacional dos Produtores Orgânicos. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017).

Há um total de 40 células sem especificação de local na planilha do MAPA. Estas células vazias apresentam características da produção e contato com o produtor, mas não aponta para a cidade e o Estado. Como se trata de um número relativamente baixo para o tamanho da amostra e, como o tipo de produção era descrita como de origem primária vegetal, estes produtores foram descontados do total por unidade federativa.

A produção primária animal é representada por aproximadamente 10% do total de produtores orgânicos no Brasil. Os Estados que aparecem em maior número na Tabela 4 são de produtores apícolas, destaca-se a região nordeste com os Estados do Ceará, Piauí, Maranhão, Bahia e Pernambuco com 100% da produção animal voltada a produtos como mel, ceras e coprodutos.

A quantidade de produtores de frangos orgânicos retornou números inexpressivos com relação a população de produtores do cadastro. Do total de produtores ativos para produção animal somente 2% são de frango orgânico, este número fica ainda menor quando comparado ao total de produtores orgânicos cadastrados no MAPA, caindo para 0,21%.

Para os poucos Estados que retornaram produção de frangos e frangas um outro quesito foi observado, o de certificação da conformidade orgânica. Segundo o MAPA, o produtor ou associação está sujeito a um dos três tipos de certificação para a regularização da atividade como orgânica, são eles: contratação de uma certificadora por auditoria, fazer parte de um sistema participativo de garantia e certificar-se através de um organismo participativo de avaliação da qualidade orgânica, ou formar uma organização de controle social para vendas diretas e institucionais.

De tal forma, somente os Estados de São Paulo e Santa Catarina são apresentados com o nome das empresas certificadoras por auditoria para cada um dos produtores listados. A partir do contato com as certificadoras houve contato direto com os produtores do interior de São Paulo e de Santa Catarina, uma empresa especializada na produção de cereais, carnes e óleos e uma cooperativa com um *mix* de sucos, conservas, carnes, doces e outros.

Somente a cooperativa de Santa Catarina manifestou interesse em fazer parceria na pesquisa, disponibilizou números de telefone e endereços dos cooperados que possuíam aviários em atividade como contrapartida solicitou a apresentação dos resultados para seus cooperados.

4.1.3 Produção de frangos orgânicos em Santa Catarina

Uma visita foi realizada na cidade de Santa Rosa de Lima, conhecida como a “Capital da Agroecologia” por conciliar a agricultura e pecuária sem uso de agroquímicos com a preservação da mata atlântica ao sudeste do Estado, a posição geográfica pode ser vista na Figura 6. A cidade possui cerca de 2 mil habitantes, a população em pequenas propriedades rurais é significativa e a economia local é voltada a produção de orgânicos e turismo rural, fato que proporciona a cidade um escritório exclusivo de um organismo de inspeção e certificação de produtos orgânicos internacional, a ECOCERT²¹.

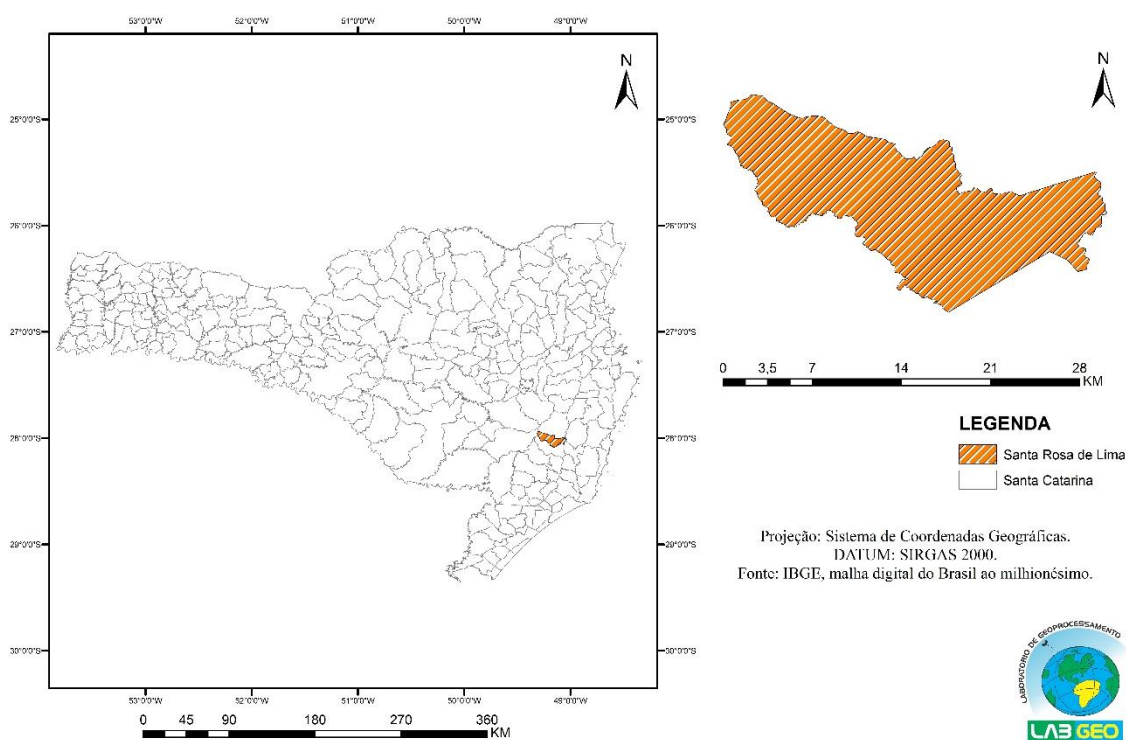


Figura 6 - Georreferencia do município de Santa Rosa de Lima/SC.

Fonte: Autor (2018).

Há apenas um abatedouro no município, que faz parte das edificações da cooperativa. Todos os aviários estão em pequenas propriedades de até 30 hectares e a um raio máximo de sete quilômetros do abatedouro.

Uma outra exclusividade da cidade é a fábrica de rações que foi construída para atender os cooperados pois não havia ração orgânica no mercado. A fábrica produz quatro tipos de rações: inicial, crescimento 1, crescimento 2 e final.

²¹ ECOCERT: é um organismo de inspeção e certificação fundado na França em 1991 com chegada no Brasil em 2001. A empresa é especializada na certificação de produtos orgânicos.

Os sistemas de produção encontrados são do tipo convencional de pressão positiva com mureta, tela, cortina amarela e portinholas para os frangos saírem para pastejo. Os equipamentos são aeradores, sistema de nebulização para períodos de calor e comedouros automatizados para alimentação mesmo em períodos de escuro.

Os aviários têm capacidade para alojar entre 2500 a 6000 pintainhos, a média é de até 10 frangos por metro quadrado forrados por cama feita de 0,80 a 0,10 centímetros de maravalha de eucalipto. Os pintainhos são produtos *Cobb 500*²² que recebem as vacinas de *Marek*²³ e *Newcastle*²⁴ ainda no incubatório, e ao primeiro dia são transportados pelos próprios produtores para os aviários.

4.2 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar, sob a ótica ambiental e econômica, diferentes sistemas de produção de frangos de corte e compará-los quanto ao desempenho ambiental e a capacidade de gerar lucro econômico.

Há duas razões para a realização deste estudo. A primeira foi ter identificado uma pequena quantidade de dados sobre o ciclo de vida de produtos pecuários semelhantes aos brasileiros disponíveis em base de dados nacionais e internacionais, no Brasil apenas dois trabalhos avaliaram a produção do frango de corte em escala comercial e o fizeram de maneira genérica cada qual com suas limitações de pesquisa (PRUDÊNCIO DA SILVA *et al.* 2014; SPIES, 2003). Em segundo lugar, buscar uma medida de desempenho que combinasse o valor econômico de negócios pecuários com suas trocas ambientais de forma a propor um estudo interdisciplinar com mais elementos para apoiar decisões voltadas a investimentos e gestão ambiental.

O público-alvo se estende aos pesquisadores de ACV, aos gestores que formulam políticas públicas, aos investidores em negócios avícolas, aos produtores pecuários e agrícolas de porte variado, e a toda área de avicultura de corte agroindustrial.

Os resultados serão utilizados nas comparações entre os sistemas de produção de forma a evidenciar quão ecoeficiente um sistema mostra ser mais que o outro. A divulgação dos

²² Cobb 500: é uma marca de frangos de corte que possuem conversão alimentar baixa e é amplamente produzida no Brasil.

²³ Vacina de Marek: A vacina contra a doença de Marek consiste numa suspensão concentrada de Herpes-Vírus em uma dosagem de 0,20 mL para cada pinto de um dia

²⁴ Vacina de Newcastle: é constituída da amostra de Vírus *La-Sota*, preparada com ovos embrionados de galinhas, instilando uma gota de 0,03 ml na narina ou no olho.

resultados será disponibilizada na forma de relatórios técnicos para as empresas, associações e cooperativas que ajudaram com os dados e na forma de artigo científico que será submetido a revistas da área.

4.3 DEFINIÇÃO DO ESCOPO

4.3.1 Sistema de produto a ser avaliado

Foram três tipos de sistemas de produto escolhidos para serem avaliados: o sistema *Dark House* de pressão negativa, o sistema de pressão positiva comumente chamado de Convencional e o sistema Orgânico de produção de frangos de corte. Três critérios foram fundamentais para escolha destes sistemas, primeiramente entender o quão as conversões alimentares impactam nas categorias analisadas, visto que a densidade de aves alojadas por aviário tem relação direta com o consumo, como visto na etapa de revisão de literatura. Em segundo lugar há diferenças significativas entre os sistemas automatizados e os sistemas convencionais quanto a dependência de mão-de-obra, vez que a tecnificação pode apresentar ou não ganhos econômicos para o produtor. E por fim, a comparação dos indicadores econômicos e ambientais dos dois sistemas acima com um sistema alternativo, que também é foco em estudos similares.

A associação das agroindústrias que forneceu os dados para a produção do Estado do Paraná possui entre seus associados grandes empresas com atividades idênticas em outros Estados, a produção de frangos de corte em sistema verticalizado. Atualmente estas empresas integram somente produtores que invistam em aviários automatizados modelos *Dark house*, ainda assim entre seus integrados com contratos mais antigos possuem aviários convencionais. Assim despertou-se o interesse dessa organização em entender como diferentes tipos de eficiência apresenta podem ser conjugados em um único indicador com viés em sustentabilidade.

A cooperativa do Estado de Santa Catarina que disponibilizou visitas para inventariar os aviários de produção de frangos orgânicos possui selos de produção orgânica e apresentou interesse em entender como a ferramenta ACV poderia auxiliar na obtenção de outros selos que agregassem valor ao seu produto, como selos ambientais. Vale ressaltar que como houve dificuldades em encontrar mais amostras da produção de frangos orgânicos em outros Estados, a escala da cooperativa de Santa Catarina se mostrou representativa, vez que utiliza de edificações idênticas ao modelo convencional e que atende tanto a legislação federal vigente e

as normativas da empresa de acreditação que fornece o selo de qualidade quanto a compra de insumos, manejo, e abate de frangos orgânicos.

A escala temporal dos dados de primeiro plano coletados de aviários automatizados e de pressão positiva do Estado do Paraná são referentes aos anos de 2015, 2016 e 2017. Para os aviários de frangos orgânicos foi suficiente uma visita no ano de 2017 quando foram coletados dados de planilhas de controle dos lotes dos anos de 2016 e 2017 diretamente com os produtores.

4.3.2 Função e UF

A função dos sistemas em estudo é produzir frango vivo para o abate e comercialização de produtos como cortes, frango inteiro ou matéria-prima para industrializados.

Como já visto na etapa de revisão, tradicionalmente o uso de volume ou massa tem sido usados para definir a unidade funcional em produtos agropecuários. Inicialmente a intenção era de padronizar a unidade funcional quanto ao seu teor nutricional em uma porção diária consumida por um adulto, mas, como a carne de frango pode ser ingerida de forma industrializada seguiu-se a referência da UF que mais se repete nas publicações e passível de transformar em porção, 01 (um) quilograma de frango em peso vivo, como observado na Tabela 5.

Tabela 5- Pesos de abate e unidades funcionais.

Produto	Peso vivo (kg)	UF (kg)
Griller	1,48	1
Broiler	2,90	1
Pesado	3,50	1
Orgânico	3,30	1

Fonte: Autor (2018).

A abordagem é denominada “berço ao portão” traduzido do inglês *cradle-to-gate*, visto que abrange as etapas de produção de grãos como matérias-primas até a entrega do frango vivo em peso de abate pronto para a apanha. As etapas de transporte dos insumos e dos aviários para o abatedouro não foram consideradas nesse estudo.

4.3.3 Fronteira do sistema

A fronteira do sistema é descrita como na NBR ISO 14044 como a área de análise definida por quais processos considerados no estudo. Conforme a Figura 7 a mesma fronteira para a avaliação ambiental foi utilizada para avaliação econômica (ABNT, 2009b).

