



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

AValiação DAS ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DO RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE: CAMA DE FRANGO

Sérgio Eduardo Meirelles de Paula Junior

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Rogério de Aragão Bastos do Valle

Rio de Janeiro

Março 2014

AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DO
RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE:
CAMA DE FRANGO

Sérgio Eduardo Meirelles de Paula Junior

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

Prof. Rogério de Aragão Bastos do Valle, D.Sc

Prof^a. Heloisa Teixeira Firmo, D.Sc

Prof^a. Denize Dias de Carvalho, D.Sc

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO de 2014

Paula Junior, Sérgio Eduardo Meirelles de

Avaliação das Alternativas de Disposição Final do Resíduo da Produção de Frango de Corte: Cama de Frango/
Sérgio Eduardo Meirelles de Paula Junior – Rio de Janeiro: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, 2014.

XI, 100 p.: il; 29,7

Orientador: Rogerio de Aragão Bastos do Valle

Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI/ Engenharia Ambiental, 2014.

Referências Bibliográficas: p. 85-96

1.Cama de Frango. 2.Avicultura de Corte. 3.Compostagem. 4. Biodigestão Anaeróbia. I. Valle, R. A. B. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sérgio e Heliane, e aos irmãos José e André por me darem apoio e incentivo durante todo o curso.

A toda minha família, que sempre me apoiou.

Ao meu orientador, Rogério Valle, que me deu a oportunidade de fazer iniciação científica no SAGE.

A todos os funcionários e pesquisadores do SAGE.

Aos meus amigos fiz durante o curso, Kobarsa, Leo, Muskito, Luiza, Érika e Renata, pelos bons momentos vividos.

À minha amiga, Isabela, pelas fotografias e pela hospedagem em sua casa.

Aos amigos, Fefel e Rita, pelo incentivo e pela força.

E a todos os envolvidos na execução desse trabalho.

**Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/
UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção de grau
de Engenheiro Ambiental.**

Avaliação das Alternativas de Disposição Final do Resíduo da Produção de
Frango de Corte: Cama de Frango

Sérgio Eduardo Meirelles de Paula Junior

Março/2014

Orientador: Rogério de Aragão Bastos do Valle

Curso: Engenharia Ambiental

Atualmente, o Brasil é o terceiro país que mais produz carne de frango. A produção de frango de corte brasileira é uma das mais desenvolvidas do mundo, alcançando altos níveis de produtividade. Essa atividade é geradora de grande quantidade de resíduo, como, por exemplo, a cama de frango - material que forra o piso dos galpões de criação, composto de um substrato vegetal, dejetos dos animais, restos de ração, penas e descamações de pele das aves. Os dejetos das aves somados aos restos de ração tornam esse resíduo rico em nutrientes, como N, P e K. Com isso, a cama de frango é aplicada no solo, porém, na maioria das vezes, *in natura* e sem nenhum critério, o que gera grandes chances de problemas, como eutrofização e contaminação de corpos hídricos. Para evitá-los, faz-se necessária uma destinação final mais sustentável para o resíduo. Algumas rotas de tratamento, como compostagem, biodigestão anaeróbia, combustão direta e produção de fertilizante organomineral à base de cama de frango são apresentadas, tendo suas vantagens e desvantagens destacadas. Essas tecnologias têm como finalidade enxergar a cama de frango como um recurso e não como um resíduo, aproveitando o potencial nutricional e/ou o potencial energético.

Palavras-chave: Cama de Frango, Impactos Ambientais, Compostagem, Biodigestão Anaeróbia, Combustão Direta, Fertilizante Organomineral.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/ UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Evaluation of Final Disposal Alternatives of the Waste from Broiler Production: Poultry Litter

Sérgio Eduardo Meirelles de Paula Junior

March/2014

Advisor: Rogério de Aragão Bastos do Valle

Course: Environmental Engineering

Nowadays, Brazil is the third chicken meat producer of the world. The Brazilian poultry broiler production is one of the most developed in the world with high levels of productivity. This activity generates large amounts of waste, for instance, poultry litter - material that serves the shed's floor, composed by a vegetable substrate, animal waste, leftover feed, feathers and scaling of the skin birds. The manure added to the feed make this residue rich in nutrients, such as N, P and K. Thus, the poultry litter is applied on the soil, but in the most of time, fresh and without any criteria, that can produce some problems as eutrophication and contamination of water bodies. In order to avoid them, a more sustainable final destination for this waste is needed. Some treatment routes, such as composting, anaerobic digestion, direct combustion and manufacture of organo-mineral fertilizer are presented as well as their advantages and disadvantages. These technologies are intended to consider the poultry litter as a resource and not as waste, harnessing the nutritional potential and/or energy potential.

Keywords: Poultry Litter, Environmental Impacts, Composting, Anaerobic Digestion, Direct Combustion, Organo-mineral Fertilizer.

LISTA DE SIGLAS

CIS - Certificado de Inspeção Sanitária

CNPSA - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CQFS RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IN – Instrução Normativa

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MS – Ministério da Saúde

PIB – Produto Interno Bruto

SDA – Secretaria de Defesa Agropecuária

UBABEF - União Brasileira de Avicultura

USEPA – United States Environmental Protection Agency

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção Mundial de Carne de Frango em 2012 (mil ton)	6
Figura 2 - Exportação Mundial de Carne de Frango em 2012 (mil ton)	7
Figura 3 - Exportações de Carne de Frango do Brasil - Série Histórica (mil ton)	7
Figura 4 - Produção Brasileira de Carne de Frango (mil ton)	8
Figura 5 - Abate de Frango por Estado em 2012 (%).....	9
Figura 6 - Estados Exportadores de Carne de Frango em 2012 (% e ton)	10
Figura 7 – Consumo per Capita (kg/hab)	11
Figura 8 – Fluxograma das fontes de biomassa e possíveis rotas para produção energética.....	40
Figura 9 - Processo de compostagem	42
Figura 10 - Gráfico Tempo (dias) x Temperatura (°C) durante o processo de compostagem.....	44
Figura 11 - Perfil da temperatura no interior da leira	50
Figura 12 - Processo de biodigestão anaeróbia	55
Figura 13 - Fluxograma do processo de decomposição anaeróbia.....	56
Figura 14 - Corte frontal de um exemplo de biodigestor modelo batelada	61
Figura 15 - Esquema da sustentabilidade da biodigestão anaeróbia	67
Figura 16 - Esquema da Usina Fibropower, Eye, Suffolk.....	71
Figura 17 - Incinerador Stocker Company	72
Figura 18 - Fluxograma das etapas de produção de energia pela combustão direta da cama de frango.....	73
Figura 19 - Incinerador de leito fluidizado.....	74
Figura 20 - Origens das importações brasileiras de K.....	78
Figura 21 - Ranking dos integrados após o término do lote	98

Figura 22 – Planilha de mortalidade das aves	99
Figura 23 – Silo de armazenamento	99
Figura 24 – Interior da granja	99
Figura 25 – Aquecedor e ventilador	99
Figura 26 – Bebedouros e comedouros	99
Figura 27 – Cama de palhada de café.....	99
Figura 28 – Composto pronto e ensacado	100
Figura 29 – Cama aplicada diretamente no solo.....	100
Figura 30 – Composteira de aves mortas.....	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Impactos causados pela produção de frango de corte	28
Quadro 2 - Impactos causados pela produção de frango de corte	29
Quadro 3 - Impactos causados pela produção de frango de corte	30
Quadro 4 - Impactos causados pela produção de frango de corte	31
Quadro 5 - Características dos principais grupos microbianos e seus efeitos	47
Quadro 6 - Concentrações de íons e o fator de inibição do processo de fermentação ...	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo do histórico da avicultura no Brasil.....	5
Tabela 2 - Avanços da eficiência produtiva ao longo dos anos.....	12
Tabela 3 - Concentrações de NH ₃ e seus efeitos na saúde dos trabalhadores.....	23
Tabela 4 - Tipos de cama e teores de N, Ca, P e pH	35
Tabela 5 - Composição da cama de frango segundo diferentes autores	37
Tabela 6 - Concentrações de macronutrientes do biofertilizante obtido pela biodigestão da cama de frango, em g/kg de matéria seca	64
Tabela 7 - Concentrações de micronutrientes do biofertilizante obtido pela biodigestão da cama de frango, em g/kg de matéria seca	64
Tabela 8 - Comparação dos combustíveis	69
Tabela 9 - Vantagens e desvantagens das alternativas de disposição final	81