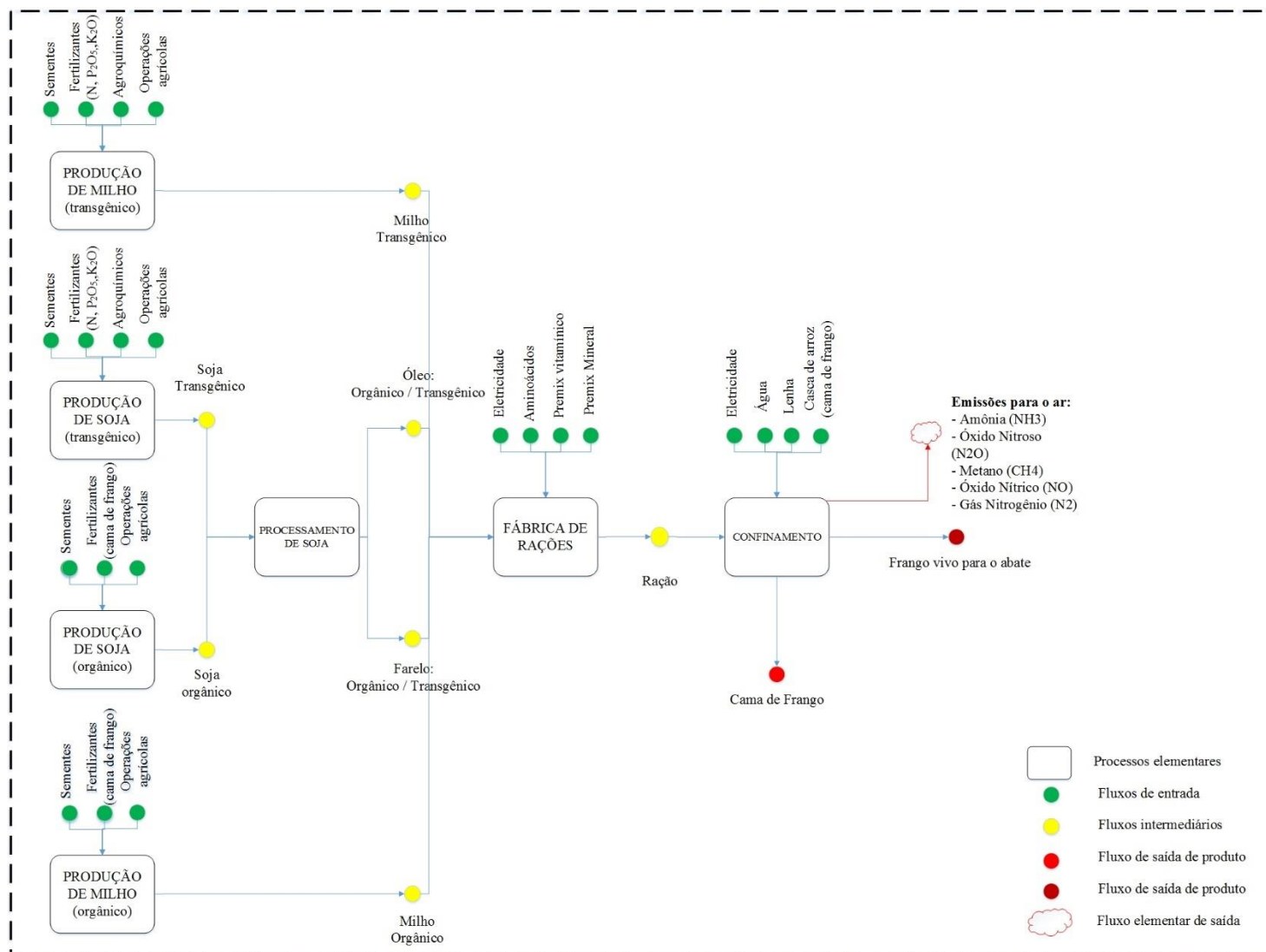


Figura 7 - Fluxograma do sistema de produto frango de corte.
Fonte: Autor (2018).

4.3.4 Alocações e sistemas externos

Um sistema de produção de frangos de corte tem como produtos o frango vivo pronto para o abate e a cama de frango como coproduto. O critério utilizado para caracterizar a cama como coproduto do sistema de produção é meramente econômico, pois as receitas provenientes da comercialização da cama não superam as receitas da venda dos frangos, mas sua venda é comum entre os produtores.

A cama de frango, formada por maravalha ou por casca de arroz, posteriormente ao seu uso pode ser utilizada para adubação de produção vegetal, assim as entradas e saídas do sistema de produto podem ser alocadas para os dois diferentes. A opção foi de não usar esse critério de multifuncionalidade na alocação do sistema de produto, uma vez que a cama de frango não apresentou receitas significativas quando dividida pelos lotes nela produzidos e não houve referências suficientes do seu uso em culturas vegetais como uma etapa crítica para impactos ambientais no ciclo de vida do frango de corte.

Quando a intenção é de se evitar o uso de fertilizantes químicos para produção vegetal é possível usar o método de expansão do sistema cuja intenção é de substituir os nutrientes deste produto pelos encontrados na cama de frango, como visto nos trabalhos de Wiedemann *et. al.* (2012) e Pelletier (2008), que não foi um dos objetivos da dissertação. A expansão do sistema praticada no estudo de Pelletier (2008) seguiu a seguinte ordem: primeiro, como a cama é aplicada comumente como adubo orgânico para produção vegetal, o autor atribuiu os encargos ambientais do uso da cama de frango como fertilizante na agricultura para o sistema de produção de frangos, posteriormente em segundo lugar ele creditou no mesmo sistemas avícola os encargos da produção evitada de uma quantidade equivalente de fertilizantes sintéticos, que iriam fazer a função de fertilização química.

A opção de alocação parte após a escolha do método para calcular as emissões, onde o nitrogênio aparece como a principal substância depositada na cama através da excreta e passível de ser atribuída a produção vegetal como fertilizante orgânico (IPCC, 2006). Esta substância é praticamente quase toda volatilizada ainda dentro do barracão ou lixiviada quando a cama é retirada e posta para secar fora dele, entendendo assim que nenhum outro sistema de produto usará a cama como entrada e que as cargas ambientais provenientes dela devem ser atribuídas tão somente ao sistema frango de corte.

Na Tabela 6 estão dispostos os métodos de alocação por fase do sistema de produto no primeiro plano. Os processos envolvidos nestas fases estão sobre o controle direto dos agentes, logo sofrem influência dos mesmos.

Tabela 6- Métodos de alocação aplicados através da cadeia de suprimentos.

Ponto de alocação	Produto	Alocação	Critério
Fábrica de rações	Pré-inicial	Massa	Houve contabilização e alocação de energia elétrica para os 05 tipos de rações. A quantidade de insumos foi distribuída proporcionalmente as formulações centesimais. Não há uso de água em nenhum dos processos bem como de vapor devido a ração é farelada.
	Crescimento 1	Massa	
	Crescimento 2	Massa	
	Final 1	Massa	
	Final 2	Massa	
Fase de confinamento (in housing)	Griller	Massa	Todos os insumos foram alocados para produção de 1 kg de animal em peso vivo. O montante de excreta animal e suas emissões foram estimados para uma cabeça durante o período que cada ave fica alojada.
	Broiler	Massa	
	Pesado	Massa	

Fonte: Autor (2018).

Para os processos de segundo plano necessários para a modelagem foram escolhidos inventários com alocação feita por massa disponíveis nas bases de dados do Ecoinvent, todos os processos e suas respectivas bases de dados estão disponíveis no Apêndice A.

4.4 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E TIPOS DE IMPACTO

A avaliação de desempenho ambiental partiu da observação das entradas e saídas de materiais e energia do sistema de produto provenientes de outros ambientes de produção conhecidos como fluxos intermediários²⁵, e das entradas e saídas dos ambientes naturais conhecidas como fluxos elementares²⁶.

²⁵ Fluxo intermediário: Fluxo de produto, material ou energia que ocorre entre processos elementares (ABNT, 2009b).

²⁶ Fluxo elementar: Fluxo de matéria ou energia que entra do meio ambiente ou sai para ele, sem sofrer alteração humana (ABNT, 2009b).

Como a produção de frangos se dá em sistemas de confinamento altamente tecnificados, não há entrada de matéria ou energia no sistema de produto sem sofrer algum tipo de alteração humana, a água por exemplo precisa ser tratada com cloro para só então ser disponibilizada para dessedentação, e energia elétrica é fornecida por uma matriz energética que normalmente tem fonte hidrelétrica e o calor do sistema de calefação é abastecido fornecido pela queima da madeira de eucalipto.

Para o inventário de gases e sólidos foi preciso entender os mecanismos que levam a troca ambiental. Na fase de alojamento dos animais há deposição de excreta animal na cama dos aviários, estas excretas são geram fluxos de saída quando a decomposição desse material produz gases a partir da matéria orgânica e do ácido presente, como é observado na Figura 8.

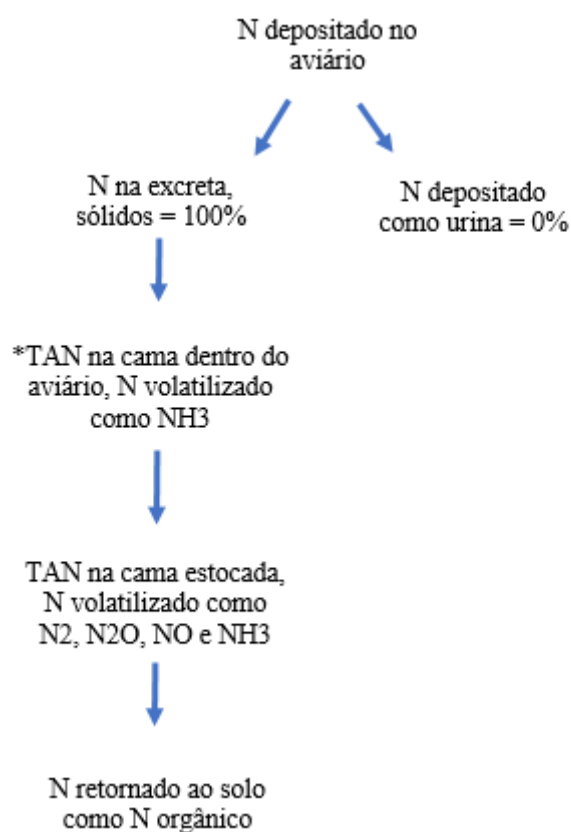


Figura 8 - Fluxo de nitrogênio no manejo da excreta.
Fonte: Baseado nos fluxos de N dispostos no guia EMEP/EEA (2016).

Podem haver fluxos elementares de entrada em processos de segundo plano utilizados para modelar o sistema de produto, mas como o foco do inventário é identificar os fluxos dentro da fronteira proposta, a listagem dos fluxos elementares nos processos advindos das bases de dados não foi feita, mas considerada.

4.4.1 Inventário do Ciclo de Vida

Os coeficientes de produção dispostos na Tabela 7 foram utilizados para quantificar as entradas e saídas de matéria-prima e energia dos sistemas de produção. Se tratam de dados médios de cada item inventariado em todos os sistemas avaliados.

Tabela 7- Coeficientes técnicos para produção de frangos de corte em sistemas *Dark house*, sistemas convencionais de pressão positiva e orgânicos.

	DH 2400			PP 1200			PP 600
Coeficientes*	Griller	Broiler	Pesado	Griller	Broiler	Pesado	Orgânico
Idade de abate (dias)	28,00	42,00	49,00	28,00	42,00	49,00	71,00
Conversão alimentar ** (kg ração/kg peso ganho)	1,40	1,67	1,82	1,40	1,67	1,82	2,57
Peso final (kg)	1,50	2,90	3,50	1,50	2,90	3,50	3,30
Aves por m ²	18,00	13,00	12,00	17,00	13,00	12,00	7,50
Mortalidade (%)	3,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00	3,00
Nº de lotes/ano	8,70	6,20	6,00	8,70	6,30	6,00	4,30
Intervalo entre lotes (dias)	12,00	15,00	12,00	12,00	15,00	12,00	14,00
Água, (Lt/cabeça)	2,50	3,98	5,78	2,50	3,98	5,78	9,94
Eletricidade (kwh/ave)							0,33
Cama, maravalha (m ³ /cabeça)	0,11	0,15	0,14	0,12	0,16	0,16	0,01
Lenha, (m ³ /cabeça)	0,35	0,79	0,27	0,37	0,43	0,38	0,94

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva 600 m².

* Indicadores Técnicos - Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP).

** Ingredientes da Ração - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Fonte: Autor (2018).

Para as rações não orgânicas foi solicitado a um especialista em nutrição animal da EMBRAPA Suínos e Aves de Concórdia/SC que auxiliasse na formulação. Os cinco tipos de rações retornadas são de origem vegetal porque, segundo o especialista consultado, muitos mercados externos não consomem carne de animais nutridos com proteína de origem animal. As rações para as fases pré-inicial, crescimento 1, crescimento 2, final 1 e final 2 estão dispostas nos Apêndices C e D.

As emissões atmosféricas provenientes do fluxo de nitrogênio foram estimadas a partir do método Tier 2 do EMEP/EEA *air pollutant emission inventory Guidebook* EEA (2016), e podem ser vistas na Tabela 8. O método estima emissões atmosféricas de amônia NH₃, óxido

nitroso N₂O, gás nitrogênio N₂ e óxido nítrico NO a partir do fluxo de TAN ²⁷ do manejo da excreta animal a partir de uma abordagem de fluxo de massa baseados em kg de nitrogênio.

As emissões de metano CH₄ foram estimadas usando o método Tier 2 do *Intergovernmental Panel of Climate Change* IPCC (2006). O método usa fatores de emissões sobre a taxa de produção de resíduos das aves dentro do barracão e fora do barracão, quando esse resíduo é manejado e armazenado antes da sua aplicação em culturas vegetais.

Tabela 8- Valores estimados das emissões de gases dentro e fora do barracão.

Tipo de gás	DH 2400			PP 1200			PP 600
	<i>Griller</i>	<i>Broiler</i>	Pesado	<i>Griller</i>	<i>Broiler</i>	Pesado	Orgânico
Amônia, dentro do barracão	1,6E-03	3,6E-03	4,5E-03	1,6E-03	3,6E-03	4,6E-03	5,5E-03
Amônia, fora do barracão	7,0E-04	1,6E-03	2,0E-03	7,1E-04	1,6E-03	2,0E-03	2,4E-03
Oxido nitroso, fora do barracão	1,6E-04	3,6E-04	4,5E-04	1,6E-04	3,6E-04	4,6E-04	5,5E-04
Metano	1,53E-03	2,30E-03	2,68E-03	1,53E-03	2,30E-03	2,68E-03	3,89E-03
Oxido nítrico	2,2E-05	5,0E-05	6,3E-05	2,3E-05	5,1E-05	6,4E-05	7,6E-05
Gás nitrogênio	1,0E-03	2,3E-03	2,9E-03	1,0E-03	2,3E-03	2,9E-03	3,5E-03
Fósforo	6,54E-03	1,46E-02	1,84E-02	6,58E-03	1,47E-02	1,90E-02	2,54E-02

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva 600 m².

Fonte: Autor (2018).

Conforme pode ser observado na Tabela 8, o volume da emissão de gás metano é equivalente entre os sistemas *Dark house* e convencional, ele aumenta somente quando há maior consumo das rações, de tal forma o produto *Griller* apresenta quase a metade das emissões de CH₄ do frango pesado.

Para entender como se dá as emissões de metano é preciso detalhar como foi aplicado o algoritmo do IPCC (2006) para estimação de gás metano. Os ingredientes de origem vegetal possuem um certo teor de digestibilidade, quanto menor é o consumo destes ingredientes menor é a quantidade de sólidos voláteis encontrados na excreta animal que estarão disponíveis para decomposição por bactérias metanogênicas²⁸, que posteriormente liberarão gás metano.

²⁷ TAN: Total de nitrogênio amoniacal, se trata da quantidade de N na excreta que volatilizará como N gasoso nas etapas dentro do barracão, fora do barracão e aplicadas no campo (EEA, 2016).

²⁸ Bactérias metanogênicas: São bactérias que vivem na ausência de oxigênio, e possuem a capacidade de fabricar gás metano (ROGERS; KADNER, 2018).

A quantidade de amônia volatilizada a partir do nitrogênio da excreta é maior dentro do barracão do que fora, quando a cama é retirada após alguns lotes e armazenada. Há pelo menos 50% mais amônia sendo emitida dentro do barracão do que fora, os valores estão entre 0,0016 kg/NH₃ para produtos Griller e 0,0047 kg/NH₃ para os frangos orgânicos.