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	2
METODOLOGIA	2
1 AVICULTURA NO BRASIL	3
1.1 HISTÓRICO DA AVICULTURA NO BRASIL	3
1.2 PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE NO BRASIL	6
1.3 SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE FRANGO DE CORTE	11
1.3.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO INDEPENDENTE	12
1.3.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRADO	13
2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE	14
2.1 NUTRIENTES E RESÍDUOS QUÍMICOS	15
2.2 MEIOS FÍSICO, BIÓTICO E ANTRÓPICO	18
3 CAMA DE FRANGO	32
3.1 CAMA DE FRANGO: RESÍDUO OU RECURSO?	38
4 ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DA CAMA DE FRANGO	39
4.1 COMPOSTAGEM	42
4.1.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A COMPOSTAGEM	46
4.1.1.1 ORGANISMOS PRESENTES	46
4.1.1.2 AERAÇÃO	47
4.1.1.3 UMIDADE.....	48
4.1.1.4 TEMPERATURA	49
4.1.1.5 GRANULOMETRIA	50
4.1.1.6 RELAÇÃO C/N	51
4.1.1.7 PH.....	51
4.1.1.8 PATÓGENOS E METAIS PESADOS	52

4.1.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS	52
4.1.3 ESTUDOS REALIZADOS	53
4.2 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA	54
4.2.1 FATORES QUE INFLUENCIAM NA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA	57
4.2.2 BIODIGESTORES	60
4.2.3 CARACTERÍSTICAS DA BIODIGESTÃO DE CAMA DE FRANGO	62
4.2.4 ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO DO BIOGÁS	64
4.2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS	67
4.3 COMBUSTÃO DIRETA	68
4.3.1 USINAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA COMBUSTÃO DIRETA DA CAMA DE FRANGO NO MUNDO	70
4.3.2 COMBUSTÃO EM LEITO FLUIDIZADO	74
4.3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS	76
4.4 PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL	77
4.4.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS	79
5 CONCLUSÃO	80
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXO – VISITA À GRANJA EM SÃO MIGUEL DO ANTA, MG	97

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de produtos agropecuários do mundo. É líder na produção e exportação de café, açúcar, etanol e suco de laranja, além de liderar a lista dos exportadores do complexo de soja (grão, farelo e óleo). No setor de carnes, o país é o maior exportador de carne bovina e de carne de frango. Atualmente, cerca de 40% de toda a carne exportada no mundo é de origem brasileira. Liderando a exportação de carne de frango desde 2004, o Brasil possui uma concentração da produção na região sul com mais de 60% do total produzido, (MAPA 2014).

A atividade avícola gera uma grande produção de resíduos, como, por exemplo, a cama de frango (resíduo gerado em maior quantidade). Esta é composta por dejetos das aves, penas, restos de ração e algum substrato vegetal que forra o piso dos galpões, apresentando carga elevada de nutrientes.

O grande volume de cama de frango atrelado à concentração da produção pode acarretar sérios impactos ao meio ambiente, quando a disposição final é realizada de forma inadequada. Como a avicultura é um setor em expansão, com crescimento de 4,22% ao ano previsto pelo MAPA (2014), a busca por soluções mais sustentáveis de destino desse resíduo é de extrema importância.

Na verdade, é observado o uso da cama de frango *in natura* na agricultura com a finalidade de adubação. Porém, o uso sem critérios diminui a eficiência do potencial nutricional do resíduo, além da possibilidade de emissão de gases estufa como N₂O (óxido nítrico), que pode ter potencial de aquecimento global até 310 vezes maior que o CO₂, segundo o IPCC (2007). Outros impactos causados, como poluição e contaminação por nutrientes e agentes patogênicos também causam preocupação.

Como a cama de frango tem um potencial nutricional enorme, com altos índices de N, P e K, é possível realizar o aproveitamento desses nutrientes de diversas maneiras. A compostagem ou a produção de fertilizantes organominerais à base de cama de frango são exemplos viáveis de destino para tal finalidade.

Além do valor nutricional, o resíduo possui um potencial energético considerável, sendo possível produzir biogás através de digestão anaeróbia assim como, gerar energia

através da combustão direta. Mesmo utilizando a cama com a finalidade energética, os resíduos desses processos ainda podem ser utilizados para fertilização do solo.

A escolha da tecnologia para tratamento do resíduo vai depender das necessidades da região onde é gerado. Como o Brasil depende da importação de fertilizantes para manter os níveis de produção da agricultura e existe uma preocupação em se obter energia de fontes alternativas, a cama de frango se torna uma boa opção de exploração para tais fins.

OBJETIVOS

Os principais objetivos do presente trabalho foram:

- Analisar a produção de frango de corte do Brasil
- Descrever os impactos ambientais causados pela produção de frango de corte
- Caracterizar e quantificar a cama de frango produzida no Brasil
- Apresentar, descrever e avaliar alternativas de disposição final para a cama de frango.

METODOLOGIA

Com o intuito de cumprir os objetivos traçados para o presente trabalho, a metodologia utilizada abrangeu duas etapas. Primeiramente, foi feito um levantamento de obras nacionais e internacionais, como livros, artigos científicos, revistas, anais, teses e relatórios relacionados ao assunto por meio eletrônico e escrito.

Em seguida, foi feita uma visita a duas granjas com o objetivo de observar funcionamento de um aviário na prática e qual era a destinação dada à cama de frango. As informações coletadas na visita por meio de entrevista seguem como anexo.

Outros meios utilizados para o levantamento bibliográfico foram: dados extraídos do relatório da UBABEF (União Brasileira de Avicultura), banco de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), legislação do MAPA (Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e acesso à arquivos da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

Para elaboração do primeiro capítulo, buscou-se por obras sobre a produção de carne de frango de corte no Brasil com objetivo de traçar o histórico da avicultura no Brasil, a quantidade produzida e os sistemas de produção.

No segundo capítulo, onde são descritos os impactos ambientais da avicultura de corte, foram analisados os impactos causados pela atividade nos meios físicos, bióticos e antrópicos. Primeiramente são apresentados os problemas causados pelos nutrientes e produtos presentes no resíduo e posteriormente, os impactos causados nos diferentes meios.

Já no terceiro capítulo, é feita uma caracterização química e física da cama de frango, além de sua estimativa de geração. Também é apresentada a legislação pertinente ao resíduo, seguida de uma discussão sobre a consideração da cama de frango como resíduo ou recurso.

No quarto capítulo, as alternativas de disposição final para a cama de frango são apresentadas, trazendo as vantagens e desvantagens de cada uma.

A conclusão do trabalho é feita por um quadro comparativo, que traz cada alternativa descrita com suas principais características e algumas considerações finais.

1 AVICULTURA NO BRASIL

1.1 HISTÓRICO DA AVICULTURA NO BRASIL

A domesticação de aves iniciou-se por volta de 3200 a.C. para fins de briga e adorno. As aves que não possuíam dotes para estas finalidades eram abatidas para consumo. A agressividade e a força física desses animais eram muito valorizadas na Europa, onde as brigas de galos eram bastante comuns no século XVI. Em meados do século XIX, as brigas foram substituídas por exposições, pois haviam sido proibidas. Assim, características dos animais, como a plumagem, o tamanho corporal, o formato das cristas e as barbelas passaram a ser valorizadas.

As primeiras galinhas que aportaram no Brasil vieram com a esquadra de Pedro Álvares Cabral no ano de 1500, como foi citado na Carta de Pero Vaz de Caminha à Coroa Portuguesa. Até os anos de 1930, as aves eram criadas totalmente soltas e sem nenhum critério específico de produção. Já entre 1930 e 1940 os primeiros galos e galinhas de raça pura foram importados. Mas nessa época, os criadores produziam aves mais como *hobby*, sem pensar em lucros. Segundo SILVA e NAKANO (1998), foi considerado um período “romântico” da avicultura brasileira que se caracterizava pelo valor dado à beleza das aves, como: cores das penas, porte das aves, forma das cristas e barbelas.