Outros gases como o óxido nítrico e o gás nitrogênio são emitidos apenas após o armazenamento da cama, quando o nitrogênio que não foi volatilizado dentro do barracão está em constante interação com fatores ambientais externos como umidade e aeração.

Para o solo há deposição de fósforo proveniente da não metabolização do mesmo disponível nas rações, chamado de fósforo fítico. Para essa estimativa foram utilizados valores das Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos de Rostagno *et al.*, (2017), onde a partir da digestibilidade ileal estandardizada²⁹ foi possível obter um montante de fósforo fítico para cada tipo de ração e por conseguinte para cada tipo de animal em todo seu ciclo de vida.

Nesta etapa de ICV não houve critérios de corte³⁰ em termos de fluxos de material, energia ou do nível de significância ambiental associados aos processos elementares para todos os sistemas inventariados.

4.4.2 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida

As avaliações do desempenho ambiental dos sistemas de produção de frangos de corte foram feitas usando o método CML-IA 2 *baseline* 2000 na versão 3.2, que foi o método mais utilizado para estudos similares encontrados na literatura. A unidade funcional adotada foi a de 1 (um) quilograma de frango vivo pronto para o abate.

O software SIMAPRO - *pré consultants* 8.1 foi utilizado para a modelagem dos sistemas de produto, a construção dos fluxos de entrada e saída e o processamento de análise do método, os resultados podem ser vistos na Figura 9.

²⁹ Digestibilidade Ileal Estandarizada: A formulação de dietas para frangos de corte baseadas nos aminoácidos digestíveis melhora a precisão quando comparadas com formulas com aminoácidos totais. Estes aminoácidos são digeridos no intestino delgado denominada de íleo, e daí vem o termo digestibilidade ileal, que ainda pode ser encontrada na literatura como verdadeira ou estandardizada (AFZ, 2000).

³⁰ Critérios de corte: são as especificações dos limites que definem a exclusão de dados de um estudo (ABNT, 2009a).

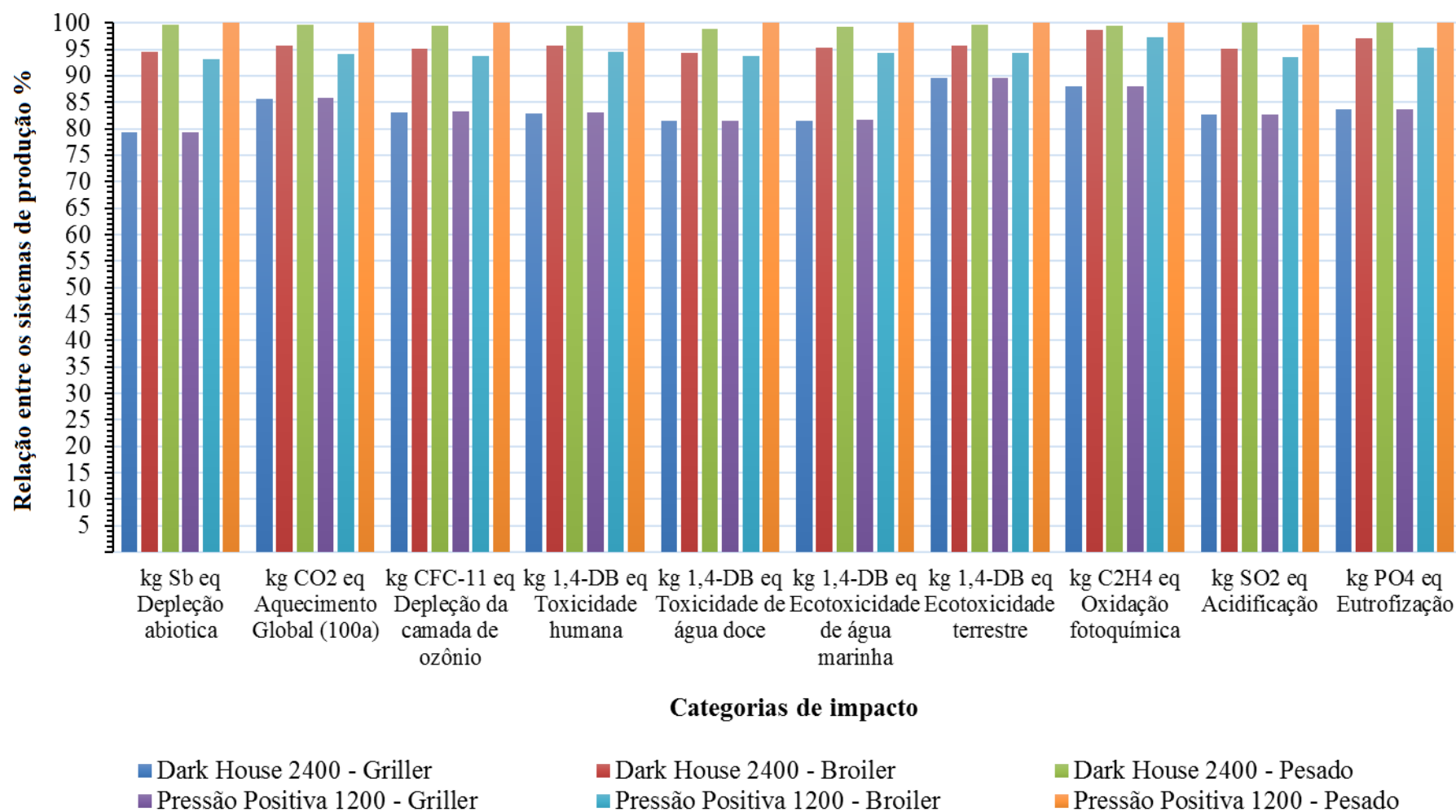


Figura 9 - AICV com o método CML-IA baseline V3.02 / World 2000 / por caracterização, UF = 1 kg de frango vivo.

Fonte: Autor (2018).

Analisando o resultado da AICV pelo método CML 2, é possível identificar na Figura 9 que em todos os sistemas de produção e para todas as categorias de impacto ambiental os frangos pesados apresentam os maiores valores.

Este resultado era hipoteticamente esperado, pois há diferenciação significativa no consumo dos insumos para a engorda de frangos pesados, a relação do volume de ração com o tempo de engorda leva a maximização de impacto em todas as categorias de forma linear.

Na categoria de aquecimento global as emissões estão entre 1,33 e 1,55 kg CO₂ equivalente por quilograma de peso vivo. A fase agrícola da produção de grãos para as rações carrega as maiores contribuições de CO₂ equivalente.

A produção de Milho respondeu por quase 9% das emissões em mudanças climáticas e a produção de soja que vira farelo por pouco mais de 6%, não havendo diferença significativa entre os sistemas *Dark house* e os convencionais na categoria de aquecimento global, porque as conversões alimentares são parecidas logo, a quantidade de grãos ingeridos para cada quilograma de carne produzida é praticamente igual.

O uso de energia elétrica foi o segundo processo com maiores contribuições, o maior consumo veio da fábrica de rações onde todos os motores são elétricos. A fase de alojamento dos frangos não apresentou significância no total de energia elétrica apurada, mesmo sendo fonte necessária para o funcionamento dos equipamentos como comedouros, painéis de controle e aeradores.

A AICV de sistemas orgânicos apresentou valores expressivamente maiores em todas as categorias de impacto ambiental. Para uma melhor visualização destes números a Tabela 9 apresenta as unidades de equivalência das principais categorias de impacto ambiental encontradas na etapa de revisão de literatura: acidificação, eutrofização e aquecimento global.

Tabela 9- Aquecimento Global, acidificação e eutrofização para os três sistemas de produto.

Categoria de impacto	DH 2400 Griller	DH 2400 Broiler	DH 2400 Pesado	PP 1200 Griller	PP 1200 Broiler	PP 1200 Pesado	PP 600 Pesado
Aquecimento Global/kg CO₂ eq	1,334	1,488	1,550	1,335	1,466	1,556	103,121
Acidificação/kg SO₂ eq	0,015	0,017	0,018	0,015	0,016	0,018	0,958
Eutrofização/kg PO₄ eq	0,029	0,034	0,035	0,029	0,033	0,035	0,424

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva 600 m².

Fonte: Autor (2018).

Para o sistema orgânico é importante destacar a categoria de Aquecimento Global, com pouco mais de 340 kg/CO₂ equivalente por animal vivo para o abate. A explicação da discrepância para com os demais sistemas parte dos processos unitários escolhidos na etapa de inventário onde os insumos agrícolas para a produção da ração tiveram base na produção suíça de soja e milho orgânico.

A biblioteca do *Ecoinvent* que disponibilizou os inventários suíços de insumos orgânicos traz um *mix* global de fertilizantes aplicado na cultura do milho orgânico e a cama de frango aparece como a base deste tipo de fertilização sendo fonte dos nutrientes mineralizados nitrogênio-N, fósforo-P₂O₅ e potássio-K₂O. Os inventários utilizam processos unitários de geração de calor para a secagem da cama de frango, estes processos carregam os maiores impactos devido sua matriz energética ser abastecida de carvão mineral e combustíveis fósseis. A ração de acabamento para o produto orgânico apresentou 46,7% das emissões totais de CO₂ equivalente para 1 quilograma de frango. Esta ração tem em sua formulação aproximadamente 73,3% de milho moído, que também foi o processo de maior contribuição em todos os tipos de rações.

4.5 VALOR DO SISTEMAS DE PRODUTO

Como já visto na etapa de metodologia, para analisar o desempenho de um determinado empreendimento através da sua valoração é preciso partir das demonstrações financeiras. É importante ressaltar que o estudo parte de uma situação real, onde os dados da produção dos sistemas em questão foram coletados nos Estados do Paraná e Santa Catarina, e que não há projeções de custos ou investimentos, o que é feito é uma análise de desempenho econômico.

Para alcançar esse resultado é apresentado a seguir a construção gradual da valoração dos sistemas de produto em duas etapas. Na primeira etapa estão dispostos os valores de investimento, custos de produção e receitas usados para calcular o retorno sobre os investimentos (ROI) e na segunda etapa o cálculo do EVA.

Para a validação dos dados foi consultado um especialista de uma das maiores empresas integradoras da pecuária avícola do país, que por questões de sigilo, não pôde se identificar. A empresa em que atua fomenta contratos de parceria garantindo a compra dos animais para o abate, produzindo cortes e industrializados voltados para o mercado interno e externo.

4.5.1 Investimentos

O investimento feito para cada tipo de aviário partiu de preços médios encontrados no mercado arguidos diretamente com as indústrias fornecedoras da instalação e venda de equipamentos, terraplanagem, construção dos barracões e frete.

Os orçamentos retornados foram estruturados em edificações e equipamentos, como detalhado na Tabela 10, resumindo os valores totais para cada item de todos os três tipos de aviários. Na mesma tabela estão listados os capitais de giro inicial para financiar o começo das atividades. O capital de giro compõe os itens do investimento total pois a linha de financiamento, disponibilizada pela instituição financeira para projetos similares no setor agropecuário, prevê dentre seus itens financiáveis o custeio da atividade até a obtenção do primeiro lote, não sendo superior a 35% do total financiado (BNDES, 2017).

A taxa fixa de juros é a de 8,5% ao ano para financiamentos concedidos pelo programa MODERAGRO ³¹ do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) nas condições operacionais vigentes pelo Plano Safra 2017/2018.

³¹ MODERAGRO: É um programa do BNDES que visa apoiar e fomentar os setores da agropecuária através de financiamentos para construção, ampliação, aquisição de itens para projetos individuais e coletivos (BNDES, 2017).

Tabela 10 - Investimento total nos sistemas de produção.

Tipo do aviário	DH 2400			PP 1200			PP 600****
Largura	16			12			12
Comprimento	150			100			50
Área	2400			1200			600
	<i>Griller</i>	<i>Broiler</i>	Pesado	<i>Griller</i>	<i>Broiler</i>	Pesado	Orgânico
1 Total da edificação* (R\$)	393777,75	393777,75	393777,75	228288,87	228288,87	228288,87	225954,44
2 Total dos equipamentos (R\$)	324966,38	326515,73	326515,73	115425,32	113310,42	113310,42	80305,02
3 Valor Total (R\$)	718744,13	720293,48	720293,48	343714,19	341599,29	341599,29	306259,45
4 Total do capital de giro (R\$)	11608,08	12594,43	12463,51	6238,95	6750,05	7282,96	6874,13
4.1 Calefação (R\$)	1200,00	1160,00	1040,00	759,73	643,97	530,91	440,00
4.2 Cama (R\$)	5088,63	5224,03	5400,00	2546,79	2632,78	2725,64	1400,00
4.3 Energia Elétrica (R\$)	1548,83	1897,91	2020,45	734,52	1083,84	1139,01	858,48
4.4 Licença Ambiental (R\$)	14,16	19,45	21,39	14,10	19,54	21,45	30,05
4.5 Manutenção (R\$)	810,26	1115,64	1226,74	379,97	531,60	583,49	732,79
4.6 Mão-de-obra (R\$)	1502,50	1431,77	969,29	1370,97	1166,94	1592,40	3005,01
4.7 Seguro (R\$)	291,69	401,63	441,63	136,79	191,37	210,06	263,80
4.8 Cal Virgem (R\$)	1152,00	1344,00	1344,00	288,00	480,00	480,00	144,00
6 Investimento total***	730352,21	732887,90	732756,98	349953,15	348349,33	348882,24	313133,58
7 Valor total financiado	730352,21	732887,90	732756,98	349953,15	348349,33	348882,24	313133,58
8 Taxa***	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva 600 m².

*Sem poço artesiano e rede elétrica.

**Não foi considerado o custo da terra para implantação dos aviários.

***Taxa do Banco do Brasil - Moderagro II.

****Não foi considerado o valor da área para pastagem.

Fonte: Autor (2018).

Os comedouros e bebedouros são equipamentos que mudam de acordo com o tipo de produto. Para aviários com frangos mais pesados o espaçamento entre as linhas destes itens precisa ser maior, bem como a quantidade e a altura das bandejas e *nipples*, os orçamentos apresentaram diferenças qualitativas nos equipamentos, mas não em valor, ficando em torno de 2%.

Segundo os orçamentos, onze itens relacionados a edificação e equipamentos são compartilhados com dois ou até quatro aviários em um mesmo módulo de produção. Neste caso foi aplicado um critério de corte para contabilizar proporcionalmente a cada aviário o valor destes itens conforme a Tabela 11.

Tabela 11- Valores orçados por módulo e ponderado por aviário.

Itens	Por módulo DH 2400	Por aviário DH 2400	Por módulo PP 1200	Por aviário PP 1200	Por aviário PP 600
Edificação (R\$)					
Terraplanagem	17280,00	8640,00	8640,00	4320,00	4320,00
Composteira	21200,00	10600,00	21200,00	10600,00	10600,00
Abrigo para gerador	20600,00	10300,00	0,00	0,00	0,00
Portão Sanitário*	56500,00	28250,00	56500,00	28250,00	56500,00
Residência p/ funcionários	53500,00	26750,00	53500,00	26750,00	53500,00
Arco de Desinfecção	15000,00	7500,00	15000,00	7500,00	15000,00
Cerca de biossegurança	13575,76	6787,88	6787,88	3393,94	1696,97
Equipamentos (R\$)					
Gerador (101kva)	36000,00	18000,00	0,00	0,00	0,00
Frete dos equipamentos	8822,61	4411,31	5557,98	2778,99	2778,96
Montagem dos equipamentos	32632,63	16316,32	24166,90	12083,45	12083,32

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

*Contempla vestiário feminino e masculino, banheiro, escritório e refeitório

Fonte: Autor (2018).

Os valores dos itens listados para edificação já compõem a mão-de-obra, diferente dos itens de equipamentos que demandam de uma equipe terceira para montagem e instalação com orçamento próprio.

No Apêndice E, é possível visualizar a tabela completa com todos os itens que compõem as edificações e os equipamentos para todos os tipos de aviários. A tabela possui duas seções, a primeira dos itens que compõem as edificações e a segunda dos itens que compõem os equipamentos, ambos com valores de mercado apurados no ano vigente.

4.5.2 Custos de produção

Os custos do produtor foram separados em custo fixo e custo variável. A formação destes custos está ligada diretamente ao contrato de parceria com as empresas integradoras, onde o produtor cumpre disponibilizar a infraestrutura necessária e subsidia os insumos: água, energia elétrica, lenha para geração de calor e mão-de-obra.

Na Tabela 12 é possível observar que os valores mudam de acordo com o produto e o tipo do aviário, mas os custos de água para o produtor estão zerados. Isso porque nos aviários de produção orgânica visitados não foram encontrados hidrômetros que façam a leitura da água utilizada, a FAEP também não coletou estes dados dos produtores do Paraná, sendo aceito que os aviários foram abastecidos por poços artesianos movidos a motores elétricos.

Os valores de lenha consumida por lotes se aproximam quando comparados pelo tamanho dos aviários. O preço médio foi de R\$ 40,00 por metro cúbico de lenha e os volumes consumidos variam de 0,010 m³ a 0,012 m³ de lenha por metro quadrado, essa pequena variação se dá por conta da necessidade da lenha para geração de calor nos primeiros 25 dias de idade do frango em qualquer um dos sistemas analisados.

A cama de frango, composta por maravalha na região sul do país, aparece como o item mais custoso para o produtor. Em todos os sistemas de produção a quantidade de maravalha para formação da cama foi de dez centímetros por metro quadrado, com uma reposição de mais 5 centímetros ao passar de seis lotes nos sistemas *Dark house* e convencionais, e os mesmos 5 centímetros para os aviários orgânicos com reposição feita a cada quatro lotes.

Os custos de manutenção e seguros relacionados a infraestrutura também são arcados pelo produtor. A alíquota de seguros para os aviários é de 0,036% do valor total das instalações e para manutenção o percentual é em média de 1%.

Os valores do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) não estavam disponíveis, então uma alíquota de 0,2% foi aplicada sobre o preço da terra de uma área de até 50 hectares com 80% de utilização, a partir da premissa de que os aviários, em sua maioria, estão localizados em pequenas propriedades rurais. O tamanho da área considerada para esse

cálculo foi de 20.000 m² e o valor médio da terra nua consultado nos arquivos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) foi R\$ 5.836,00 para as cidades do Estado do Paraná e de R\$ 4.214,00 para as cidades do Estado de Santa Catarina.

Tabela 12- Custos dos produtores por lote.

	DH 2400			PP 1200			PP 600
Custo do produtor	Griller	Broiler	Pesado	Griller	Broiler	Pesado	Orgânico
1. Custo variável (A) (R\$)	11608,08	12594,43	12463,51	6238,95	6750,05	7282,96	6874,13
1.1 – Água (R\$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.2 - Calefação (lenha) (R\$)	1200,00	1160,00	1040,00	759,73	643,97	530,91	440,00
1.3 – Cama (R\$)	5088,63	5224,03	5400,00	2546,79	2632,78	2725,64	1400,00
1.4 - Energia elétrica (R\$)	1548,83	1897,91	2020,45	734,52	1083,84	1139,01	858,48
1.5 - Licença ambiental (R\$)	14,16	19,45	21,39	14,10	19,54	21,45	30,05
1.6 – Manutenção (R\$)	810,26	1115,64	1226,74	385,92	531,60	583,49	732,79
1.7 – Seguro (R\$)	291,69	401,63	441,63	138,93	191,37	210,06	263,80
1.8 - Cal virgem (R\$)	1152,00	1344,00	1344,00	288,00	480,00	480,00	144,00
1.9 - Mão-de-obra (R\$)	1502,50	1431,77	969,29	1370,97	1166,94	1592,40	3005,01
2. Custo fixo (B) (R\$)	4349,85	5994,35	6591,33	1898,87	2607,19	2861,70	3396,22
2.1 – Depreciação (R\$)	4345,69	5988,63	6585,04	1894,73	2601,45	2855,39	3387,39
2.2 – ITR (R\$)	2,63	3,62	3,98	2,62	3,63	3,99	5,59
2.3 – CCIR (R\$)	1,53	2,10	2,31	1,52	2,11	2,32	3,24
Custo total do produtor (A + B) (R\$)	15957,93	18588,78	19054,84	8137,83	9357,24	10144,65	10270,35
Custo total por frango entregue (R\$)	0,35	0,56	0,60	0,40	0,65	0,75	2,25
Custo total por kg de frango entregue (R\$)	0,23	0,19	0,17	0,27	0,22	0,22	0,68

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

Fonte: Autor (2018).

Os custos auferidos apresentam alta quando relacionados com o tempo para que cada lote chegue em peso de abate. Há singularidade para os aviários que produzem frangos orgânicos, onde a mão-de-obra é o item mais expressivo, isso por conta do prazo médio de abate de 71 dias acumulando aproximadamente 2,4 salários por unidade de trabalho/mês.

Ainda a respeito dos aviários para produção orgânica, nota-se que os custos de energia elétrica são bem menores que os demais, mesmo com o valor pago de R\$ 0,51/kwh contra os R\$ 0,35 pagos pelos produtores paranaenses.

Duas observações explicam esse custo menor. A primeira é que o manejo de frangos orgânicos segue regulamentação própria onde há exigência mínima de período de escuro por dia para as aves levando um viário de 600 m² a consumir uma média 680 kwh por lote contra uma média de 5206 kwh em aviários *Dark house* e 2800 kwh em aviário convencionais. A segunda observação é a respeito dos equipamentos movidos a energia elétrica, os aviários para produção e frangos orgânicos seguem os padrões dos aviários de pressão positiva com o único diferencial de dispor de área aberta para pastejo.

A Tabela 13 traz de forma resumida os custos unitários por frango produzido e por unidade funcional em quilogramas.

Tabela 13- Custos por unidade e UF produzida.

	DH 2400			PP 1200			PP 600
	Griller	Broiler	Pesado	Griller	Broiler	Pesado	Orgânico
Alojamento final (cabeças/lote)	46.146	33.469	31.968	20.095	14.400	13.440	4.560
Peso médio de abate (kg)	1,50	2,90	3,50	1,50	2,90	3,50	3,30
Custo total (R\$)	15957,93	18588,78	19054,84	8137,83	9357,24	10144,65	10270,35
Custo por frango entregue (R\$)	0,35	0,56	0,6	0,4	0,65	0,75	2,25
Custo por kg de frango entregue (R\$)	0,23	0,19	0,17	0,27	0,22	0,22	0,68

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

Fonte: Autor (2018).

Os custos por unidade funcional produzida em aviários convencionais se aproximam dos custos dos aviários *Dark house*, a diferença decimal se apresenta maior quando comparados os volumes produzidos anualmente. Já comparando o custo do frango orgânico para o produtor com o frango *griller*, há diferença significativa de 300% para maior do produto orgânico de 71 dias.

4.5.3 Demonstração do resultado

A partir das Tabelas 8, 9, 10, 11 e dos coeficientes técnicos já mostrados anteriormente, foi possível elaborar a Demonstração de Resultado (DR) com a intenção de mostrar se houve lucro ou prejuízo nas atividades.

A demonstração parte de receitas das operações, que para os lotes analisados provém da venda das aves para o abate e da cama como fertilizante orgânico. A única dedução se dá no ato da venda onde a alíquota de 2,3%, referente ao FUNRURAL³², é aplicada sobre o valor total da NF.

A Tabela 14 mostra as médias de preços pagos aos produtores que variam de R\$ 0,32/cabeça para produtos *Griller* a R\$ 0,67/cabeça para produtos pesados. Novamente há singularidade para o frango orgânico, o valor pago pela cooperativa ao produtor é de R\$ 6,75 o quilo de peso vivo.

Tabela 14 - Valores das receitas por UF e metro quadrado.

	DH 2400			PP 1200			PP600
Receitas	Griller	Broiler	Pesado	Griller	Broiler	Pesado	Orgânico
Aves/lote	46146	33469	31968	20095	14400	13440	4560
Receita/frango (R\$)	0,33	0,64	0,67	0,32	0,65	0,67	15,82
Cama/lote (R\$)	10082,38	10590,11	11250	5050,46	5372,94	5721,17	3150
Receita total/lote (R\$)	15228,12	21420,44	21418,56	6430,25	9360	9004,8	72155,16
Receita/m ² (R\$)	10,55	13,34	13,61	9,57	12,28	12,27	125,51

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

Fonte: Autor (2018).

Os totais de receitas, deduções e custos desembolsados encontrados nas tabelas anteriores são agrupados na Tabela 15. A demonstração do resultado teve como objetivo principal apresentar de forma vertical e resumida o resultado apurado em relação as operações realizadas no período de um ano.

³² FUNRURAL: É um imposto de contribuição previdenciária incidido sobre a receita bruta da comercialização da produção rural.

Tabela 15 - Demonstração do resultado anualizada.

DR	DH 2400			PP 1200			PP 600
	Griller	Broiler	Pesado	Griller	Broiler	Pesado	Orgânico
RECEITA OPERACIONAL BRUTA (R\$)	224517,13	206671,14	191816,36	102252,27	94672,59	86212,08	314729,58
Vendas de aves (R\$)	135081,23	138297,76	125760,98	57270,63	60146,55	52717,93	301564,5
Venda da cama (R\$)	89435,91	68373,38	66055,38	44981,63	34526,04	33494,15	13165,08
DEDUÇÕES DA RECEITA BRUTA (R\$)	5163,89	4753,44	4411,78	2351,8	2177,47	1982,88	7238,78
Funrural - 2,3%	5163,89	4753,44	4411,78	2351,8	2177,47	1982,88	7238,78
RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA (R\$)	219353,24	201917,7	187404,59	99900,46	92495,12	84229,2	307490,8
Custo Operacional do Lote (R\$)	141555,02	120015,56	111882,17	72479,1	60128,8	59391,11	42923,79
LUCRO OPERACIONAL (R\$)	77798,22	81902,15	75522,41	27421,37	32366,32	24838,09	264567,01
Provisão para Imposto de Renda (R\$)	6174,22	5683,46	5274,95	2811,94	2603,5	2370,83	8655,06
NOPAT* (R\$)	71624	76218,69	70247,46	24609,43	29762,83	22467,26	255911,95
Produtividade do Capital Investido**	0,31	0,28	0,26	0,29	0,27	0,25	1,01
Margem Operacional	31,90%	36,88%	36,62%	24,07%	31,44%	26,06%	81,31%
ROI - RETURN ON INVESTMENT***	9,81%	10,40%	9,59%	7,03%	8,54%	6,44%	81,73%

Notas: DH 2400 – Dark house 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

*Net Operating Profit After Taxes ou Lucro Operacional Líquido depois do Imposto de Renda.

**Em número de vezes.

***Return on Investment ou Retorno sobre o Investimento.

Fonte: Autor (2018).

A DR foi necessária para apurar a produtividade do capital investido e a margem operacional de cada sistema de produção para posteriormente calcular o ROI. A produtividade relaciona receitas com o valor total do capital investido, mostrando o número de vezes (giro) que este capital se realiza no ano.

A atividade de produção de frangos orgânicos gera mais receita em um ano que o montante inicial investido no negócio. Vale lembrar que este modelo de produção acontece em ambiente cooperativo, onde o produtor é beneficiado com os preços do mercado para o produto vendido e divide as despesas inerentes a produção de forma ponderada entre os cooperados.

Uma alíquota de 2,75% foi aplicada para provisionar o imposto de renda e dar liquidez ao lucro operacional, que foi usado para chegar no percentual de margem operacional. A margem operacional, que se trata da relação do lucro líquido depois dos impostos com o total de receita anual, ficou em torno de 24% a 36% para os sistemas convencionais e *Dark house*, respectivamente.

O retorno real sobre os investimentos se apresentou diferenciado por décimos percentuais para a maioria dos sistemas, O ROI é o produto do número de vezes que o capital investido se realiza no ano (giro) pela margem operacional do negócio. Quanto a margem operacional, todos os produtos dos sistemas convencionais apresentaram custos operacionais aproximados das receitas operacionais líquidas, estreitando as margens.

Uma análise isolada faz-se necessário quanto ao *griller* produzido em aviários convencionais. Os lotes deste produto tiveram receitas superiores aos demais produzidos no mesmo sistema, bem como a maior produtividade, mas apresentou a menor margem operacional, cerca de 24%, isso por conta de a média dos custos operacionais serem mais elevados.

O produto *griller* em aviários convencionais mostrou maior rotatividade de lotes por aviário, segundo a base da FAEP a média anual é de 8,91 lotes de frango *griller* ao ano no Estado do Paraná. Essa rotatividade quando não bem administrada mantém os custos operacionais por lote, que deveriam ser diluídos na escala, e culminam em um resultado operacional ruim de pouco mais de R\$ 72.000,00 por aviário/ano, o maior custo dentre os sistemas convencionais.

4.5.4 Valor Econômico Agregado

Os resultados do EVA são apresentados a partir dos cálculos do peso médio ponderado de cada fração do capital investido nos sistemas de produção, composto por capital próprio e de terceiros. Segundo os especialistas da empresa integradora e do fornecedor de equipamentos que subsidia projetos de financiamento, há casos de financiamento total com recursos bancários, mas não são representativos.

Ainda segundo os profissionais, o que apresenta ser mais comum é o produtor dispor de uma pequena contrapartida, pois os bancos que agenciam o dinheiro do BNDES fazem análises de crédito e exigem garantias quando se excede o limite financiável.

O segundo critério adotado para fracionar a taxa é baseado nas normas dos limites de financiamentos do programa do BNDES, o MODERAGRO. O programa financia até R\$ 2.640.000,00 por empreendimento coletivo e R\$ 880.000,00 para beneficiários individuais.