Entre os anos de 1940 e 1960, a Europa passava por uma crise de alimentos devido à II Guerra Mundial, o que acarretou uma necessidade de maior produção para suprir essa demanda. No Brasil, o aumento da demanda por alimentos foi influenciado pelo início da urbanização. Nesse período, as aves passaram a ser criadas nos sistemas de parques com acesso livre às pastagens e também dentro de galpões. Elas eram criadas para a produção de ovos e carne, o que tornou o período conhecido como de “aptidões mistas”. (SOUZA e CERDAN, 2012).

Em 1947, as primeiras experiências com aves mais produtivas trazida dos EUA foram iniciadas. Mas, só entre os anos de 1960 e 1970 que as aves passaram a ser criadas utilizando um sistema confinado, ou seja, dentro de galpões. Foi o período da “especialização das raças” (SILVA e NAKANO, 1998 citado por SOUZA e CERDAN, 2012). Também chamado por MAGDELAINE (2008) de fase de “aprendizagem para produção racional de frangos”. Esse formato de produção só foi possível devido às inovações técnicas da época como: o uso de novos tratamentos profiláticos, importação de material genético dos EUA e de um novo modelo de integração entre os produtores e o restante da cadeia produtiva. (SOUZA e CERDAN, 2012).

Já nos anos de 1970 a 1975, aconteceu o período “superindustrial”, quando atingiram ótimos índices de produtividade em sistemas de criação cada vez mais intensivos. Desta data e até o ano 1988, houve o período de “exportação” e o principal produto era o frango inteiro. A partir de 1988, com maiores exigências do mercado consumidor nacional e internacional um novo período de “processamento” e de segmentação da oferta surge, é quando se observa uma grande diversificação dos tipos de produtos a partir de variados cortes de carne e de ovos.

Nos dias atuais, o sistema intensivo de criação de frangos de corte possui excelentes níveis de produção e um preço competitivo. Um fenômeno que vem ocorrendo é a expansão das fazendas avícolas para o centro-oeste para que haja uma maior proximidade das plantações de milho e soja, principais componentes da ração das aves. A Tabela 1 resume o histórico da avicultura do Brasil.

Tabela 1 - Resumo do histórico da avicultura no Brasil

Período colonial e romântico	
- Criação do frango de forma solta (colonial) 1947: primeiras importações de raças híbridas importadas	Até 1930-1950
Período de aprendizagem e de aptidão mista	1950-1960
- programa de cooperação entre EUA e Brasil para instalar aviários de 1.000 animais - importação de novas raças com melhor desempenho - grandes inovações técnicas (genética, tratamentos profiláticos, elaboração de rações eficientes)	
Especialização das raças	1970-1980
- a urbanização e o desenvolvimento do mercado interno são os principais drivers - consolidação do modelo industrial (sul do país) com adoção de pacote tecnológico / investimentos p/ reprodução dos animais - consolidação dos modelos de integração no Sul do país - melhoria das condições sanitárias dos animais - forte período de inovação entre 1975 e 2006 - emergência do modelo de integração inexistente no Brasil no início dos anos 1960. O modelo representa 35% da produção de frango em 1980 e 70% em 2000. Praticamente 100% em Santa Catarina	
Começam exportações / segmentação da oferta	1985-1995
- início das exportações como estratégia de desenvolvimento - início do processo de diversificação e de segmentação da oferta	
Expansão para o Centro-Oeste	1995-
- resistência no Sul - início de produção alternativa de aves em várias regiões - emergência de um novo modelo de integração que associa grandes investidores e empresas agroalimentares	

Fonte: SOUZA e CERDAN, 2012 (adaptado)

1.2 PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE NO BRASIL

A produção avícola brasileira é uma atividade muito avançada tecnologicamente, principalmente a de corte, atinge níveis de produtividade semelhantes aos de países desenvolvidos. Em 2012, a produção de carne de frango foi de 12,645 milhões de toneladas. Mesmo com uma redução de 3,17% em relação ao ano de 2011, o Brasil se manteve na posição de maior exportador e terceiro maior produtor de carne de frango. Apenas EUA e China produzem mais carne de frango que o Brasil, (UBABEF, 2013).

Como é apresentado na Figura 1, os três maiores produtores são responsáveis por mais de 50% de toda produção mundial.