Como o valor dos investimentos para um módulo com dois aviários convencionais não excede o limite para beneficiário individual é utilizado 100% do capital de terceiros para financiar o investimento, a uma taxa de 8,5%.

Um módulo com dois aviários automatizados de pressão negativa, *Dark house*, excede os valores por beneficiário individual, sendo enquadrados apenas em empreendimentos coletivos. Para estes aviários as frações escolhidas para compor a remuneração do capital total são de 50% de capital próprio e 50% do capital de terceiros, conforma a Tabela 16.

Tabela 16 - Valor econômico agregado a partir do WACC.

	DH 2400			PP 1200			PP 600
	Griller	Broiler	Pesado	Griller	Broiler	Pesado	Orgânico
WACC	8,76%	8,76%	8,76%	-	-	-	-
(T/P = 50%/50%)*							
WACC	-	-	-	8,63%	8,63%	8,63%	8,63%
(T/P = 75%/25%)							
Spread Econômico	1,05%	1,64%	0,83%	-	-	-	-
(T/P = 50%/50%)							
Spread Econômico	-	-	-	-1,60%	-0,09%	-2,19%	73,10%
(T/P = 75%/25%)							
EVA/Ano/R\$	7659,75	12032,37	6072,61	-	-	-	-
(T/P = 50%/50%)**							
EVA/Ano/R\$	-	-	-	-5588,03	-296,24	-7637,79	228891,65
(T/P = 75%/25%)							
EVA/kg/Ano/R\$	0,01	0,02	0,01	-	-	-	-
(T/P = 50%/50%)							
EVA/kg/Ano/R\$	-	-	-	-0,02	0,00	-0,03	3,49
(T/P = 75%/25%)							

Notas: DH 2400 – *Dark house* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

*metade do capital de terceiros e metade do capital próprio.

**EVA por sistema anualizado.

***EVA por quilograma de frango vivo ao ano.

Fonte: Autor (2018).

O custo do capital próprio, como um dos componentes do WACC, é representado por uma taxa que não tenha risco nenhum, adicionando um prêmio pelo risco analisado para o investimento em mercados emergentes. O resultado é uma taxa de juros que representa a remuneração dos credores dos sistemas de produção, 9,01% ao ano.

A diferença do retorno sobre os investimentos com o WACC resulta no *spread* econômico. Na Tabela 16 é possível observar que há dois *spreads* utilizados para o próximo cálculo, um de 8,76% para todos os sistemas de pressão negativa *Dark house* e 8,63% para os demais sistemas.

Aplicando as taxas dos *spreads* econômico sobre os investimentos, por aviário ano, temos os resultados do EVA em Reais. É possível observar que não foram todos os sistemas que apresentaram resultados positivos para agregação de valor econômico, destacando os aviários convencionais de pressão positiva com números negativos para produção dos produtos *griller*, *broiler* e frango pesado.

Mesmo com retornos positivos sobre os investimentos em viários convencionais, o custo do dinheiro para investir nestes sistemas supera os retornos. Em uma breve simulação com outras frações de investimento foi possível constatar que esse sistema só gera agregação de valor econômico na produção do produto *broiler*, um valor centesimal de R\$ 0,006/UF, se for financiado 100% com a taxa bancária de 8,5% ao ano.

Ainda é possível observar os resultados positivos do EVA quando transformados na unidade funcional do estudo. Para os aviários *Dark house* os valores ficam entre R\$ 0,01≈ e R\$ 0,02≈, e para o frango orgânico um valor de R\$ 3,49 por quilograma de frango orgânico.

4.6 RELATO E DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

De acordo com a NBR ISO 14045, a comparação de resultados da avaliação de ecoeficiência só é feita quando baseada no mesmo indicador, ou indicadores, e quando os sistemas analisados estão dentro do mesmo escopo (ABNT, 2014). Os critérios utilizados neste estudo para alcançar os resultados de ecoeficiência não foram encontrados em nenhum dos

trabalhos citados na etapa de revisão da literatura de ACV com o objeto sistemas de produção de frangos de corte.

Assim, as comparações a seguir são feitas a partir dos principais indicadores de impacto ambiental, acidificação, eutrofização e aquecimento global (100a), para os aviários *Dark House*, convencional e orgânico.

Na Tabela 17 é possível visualizar como se relacionaram o indicador econômico com os indicadores de impacto ambiental.

Tabela 17 - Formulação dos indicadores de ecoeficiência.

FÓRMULA	UNIDADE	INDICADOR
$\frac{\text{EVA}}{\text{kg SO}_2 \text{ eq}}$	R\$ / dióxido de enxofre eq.	Valor adicionado pela acidificação do ar
$\frac{\text{EVA}}{\text{kg PO}_4\text{-eq}}$	R\$ / fosfato equivalente	Valor adicionado pela eutrofização aquática
$\frac{\text{EVA}}{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}$	R\$ / kg de dióxido de carbono eq.	Valor adicionado que contribui para o aquecimento global

Fonte: Autor (2018).

Os gráficos a seguir mostram em planos cartesianos a relação dos principais indicadores de impacto ambiental com os respectivos EVA's. Os eixos horizontais representam valores em Reais do EVA para cada sistema de produto, e as colunas verticais os indicadores de categorias de impacto.

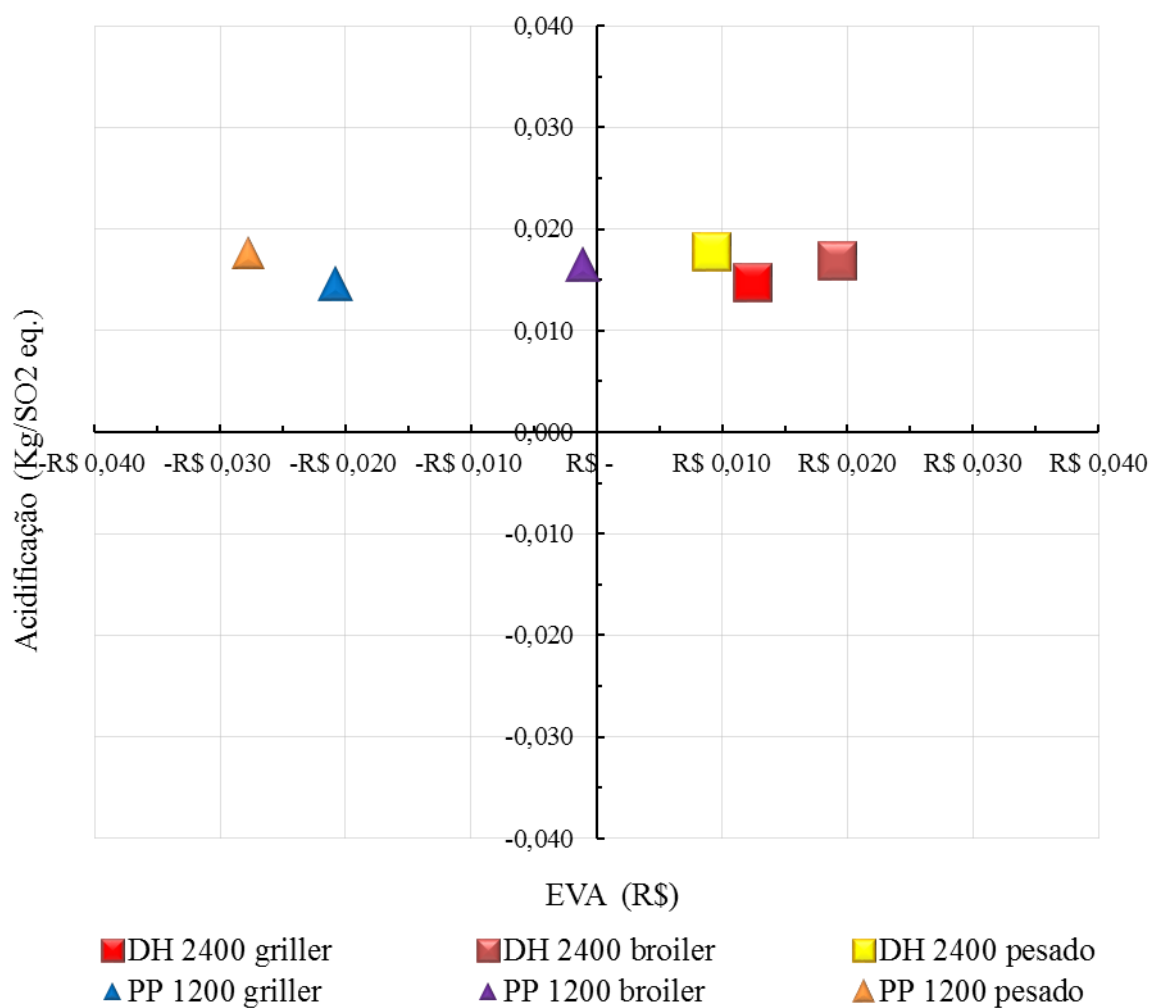
As comparações com os sistemas que produzem frango orgânico não foram representadas graficamente, por ter apresentado valores que sobressaíram as escalas utilizadas. As considerações destes sistemas são destacadas entre os parágrafos.

4.6.1 Acidificação

É possível observar na Figura 10 que os sistemas *Dark House* de pressão negativa e os sistemas convencionais apresentam similaridade na categoria acidificação, mas há disparidade no vetor econômico.

Cada quilograma de frango produzido em sistemas *Dark House* gera aproximadamente 0,02 kg/SO₂ eq. e apresenta lucro econômico de R\$ 0,01≈. Para o produto *broiler*, a relação neste sistema é de 1 para 1.

Em sistemas de produção convencionais as emissões também se aproximam de 0,02 kg/SO₂ eq. mas apresentaram destruição de valor econômico para todos os produtos. O destaque negativo deste sistema é a produção de frangos pesados, que se manteve na média das emissões do mesmo produto produzido nos aviários *Dark House*, mas apresentou resultado econômico negativo de R\$ 0,03≈.



Notas: DH 2400 – *Dark House* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

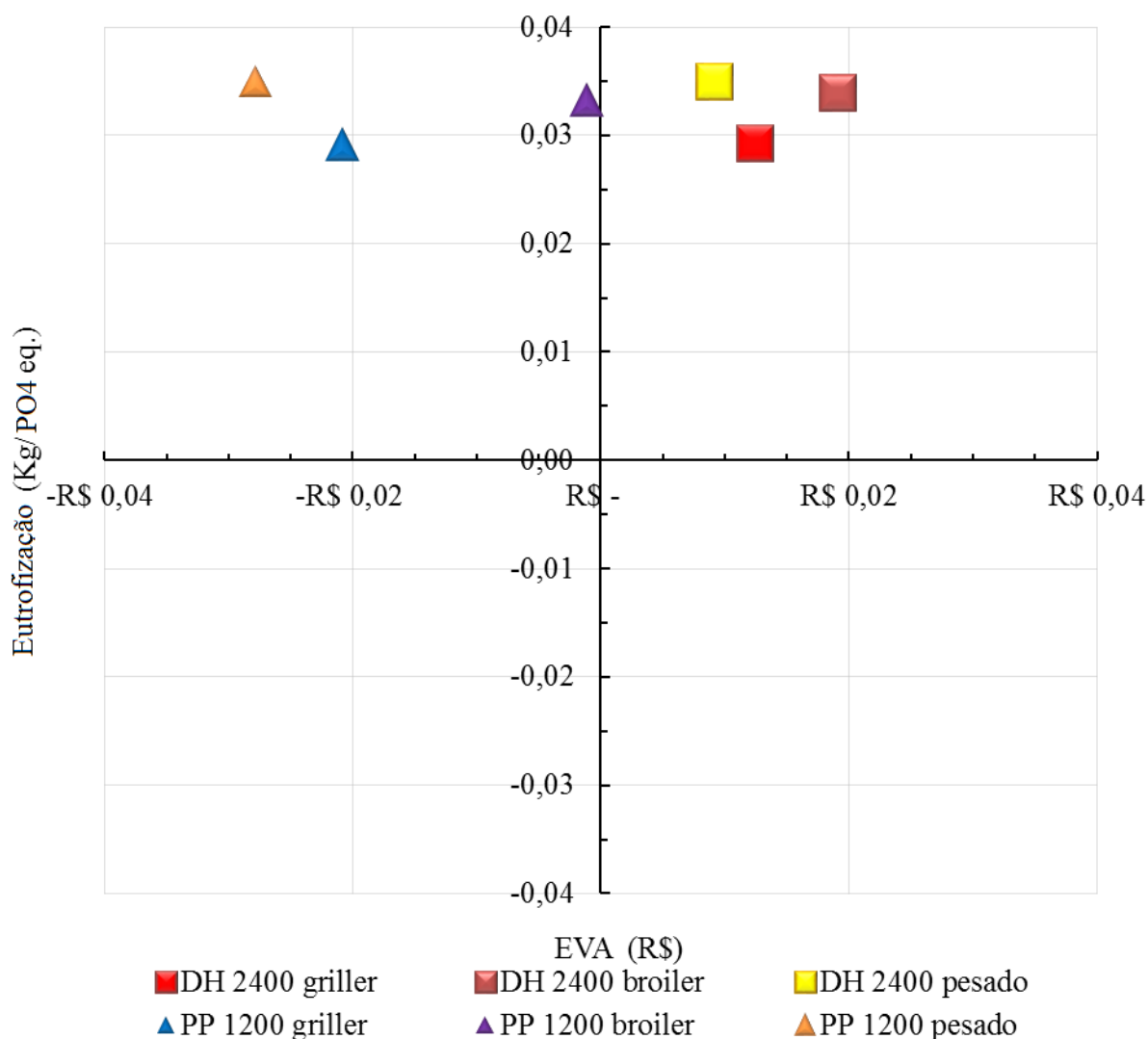
Figura 10 - Valor adicionado pela acidificação do ar.

Fonte: Autor (2018).

Nenhum dos sistemas apresentou desempenho econômico ou ambiental similar ao sistema orgânico, as emissões são de 0,96 kg/SO₂ eq. mas com ganho econômico de R\$ 3,49 por UF.

4.6.2 Eutrofização

Para eutrofização aquática os resultados são similares aos de acidificação. Conforme a Figura 11, os produtos que mais impactaram nessa categoria foram os frangos pesados, com valores para emissões de 0,04 kg/PO4 eq. por unidade funcional, e com valores de EVA positivos para aviários *Dark House* e negativos para aviários convencionais.