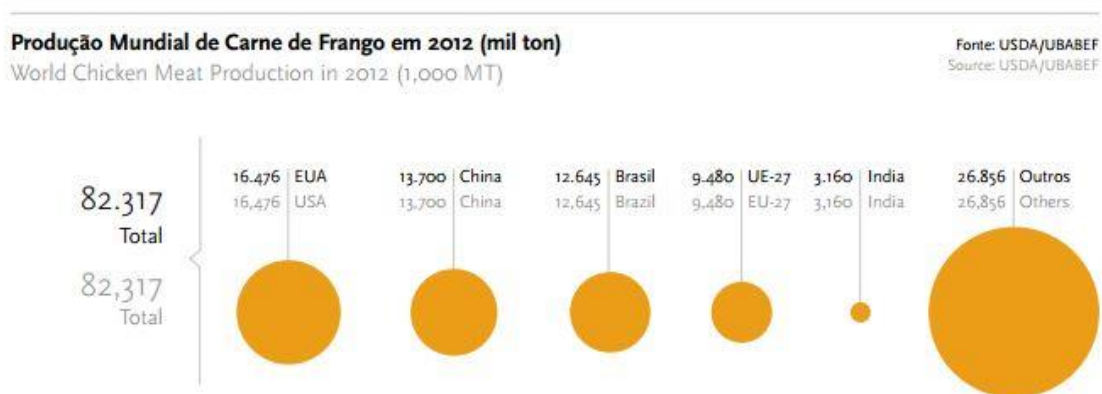


Figura 1 - Produção Mundial de Carne de Frango em 2012 (mil ton)

Fonte: UBABEF, 2013

Desde que o Brasil assumiu o posto de maior exportador em 2004 nunca mais saiu do topo. A carne de frango brasileira está presente em mais de 140 países e exportou cerca de 3900 toneladas em 2012, (UBABEF, 2013). A Figura 2 apresenta os maiores exportadores de carne de frango de 2012.

Exportação Mundial de Carne de Frango em 2012 (mil ton)
World Chicken Exports in 2012 (1,000 MT)

Fonte: USDA/UBABEF
Source: USDA/UBABEF



Figura 2 - Exportação Mundial de Carne de Frango em 2012 (mil ton)

Fonte: UBABEF, 2013

Nos últimos 22 anos, o Brasil aumentou a quantidade de exportação em mais de 1300%. Em 1990 foram exportados somente 299 mil toneladas de carne de frango, já no ano de 2012, 3918. A Figura 3 mostra essa evolução.

Exportações de Carne de Frango do Brasil – Série Histórica (mil ton)
Brazilian Chicken Meat Exports – Historical Background (1,000 MT)