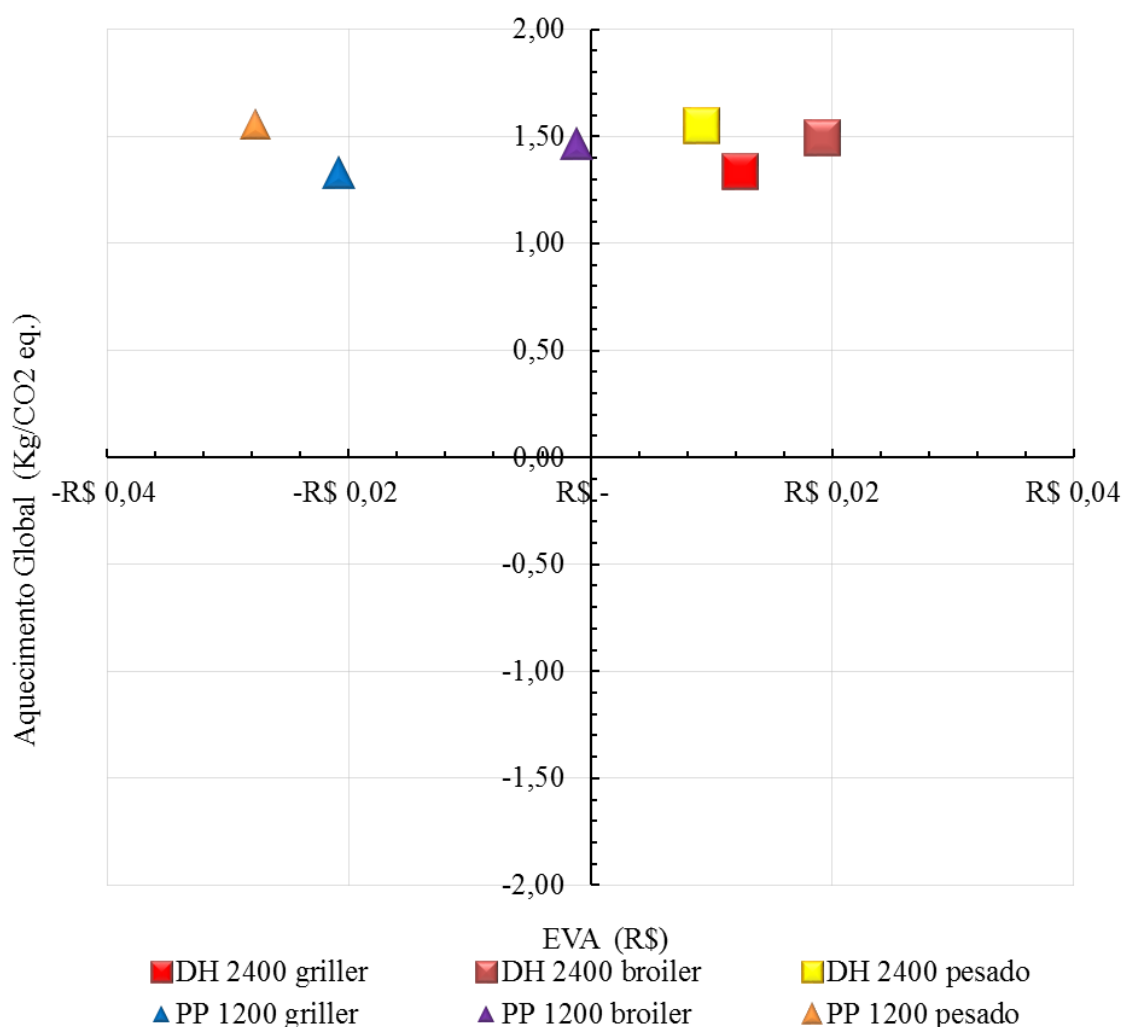


Notas: DH 2400 – *Dark House* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

Figura 11 - Valor adicionado pela eutrofização aquática.
Fonte: Autor (2018).

4.6.3 Mudanças Climáticas

A Figura 12 mostra proximidade dos produtos na escala de Aquecimento Global (100a) para os sistemas *Dark House* e para os sistemas convencionais, ficando entre 1,3 kg/CO₂ eq e 1,6 kg/CO₂ eq.



Notas: DH 2400 – *Dark House* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

Figura 12 - Valor adicionado que contribui para o aquecimento global.

Fonte: Autor (2018).

A quantidade de gases equivalentes emitidos nos sistemas orgânicos por UF chega a ser 66 vezes maior que a média dos demais sistemas de produto, são 103 kg/CO₂ eq. para uma média de 1,55 kg/CO₂ eq por UF.

O EVA que o produto orgânico gera representa até cem vezes o EVA do produto *broiler* em sistemas *Dark House*. A relação é de aproximadamente 30 quilogramas de CO₂ eq. por Real de lucro econômico do produto orgânico.

Mas, essa visão singular dos vetores ambiental e econômico pode não transparecer os impactos quando se normaliza o indicador de resultado entre os sistemas. De tal forma, a Tabela 18 mostra o indicador de resultado para Aquecimento Global relativo a um valor de R\$ 1,00

referente ao EVA, somente para sistemas de produto que apresentaram lucro econômico positivo.

Tabela 18 – Emissões de CO₂ eq. normalizada para R\$ 1,00 de EVA.

Sistema de produto	EVA/UF	kg CO ₂ /UF	CO ₂ eq. p/ R\$ 1,00 de EVA
DH 2400 <i>griller</i>	R\$ 0,01	1,33	106,95
DH 2400 <i>broiler</i>	R\$ 0,02	1,49	77,51
DH 2400 pesado	R\$ 0,01	1,55	167,66
PP 600 orgânico	R\$ 3,49	103,12	29,51

Notas: DH 2400 – *Dark House* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

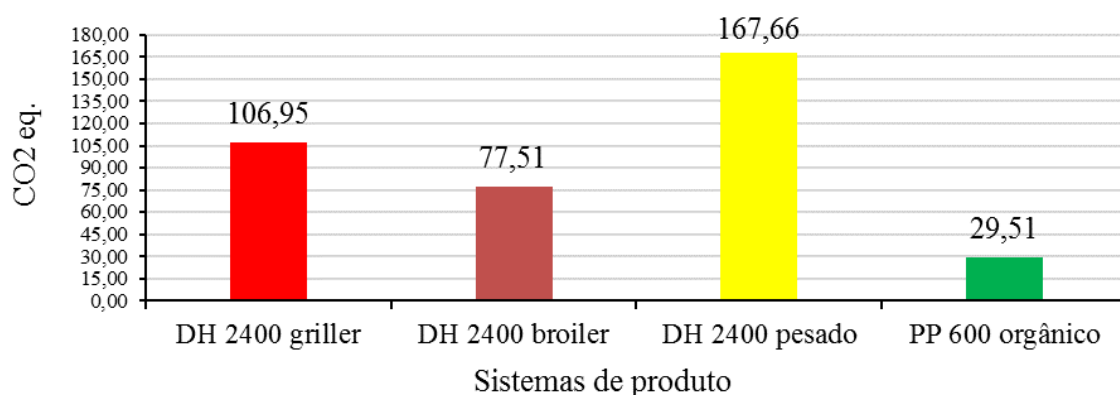
Fonte: Autor (2018).

Quando os resultados são normalizados para uma unidade monetária de EVA, é possível notar que os sistemas orgânicos são os menores emissores na categoria de impacto Aquecimento Global (100a).

Para chegar nesse resultado foi dividido a quantia de um Real de unidade monetária por cada EVA gerado nos sistemas de produto listados na Tabela 18.

Os resultados mostram que em sistemas *Dark House* precisa-se de muito mais quilogramas de peso vivo animal para atender R\$ 1,00 de valor econômico agregado. As quantias nestes sistemas são de 52 kg de peso vivo de frango *broiler*, 80 kg de peso vivo de frango *griller* e 108,18 kg de peso vivo de frango pesado.

Em sistemas orgânicos, o resultado mostra que para produzir R\$ 1,00 de EVA é necessário aproximadamente de 0,29 kg de frango vivo. A Figura 13 mostra graficamente a diferença das emissões em escalas de quinze quilogramas de gás carbônico equivalente.



Notas: DH 2400 – *Dark House* 2400 m²; PP 1200 – Pressão positiva 1200 m²; PP 600 – Pressão positiva orgânico 600 m².

Figura 13 - Representação gráfica do potencial de Aquecimento Global (100a) normalizado por R\$ 1,00 de EVA.

Fonte: Autor (2018).

4.6.4 Limitações

A maioria dos dados de produção fornecidos para este projeto estão sujeitos a confidencialidade conforme acordo firmado com protocolo de pesquisa entre as partes, universidade, cooperativa e associação, vide Apêndice B.

Os valores relacionados ao consumo de água por lote não foram coletados nos aviários, principalmente por não haver hidrômetros instalados nos mesmos. Para suprir essa lacuna do inventário foi utilizado como fonte de dados uma tabela que trata da quantidade de água necessária para dessedentação recomendada pela marca Cobb Ventress, mostrado na Tabela 19.

Tabela 19- Recomendação do consumo de água para dessedentação animal em valores mínimo, máximo e média.

<u>Dias de idade</u>	<u>Mínimo Lt/ ave/dia (22°C)</u>	<u>Média</u>	<u>Máximo Lt/ave/dia (32°C)</u>
7	0,04	0,06	0,08
14	0,06	0,09	0,12
21	0,09	0,14	0,19
28	0,12	0,07	0,02
35	0,15	0,21	0,27
42	0,17	0,26	0,34
49	0,19	0,29	0,38
56	0,21	0,31	0,41
Consumo água acumulado*			
28	2,23	2,50	2,77
42	3,29	3,98	4,68
49	4,50	5,78	7,06
56	7,31	9,94	12,57

Nota: Consumo de água acumulado para todo o ciclo de vida animal em dias.

Fonte: Cobb (2017).

Não foram considerados os fluxos intermediários e elementares dos sistemas externos de produção dos avozeiros, matrizeiros e do incubatório por não haver inventários nacionais destes produtos e entender que não há disponibilidade de tempo no cronograma da pesquisa para inventariá-los.

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposição de indicadores de ecoeficiência ressaltadas no estudo não foi negligenciada. Para gerar estes indicadores é necessário aplicar um método de ponderação para os resultados econômicos, pois valores negativos foram encontrados. A não ponderação deste

vetor pode levar a sistemas que possuam retornos econômicos mais atrativos e emissões mais altas a sobressaírem-se sobre outros sistemas menos valorosos e com emissões muito mais baixas.

- Modelagem dos sistemas de produção de frangos de corte.

Há uma quantidade significativa de materiais disponíveis na literatura que citam os sistemas de produção de frangos de corte, mas poucos trabalhos dispõem de rigor técnico para descrever e modelar estes sistemas de produto. Essa primeira observação é feita por conta da dificuldade encontrada para adquirir informações sobre sistemas alternativos, como o orgânico e o *Free Range*. Não houve a possibilidade de inventariar este último sistema produtivo, que era uma das intenções iniciais de pesquisa, e para conseguir informações sobre a produção orgânica somente visitas *in loco*.

O processo de caracterização dos sistemas de produto aqui relatado foi possível através da observação do nível tecnológico que cada modal possui assim, se cabe uma orientação para iniciar outro processo de modelagem, que seja feito analisando os pacotes tecnológicos dos sistemas de produto.

- Quantificar os potenciais impactos ambientais.

A quantificação dos principais impactos ambientais foi possível por haver inventários nacionais dos principais insumos para produção de frangos de corte, os grãos e a energia elétrica. O desempenho ambiental dos sistemas convencionais e *Dark House* se mostrou menos impactante frente aos trabalhos de pesquisadores brasileiros publicados em periódicos internacionais.

A ACV realizada seguiu critério rígidos para delimitar o tipo de produto que os sistemas produzem e por seguinte seus inventários. Dentre estes critérios estava o de não usar rações com fonte de proteína animal, farinhas de carne e ossos, farinhas de sangue e outras.

Ainda com resultados de emissões menores, é visível a falta de inventários nacionais com processos unitários voltados para produção primária animal e vegetal. Como estes produtos abastecem muitas outras indústrias e agroindústrias, é primordial que para análises de “berço ao túmulo” de outros sistemas de produto haja disponibilidade de inventários nacionais bem datados.

Uma possibilidade para trabalhos futuros é de continuar com o objetivo de análise e agregar no escopo fabricas que processam este tipo de subprodutos agroindustriais. A finalidade

da pesquisa seria de comparar os impactos da produção pecuária alimentada com diferentes fontes de proteínas.

- Análise econômica.

Dados os valores negativos para o EVA em sistemas convencionais, faz-se necessário uma análise minuciosa sobre o retorno destes empreendimentos para a carteira de capital empregada antes de novos investimentos.

A taxa utilizada para remunerar o capital de terceiros foi menor que a para remuneração do capital próprio em todos os sistemas, ainda não sendo suficiente para positivar o lucro econômico nos sistemas de produto convencionais. Logo, a orientação para o empreendedor é de procurar um agente financeiro que financie este tipo de atividade com taxas menores, entre 5,5% e 6% ao ano, e de forma integral.

Uma outra forma de encarar essa situação real do produtor de sistemas convencionais frente a atividades que não remuneram seus investimentos, é a proposição de subsídios na taxa de juros via agente governamental. Linhas de financiamentos que atendam produtores parceiros de cooperativas, empresas integradoras e até mesmo com negócios individuais, podem fomentar a continuidade do desenvolvimento da avicultura no país.

A possibilidade de contratar um financiamento com dinheiro a juros menores impede que o produtor pecuário faça aplicação de uma quantia maior de seu capital próprio e assuma o risco de desvalorizar o investimento gradualmente.

- Contribuição adicional.

Este trabalho permitiu uma visão holística da cadeia avícola do Brasil e do principal produto da avicultura de corte, o frango. O uso de diferentes ferramentas para analisar este objeto adicionou conhecimentos e abriu oportunidade para especialização do autor.

É recomendável que os estudos que envolvam Avaliações do Ciclo de Vida sejam interdisciplinares com parceria de diferentes especialistas ampliando a ótica dos profissionais envolvidos sobre o objeto em estudo.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009 a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009 b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14045: **Avaliação da ecoeficiência de sistemas de produto — Princípios, requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2014.

ABPA. **Relatório Anual 2017**. Associação Brasileira de Proteína Animal, p. 134, 2017. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2017>>. Acesso em: 28 abr. 2017

ABREU, Valéria Maria Nascimento; ABREU, Paulo Giovanni de. **Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil**. Revista Brasileira de Zootecnia. [concordia], p. 1-14. jan. 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciasobreosistemas.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF. AmiPig, **Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos**. França, 2000.

AGRI-FOOTPRINT, Blonk. **Agri-footprint 2.0 – Part 2: Description of data**. Gouda, Holanda, 2015.

AIKING, Harry. Future protein supply. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 2–3, p. 112-120, 2011.

ALEXANDRATOS, Nikos et al. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. FAO, Roma: ESA Working paper, 2012.

ALIG, Martina et al. **Life cycle assessment of beef, pork and poultry**. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zurique, Suíça, p. 1-8, 2012.

AMON, Barbara et al. Manure management. **EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook** v. 625, p. 209–219, 2016.

AVILA, Valdir Silveira De; SOARES, João Paulo Guimarães. **Produção de ovos em sistema orgânico**. Concórdia: EMBRAPA suínos e aves, p. 104, 2010.

AVINUTRI. **Sistema Dark House de produção de frangos de corte: vantagens e desvantagens**. 2017. Disponível em: <<http://avinutri.com/sistema-dark-house-de-producao-de-frangos-de-corte-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

BARRANTES, Leticia De Santi et al. Benefits of Agricultural Cropping System for Brazilian Bioproducts: The Soybean-Winter Maize LCA. CILCA - **Conferencia Internacional de Análisis de Ciclo de Vida en Latinoamérica**, Medellin, Colômbia, p. 1–6, 2017.

BARRANTES, Leticia De Santi. **Avaliação do desempenho ambiental da produção de biomassa florestal com finalidades energéticas no Brasil: Caso de Itapeva**. 2016. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pósgraduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

BEDDINGTON, John R. et al. Achieving food security in the face of climate change: **Final report from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change**. 2012.

BENGTSSON, Jonas; SEDDON, Julia. Cradle to retailer or quick service restaurant gate life cycle assessment of chicken products in Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 41, p. 291-300, 2013.

BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). Brasil. **Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais – MODERAGRO: CIRCULAR SUP/AOI Nº 21/2017-BNDES**. 2017. **BNDES AUTOMÁTICO e BNDES FINAME**. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/97532f06-0614-4c1e-9aca-56287a8d22c9/17Cir21+MODERAGRO+Ano+Agrícola+2017-2018.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m8xv1c8>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

BOGGIA, A.; PAOLOTTI, L.; CASTELLINI, C. Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, n. 1, p. 95-114, 2010.

BOLAND, Mike J. et al. The future supply of animal-derived protein for human consumption. **Trends in Food Science & Technology**, v. 29, n. 1, p. 62-73, 2013.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Report of the World Commission on environment and development: "our common future"**. United Nations, 1987.

CARVALHO, Rafael Humberto et al. The effects of the Dark House system on growth, performance and meat quality of broiler chicken. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 2, p. 189-193, 2015.

CASTELLINI, Cesare et al. A multicriteria approach for measuring the sustainability of different poultry production systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 37, p. 192-201, 2012.

CEDERBERG, Christel et al. **Greenhouse gas emissions from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005**. SIK Report No 793, Swedish Institute for Food and Biotechnology, Suécia, 2009.

CESARI, V. et al. Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a Life Cycle approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 904-911, 2016.

CIDASC. Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina. **Custos de produção de frangos de corte e de suínos voltam a subir em setembro**. 2013. Material cedido pela Embrapa Suínos e Aves de Concórdia/SC. Disponível em: <<http://www.cidasc.sc.gov.br/blog/2013/10/25/custos-de-producao-de-frangos-de-corte-e-de-suynos-voltam-a-subir-em-setembro/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

CLUNE, Stephen; CROSSIN, Enda; VERGHESE, Karli. Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 766–783, 2016.

COSTA, Fernando Guilherme Perazzo et al. Scientific progress in the production of monogastric in the first decade of the twenty-first century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 288-302, 2010.

DE VRIES, M. de; VAN MIDDELAAR, C. E.; DE BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts of beef production systems: A review of life cycle assessments. **Livestock Science**, v. 178, p. 279-288, 2015.

DONG, Hongmin et al. Emissions from livestock and manure management, **CHAPTER 10**. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

EEA - European Environment Agency, (Copenhagen, Denmark) MAKING SUSTAINABILITY ACCOUNTABLE: ECO-EFFICIENCY, RESOURCE PRODUCTIVITY AND INNOVATION, 1998,. **Proceedings of a workshop on the Fifth Anniversary of the European Environment Agency (EEA)**. European Environment Agency (EEA) And The Factor-10-institute, 1999. 39 p. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/Topic_report_No_111999>. Acesso em: 25 jan. 2018.

EHRENFELD, John R. Eco-efficiency: Philosophy, Theory, and Tools. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 4, p. 6-8, 2005.

ELLINGSEN, Harald; AANONDSSEN, Svein Aanond. Environmental impacts of wild caught cod and farmed Salmon-a comparison with chicken. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 60-65, 2006.

EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (WASHINGTON, EUA). **Glossary of Sustainable Manufacturing Terms: Eco-efficiency Analysis**. 2017. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sustainability/glossary-sustainable-manufacturing-terms#E>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

FAO, IFAD e WFP (2015), The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. **Food and Agriculture Organization Publications**, Roma, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a4ef2d16-70a7-460a-a9ac-2a65a533269a/i4646e.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2017.

FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; PICOLI, J. F.; BARRANTES, L. D. S. ; MAY, A.; HIRAKURI, M. H.; CASTRO, C. de. **Life Cycle Inventories of Grains Production in Brazil**. Jaguariúna. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017.

FOLEY, J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337–42, 2011.

FRAVAL, Simon; LANNERSTAD, Mats; RIDOUTT, Brad. **Review of life-cycle assessments of livestock production: perspectives for application to environmental impact assessment in developing countries**, Nairobi: ILRI, 2015.

- GERBER, P.; OPIO, C.; STEINFELD, H. **Poultry production and the environment-A review**. FAO, Animal Production and Health Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla. Roma, Itália, v. 153, p. 1–27, 2007.
- GLATZ, Phil; PYM, Robert. Poultry housing and management in developing countries. **Poultry development review. Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Roma, p. 24-43, 2013.
- GODFRAY, H. Charles J. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, Sara et al. Life Cycle Assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. **Journal of cleaner production**, v. 74, p. 125-134, 2014.
- GUINEE, Jeroen B. et al. Life cycle assessment: past, present, and future. **Environmental science & technology**, v. 45, n. 1, p. 90–96, 2011.
- GUINEE, Jeroen B. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. **The international journal of life cycle assessment**, v. 7, n. 5, p. 311, 2002.
- HAUSCHILD, Michael Z. et al. Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 3, p. 683-697, 2013.
- HOLDEN, Erling; LINNERRUD, Kristin; BANISTER, David. The imperatives of sustainable development. **Sustainable Development**, v. 25, n. 3, p. 213-226, 2017.
- HUPPES, Gjalt; ISHIKAWA, Masanobu. Eco-efficiency and Its Terminology. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 4, p. 43-46, 2005.
- KALHOR, Talayeh et al. Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment. **Information Processing in Agriculture**, v. 3, n. 4, p. 262-271, 2016.
- KATAJAJUURI, Juha-Matti et al. Environmental impacts and related options for improving the chicken meat supply chain. In: 6th **International Conference on LCA in the Agri-Food Sector**. Zurich, 2008.
- KEEBLE, Brian R. The Brundtland report: ‘Our common future’. **Medicine and War**, v. 4, n. 1, p. 17-25, 1988.
- KICHERER, Andreas et al. Eco-efficiency: Combining Life Cycle Assessment and Life Cycle Costs via Normalization. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 12, n. 7, p. 537-543, 2007.
- LEINONEN, Ilkka et al. Comparing the environmental impacts of alternative protein crops in poultry diets: The consequences of uncertainty. **Agricultural systems**, v. 121, p. 33-42, 2013.
- LEINONEN, Ilkka et al. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. **Poultry Science**, v. 91, n. 1, p. 8-25, 2012a.

LEINONEN, Ilkka et al. The potential to reduce environmental impacts of poultry 2 production systems by including alternative protein crops in their 3 diet: a quantitative comparison with uncertainty analysis. **Agricultural Systems**, v. 121, n. October, p. 33–42, 2013.

LEIP, Adrian et al. **Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS)**. JOINT RESEARCH CENTRE (Administrative Arrangements AGRI-2008-0245 and AGRI-2009-0296, final report). Itália, 2010.

LIMA, Nilsa Duarte Silva et al. Model-predicted ammonia emission from two broiler houses with different rearing systems. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 5, p. 393–399, 2015.

LOVATA, Linda M.; COSTIGAN, Michael L. Empirical analysis of adopters of economic value added. **Management Accounting Research**, v. 13, n. 2, p. 215–228, 2002.

MACLEOD, M. et al. **Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains—A global life cycle assessment**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, 2013.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. (Org.). **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. Brasil 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. (Org.). **Ofício Circular DOI/DIPOA N° 007/99, Registro do Produto "Frango Caipira ou Frango Colonial" ou "Frango Tipo ou Estilo Caipira" ou "Tipo ou Estilo Colonial"**. Brasil, 1999. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Oficio-circular-7-de-19-de-maio-de-1999_000gy48rvu302wx7ha0b6gs0xgpnhny.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2017.

MARTÍNEZ-PÉREZ, M. et al. Poultry meat production in Free Range systems: perspectives for tropical areas. **World's Poultry Science Journal**, v. 73, n. 2, p. 309–320, 2017.

MENDES, Natalia Crespo. **Métodos e modelos de caracterização para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: análise e subsídios para aplicação no Brasil**. 2013. 149 f. 2013. Tese de Doutorado. – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MIELE, M. et al. **Coeficientes técnicos para o cálculo do custo de produção de frango de corte**. Embrapa Suínos e Aves-Comunicado Técnico 483 (INFOTECA-E), 2010.

MOSNIER, E. et al. Evaluation of the environmental implications of the incorporation of feed-use amino acids in the manufacturing of pig and broiler feeds using Life Cycle Assessment. **Animal**, v. 5, n. 12, p. 1972–1983, 2011.

MUELLER, Nathaniel D. et al. Closing yield gaps through nutrient and water management. **Nature**, v. 490, n. 7419, p. 254–257, 2012.

NÄÄS, Irenilza et al. Brazilian chicken meat production chain:a 10-year overview. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 17, n. 1, p. 87–94, 2015.

NIELSEN, Nicolaj Ingemann; JØRGENSEN, Malene; BAHRNDORFF, Simon. Greenhouse gas emission from the Danish broiler production estimated via LCA methodology. **The Danish Food Industry Agency**, Aarhus, Dinamarca, 2011.

NOWICKI, Rodrigo et al. Desempenho de frangos de corte criados em aviários convencionais e escuros. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 14, n. 1, p. 25-28, 2011.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, (Paris, France). **Eco-Efficiency, Oecd Publications**, 1998. 88 p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264040304-en>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development, (Nova York, EUA). **Glossary of Statistical Terms: ECO-EFFICIENCY PROFILES**. 2005. Disponível em: <<https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=6405>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

OECD/FAO. Oecd/food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Agricultural Outlook 2015-2024**. Paris, 2015. ISBN 978-92-64-23203-7. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en>. Acesso em: 02 jun. 2017.

OECD/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025**, OECD Publishing, Paris. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en>. Acesso em: 3 de maio de 2017.

PAOLOTTI, Luisa et al. Combining livestock and tree crops to improve sustainability in agriculture: a case study using the Life Cycle Assessment (LCA) approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 351-363, 2016.

PATRICIO, I.S. et al. Overview on the Performance of Brazilian Broilers (1990 to 2009). **Brazilian journal of poultry science**, v. 14, n. 4, p. 233-238, 2012.

PELLETIER, Nathan. Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. **Agricultural Systems**, v. 98, n. 2, p. 67-73, 2008.

PETERSON, Pamela P.; PETERSON, David R. Company performance and measures of value added. **Research Foundation Books**, 1-60, 1996.

PRUDÊNCIO DA SILVA, Vamilson et al. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. **Journal of Environmental Management**, v. 133, p. 222-231, 2014.

ROGERS, Kara; KADNER, Robert J.. Growth of bacterial populations: Bacteria. 2018. **Encyclopædia Britannica**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/bacteria/Growth-of-bacterial-populations>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

ROGERSON, William P. Intertemporal cost allocation and managerial investment incentives: A theory explaining the use of economic value added as a performance measure. **Journal of Political Economy**, v. 105, n. 4, p. 770-795, 1997.

ROSTAGNO, Horacio Santiago et al. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos**. 4ª ed. Viçosa: UFV, 2017.

SCHALTEGGER, Stefan; STURM, Andreas. Ökologische Rationalität. **Nomos Verlagsgesellschaft/JSTOR**, v. 44, n. 4, p. 273–290, 1990. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/24180467>>. Acesso em: 28 de out. 2017.

SCHAU, Erwin Meissner; FET, Annik Magerholm. LCA studies of food products as background for environmental product declarations. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 3, p. 255-264, 2008.

SECEX (SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR), Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior>>. Acesso em: 9 de agosto de 2017.

SHIL, Nikhil Chandra. Performance measures: An application of economic value added. **International Journal of business and Management**, v. 4, n. 3, p. 169, 2009.

SILVA, Gil Anderi Da et al. Avaliação do Ciclo de Vida: Ontologia Terminológica. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia- Ibict, Brasília, 2014. ISBN: 978-85-7013-103-4 1.

SPIES, Airton. **The sustainability of the pig and poultry industries in Santa Catarina, Brazil: a framework for change**. Brisbane: University of Queensland, School of Natural and Rural Systems Management, Tese de Doutorado, p. 379 f, 2003.

STEINFELD, Henning et al. **Livestock's long shadow - environmental issues and options**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, v. 3, n. 1, p. 1–377, 2006. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2017.

STERN VALUE MANAGEMENT (Nova York, EUA). **CONSULTING SERVICES: Training**. Disponível em: <<http://sternvaluemanagement.com/consulting-services-strategy-governance-financial-policy-operations/eva-training/>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

TILMAN, David et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011.

TILMAN, David; CLARK, Michael. Global diets link environmental sustainability and human health. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 518-522, 2014.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

UN (United Nations), Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables**. Working Paper No. ESA/P/WP/248. p. 46, 2017.

VALDES, Constanza; HALLAHAN, Charlie; HARVEY, David et al. Brazil's broiler industry: Increasing efficiency and trade. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 18, n. SpecialIssueA, p. 263–275, 2015.

VAN DER WERF, Hayo MG; SALOU, Thibault. Economic value as a functional unit for environmental labelling of food and other consumer products. **Journal of Cleaner Production**, v. 94, p. 394-397, 2015.

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). **Eco-efficiency: Learning Module**. File Winds International, 2005. ISBN: 2-940240-84-1.

WEBB, J. et al. Can UK livestock production be configured to maintain production while meeting targets to reduce emissions of greenhouse gases and ammonia?. **Journal of cleaner production**, v. 83, p. 204-211, 2014.

WERNET, G. et al. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, [online] 21(9), pp.1218–1230, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8>> Acessado em 17/07/2017.

WIDHEDEN, Anna; STRÖMBERG, Karin. **LCA Kyckling**. CIT Ekologik Ab. p. 1–62, Gotemburgo, Suécia, 2001.

WIEDEMANN, S. G.; MCGAHAN, E. J.; MURPHY, C. M. Resource use and environmental impacts from Australian chicken meat production. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 675-684, 2016.

WIEDEMANN, Stephen; MCGAHAN, Eugene J.; POAD, Glenn. **Using life cycle assessment to quantify the environmental impact of chicken meat production**. RIRDC, 2012.

WIEDEMANN, Stephen; YAN, Mingjia. Livestock meat processing: inventory data and methods for handling co-production for major livestock species and meat products. In: **The 9th international conference of LCA of food**. 2014. p. 8-10.

WILLIAMS, A. G. et al. A lifecycle approach to reducing the environmental impacts of poultry production. In: **World Poultry Science Association (WPSA), 17th European Symposium on Poultry Nutrition**, Edinburgo, Reino Unido, 23-27 August, 2009. World Poultry Science Association (WPSA), 2009. p. 70-76.

WILLIAMS, A.; AUDSLEY, E.; SANDARS. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. **Final report to Defra on project IS0205**, p. 97, Londres, 2006.

WOLF *et. al.* European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: **International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook** - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxemburgo. Publications Office of the European Union; 2010.

WU, Guoyao et al. Production and supply of high-quality food protein for human consumption: Sustainability, challenges, and innovations. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1321, n. 1, p. 1–19, 2014.

APÊNDICE A – Processos usados para modelar os sistemas de produção (em inglês)

Processos	Fonte
Cama dos aviários	
Shaving, softwood, measured as dry mass {GLO} market for Alloc Def, U	Wernet <i>et al.</i> (2016)
Aminoácidos das rações	
DL_methionine	Mosnier <i>et al.</i> (2011)
L_Lysine	Mosnier <i>et al.</i> (2011)
L_Treonine	Mosnier <i>et al.</i> (2011)
L_tryptophan	Mosnier <i>et al.</i> (2011)
L_valine	Mosnier <i>et al.</i> (2011)
Limpeza dos aviários	
Quicklime, milled, packed {GLO} market for Alloc Def, U	Wernet <i>et al.</i> (2016)
Eletricidade	
Electricity, low voltage {BR} market for Alloc Def, U	Wernet <i>et al.</i> (2016)
Grãos das rações	
Maize production at farm, mass	Barrantes <i>et al.</i> (2017)
Soybean production at Farm, MT, BR	Follegati-Matsuura (2017)
Soybean production at Farm, PR, BR	Follegati-Matsuura (2017)
Soybean, organic {GLO} market for Alloc Def, U	Wernet <i>et al.</i> (2016)
Farelos das rações	
Soybean meal, from crushing (solvent), at plant/BR	Blonk (2015)
Soybean meal, Organic, from crushing (solvent), at plant/BR	Blonk (2015)
Óleos das rações	
Crude soybean oil, from crushing (solvent), at plant/BR Mass	Blonk (2015)
Crude soybean oil, Organic, from crushing (solvent), at plant/BR Mass	Blonk (2015)
Água para dessedentação	
Tap water {RoW} tap water production Alloc Def, U,	Wernet <i>et al.</i> (2016)
Lenha	
Eucalyptus wood production	Barrantes (2016)
Transporte	
Transport, freight, EURO3 {RER} Alloc Def, U	Wernet <i>et al.</i> (2016)

APÊNDICE B – Protocolo de pesquisa

Á _____

Dourados, XX de XXXX de 2017.

Título do projeto de pesquisa

Ecoeficiência em sistemas de produção de frangos de corte

Objetivo da pesquisa

Realizar estudo de aspectos ambientais e econômicos inerentes a produção do frango de corte em sistemas automatizados e convencionais.

- Análise do Ciclo de Vida (ACV) da produção do frango de corte.
- Análise de viabilidade econômico-financeira da produção do frango de corte usando uma abordagem de EVA (valor econômico agregado).

Antecedentes científicos, relevância e justificativa da pesquisa

As indústrias agroalimentares enfrentam uma pressão crescente para quantificar e melhorar seu desempenho ambiental ao longo de suas atividades, ao mesmo tempo que aumentam sua produção para satisfazer uma demanda global.

A carne de frango representa uma das proteínas mais populares no mundo, segundo a FAO – *Food and Agriculture Organization* (2016) a carne de frango é o principal motor do crescimento da produção total de proteína animal em resposta ao aumento da demanda global de alimentos, por ser mais acessível em comparação com carnes vermelhas e apresentarem diferencial econômico positivo quando comparado elasticidade consumo e renda dos consumidores. Espera-se que sua produção aumente significativamente nas próximas décadas devido aumento da renda *per capita* de a população mundial estar aumentando.

O Brasil possui todos os predicados de um setor referência internacional como: sanidade, qualidade e produtividade. Segundo o último relatório anual da ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal, o Brasil foi o país que mais exportou carne de frango em 2015 e tomou o 2º lugar em produção da China, com potencial para se tornar o maior produtor mundial nas próximas décadas (*World Bank*, 2016).

No Brasil, a característica dos sistemas de criação de frangos é intensiva verticalmente integrada, este modelo se fortalece à medida que a qualidade da carne e os efeitos de bem-estar dos animais agregam valor aos produtos, características que valoram as marcas a partir da percepção dos consumidores.

Para tanto, questões como rastreabilidade, uso de recursos naturais e desempenho ambiental estão cada dia mais atreladas a decisão de compra dos consumidores tanto do

mercado doméstico como internacionais, isso resulta em rotulagens afim de codificar mensagens e podem influenciar indiretamente em qual produto escolher.

É sabido cientificamente (trabalhos feitos em países emergentes e em países com economias mais consolidadas) que a fase agrícola dos grãos tem maior significância para possíveis impactos ambientais provenientes do produto frango de corte ao passo que são fontes indispensável de nutrientes para a ração, mas também se utilizam de um volume considerável de recursos naturais.

Assim, quantificar recursos e possíveis emissões nas etapas de criação vem sendo um diferencial para organizações internacionais que transformam proteína vegetal em proteína animal e almejam ofertar para a sociedade um negócio produtivo, de qualidade, seguro e mais sustentável. Diferencial que vem sendo cobrado por mercados mais exigentes na forma de Declarações Ambientais de Produtos (*Environmental Product Declarations* - EPD®).

Resumo do projeto e métodos da pesquisa

A pesquisa busca evidenciar e correlacionar aspectos ambientais e viabilidade econômica a jusante de dois sistemas de produção de frangos: automatizado (Dark House) e convencionais (Tipo Túnel), a partir de uma análise longitudinal entre lotes.

Plano de coleta e análise de dados (medições)

Esta pesquisa tem como base a coleta de dados primários para formação de um inventário que subsidiará a Análise do Ciclo de Vida, um método complexo para subsidiar decisores em sustentáveis.

A coleta de dados se dará na região _____, diretamente nos sistemas de criação que abastecem as plantas da empresa _____, empresa que representa o mercado de proteína animal brasileiro e privilegia o equilíbrio da preservação e uso dos recursos naturais com a produtividade digna do nosso agronegócio.

Salienta-se que serão necessários somente os dados de insumos, produto e coprodutos que entrarão e sairão do sistema, logo, não há necessidade de visitas técnicas aos criadouros nem a galpões, NÃO havendo contato direto com as aves.

Plano de divulgação de resultados

Os resultados serão dispostos a modelo de artigos publicados em revistas científicas internacionais e não citarão a fonte dos dados.

Ao final do projeto um relatório técnico científico será reportado a empresa integradora com todos os pontos críticos advindo do modelo analítico proposto.

O nome da empresa, bem como logo, endereço ou quaisquer outras informações que leve a identificação da mesma NÃO será publicitado sem a autorização da mesma.

Pesquisadores responsáveis e colaboradores

A pesquisa será coordenada pelos professores orientadores:

- Rodrigo Garofallo Garcia

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0413070608488067>

- Clandio Favarini Ruviaro

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2973163586729275>

- Michel Decian Carvalho

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8219460800207177>

Especificação da finalidade acadêmica da pesquisa

Tem finalidade puramente científica afim de coletar dados e gerar um relatório que irá ser apresentado a empresa e subsidiará artigos científicos.

Unidade financiadora e instituições envolvidas

- PPGA/UFGD: Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados.

Cronograma de execução

_____/2017 a _____/2017

Se houver disposição de dados dos últimos seis meses, apenas uma visita será necessária por produtor.

Termo de Compromisso e Confidencialidade

Os pesquisadores se responsabilização e assinarão qualquer documento interno da empresa que objetive a confidencialidade dos dados.

Profº Dr. Rodrigo Garofallo Garcia

Profº Dr. Clandio Favarini Ruviaro

Mestrando Michel Decian Carvalho

APÊNDICE C – Formulação das rações convencionais

INGREDIENTES	Pré-inicial	Inicial	Cresc. 01	Cresc. 02	Final 01	Final 02
MILHO	0,5085	0,5317	0,5806	0,6445	0,6458	0,6789
ÓLEO SOJA	0,0438	0,0464	0,0446	0,0398	0,0393	0,0376
FLO SOJA 46	0,407	0,3846	0,3431	0,289	0,2888	0,2594
DL-METIONINA	0,0037	0,0034	0,0028	0,0024	0,0024	0,0022
L-LISINA HCL	0,002	0,0022	0,0017	0,0019	0,0019	0,002
L-TREONINA HCL	0,0009	0,0008	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004
L-VALINA	0,0003	0,0004	0	0	0	0
FOSCÁLCIO	0,0131	0,011	0,0088	0,0051	0,0051	0,004
CALCÁRIO	0,0102	0,0096	0,0086	0,0085	0,0085	0,008
SAL COMUM	0,0049	0,0042	0,0041	0,0037	0,0037	0,0036
BICARBONATO SÓDIO	0,0005	0,001	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
PX VIT AVES	0,0014	0,0013	0,001	0,0008	0,0008	0,0007
PX MIN AVES	0,0014	0,0013	0,001	0,0008	0,0008	0,0007
CL COLINA 60%	0,001	0,0008	0,0007	0,0005	0,0005	0,0005
FITASE	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
ANTIOXIDANTE BHT	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
MONENSINA 40%	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0	0
SURMAX 25%	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0	0
ADSORVENTE MICOTOXIN	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
TOTAL	1,0000	1,0000	1,0001	1,0000	1,0000	1,0000

APÊNDICE D – Formulação das rações orgânicas

INGREDIENTES	Inicial	Cresc. 01	Cresc. 02	Final
MILHO	0,6110	0,6680	0,6790	0,7330
F. SOJA	0,3520	0,2900	0,2720	0,2260
FOSFATO BICÁLCICO	0,0114	0,0093	0,0079	0,0072
CALCÁRIO CALCÍTICO	0,0091	0,0086	0,0085	0,0078
ÓLEO DE SOJA	0,0013	0,0100	0,0200	0,0152
PREMIX - ADITIVOS	0,0157	0,0141	0,0126	0,0108
TOTAL	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

APÊNDICE E – Itens que compõem as instalações e os equipamentos

	Pressão Negativa (Dark House 2400)			Pressão Positiva (1200)			Pressão Positiva (Orgânico 600)
Largura	16			12			12
Comprimento	150			100			50
Área	2400			1200			600
	Griller	Broiler	Pesado	Griller	Broiler	Pesado	Orgânico
Edificação*							
Terraplanagem	8640,00	8640,00	8640,00	4320,00	4320,00	4320,00	4320,00
Total barracão sem cobertura	244555,93	244555,93	244555,93	122277,96	122277,96	122277,96	61138,98
Total da cobertura em Aluzinco	50393,94	50393,94	50393,94	25196,97	25196,97	25196,97	12598,48
Composteira	10600,00	10600,00	10600,00	10600,00	10600,00	10600,00	21200,00
Abrigo para Gerador 5,30 x 3,60 m	10300,00	10300,00	10300,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Portão Sanitário contemplando vestiário feminino e masculino, WCs, escritório e refeitório	28250,00	28250,00	28250,00	28250,00	28250,00	28250,00	56500,00
Residência p/ funcionários 7,0 x 8,0 m	26750,00	26750,00	26750,00	26750,00	26750,00	26750,00	53500,00
Arco de Desinfecção	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	15000,00
Cerca de biossegurança	6787,88	6787,88	6787,88	3393,94	3393,94	3393,94	1696,97
Equipamentos							
Bebedouro Nipple aut. 8 linhas de 50m	0,00	0,00	0,00	22659,05	22010,37	22010,37	11329,53
Bebedouro Nipple aut. Com 10 linhas de 74m	37283,38	43974,99	43974,99	0,00	0,00	0,00	0,00
Comedouro aut. 3 linhas de 99m	0,00	0,00	0,00	22023,14	21211,00	21211,00	11011,57
Comedouro aut. com 4 linhas de 147m	39688,41	41975,95	41975,95	0,00	0,00	0,00	0,00
01 Silo de 20.33 toneladas	0,00	0,00	0,00	10715,63	10716,68	10716,68	10715,63
02 Silos de 20.33 toneladas	18873,70	18875,17	18875,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de nebulização linha transversal	0,00	0,00	0,00	3588,45	3588,80	3588,80	3588,45
Sistema de nebulização com 140 bicos	9484,81	9485,35	9485,35	0,00	0,00	0,00	0,00

Sistema de resfriamento com 2 painéis evaporativos	27924,44	23929,30	23929,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de ventilação 18 ventiladores 0,5 cv	0,00	0,00	0,00	7082,40	7083,10	7083,10	3541,20
Sistema de ventilação com 15 exaustores de 1cv	41552,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de ventilação com 14 exaustores de 1cv	0,00	38786,67	38786,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de ventilação mínima com inlets	15158,19	15158,95	15158,95	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de cortinado 100 x 12 de tecido	0,00	0,00	0,00	16808,82	16810,47	16810,47	8404,41
Sistema de cortinado 150 x 16 de tecido	42639,57	41733,48	41733,48	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de controle de ambiente trifásico/380v	24653,41	24289,74	24289,74	9723,11	9724,06	9724,06	9723,11
Sistema elétrico trifásico 380v	12618,22	12614,00	12614,00	5719,08	5060,30	5060,30	5719,08
Sistema de iluminação com 50 lâmpadas	0,00	0,00	0,00	1667,20	1667,36	1667,36	833,60
Sistema de iluminação com 99 lâmpadas	15785,66	15784,47	15784,47	0,00	0,00	0,00	0,00
Gerador (101kva)	18000,00	18000,00	18000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Queimador de penas (11 bicos e 2 botijões)	576,00	576,00	576,00	576,00	576,00	576,00	576,00
Frete dos equipamentos	4411,31	4713,38	4713,38	2778,99	2778,96	2778,96	2778,99
Montagem dos equipamentos	16316,32	16618,28	16618,28	12083,45	12083,32	12083,32	12083,45
Subtotal da edificação	393777,75	393777,75	393777,75	228288,87	228288,87	228288,87	225954,44
Subtotal dos equipamentos	324966,38	326515,73	326515,73	115425,32	113310,42	113310,42	80305,02
Valor Total	718744,13	720293,48	720293,48	343714,19	341599,29	341599,29	306259,45

* Excluído poço artesiano, e rede elétrica.