Fonte: Secex e UBABEF
Source: Secex and UBABEF

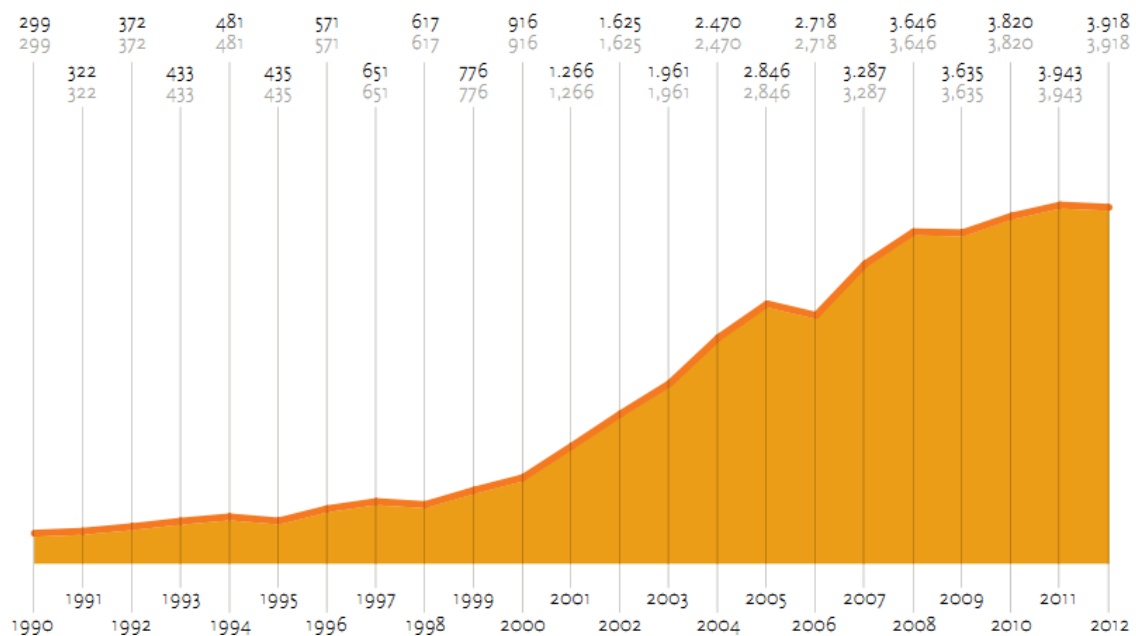


Figura 3 - Exportações de Carne de Frango do Brasil - Série Histórica (mil ton)

Fonte: UBABEF, 2013

A queda da produção se explica porque 2012, segundo o presidente executivo da UBABEF Francisco Turra, foi um ano de desafios. Primeiramente, pela estiagem na região sul e a escassez da soja, que teve seu preço aumentado em cerca de 100% em várias praças brasileiras. Depois, com a quebra da safra norte-americana e o aumento do preço do milho em mais 40%, em plena safra.

Como podemos analisar através da Figura 4, a produção crescia ano após ano até 2011. Apenas de 2011 para 2012 houve uma pequena redução da produção de carne de frango.

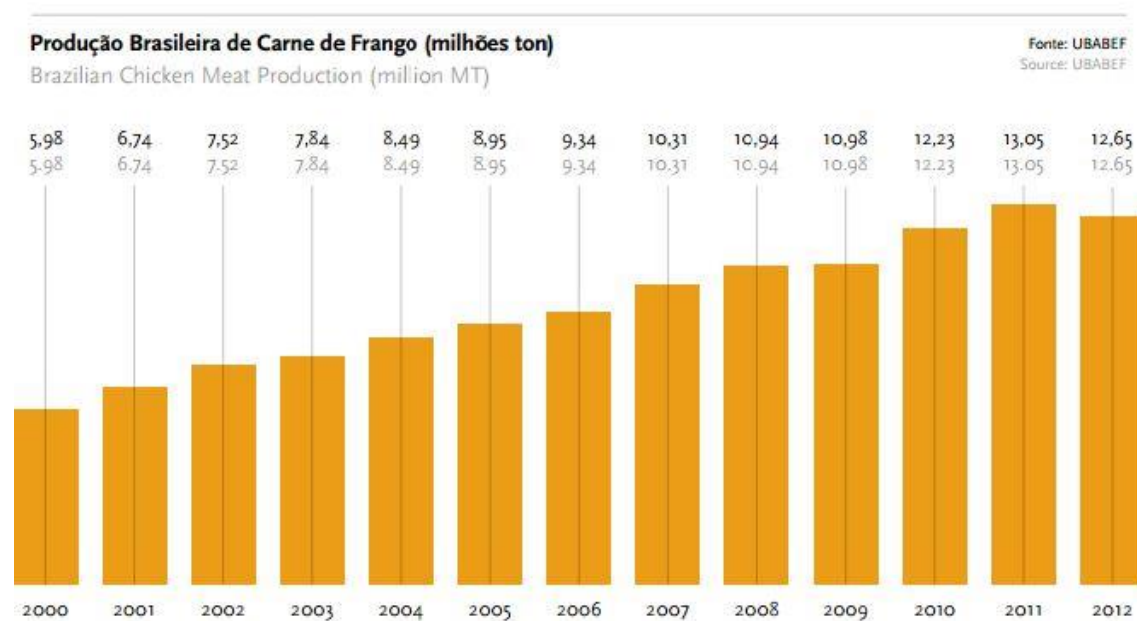


Figura 4 - Produção Brasileira de Carne de Frango (mil ton)

Fonte: UBABEF, 2013

A região sul do país é responsável por mais de 60% de toda a produção nacional e o estado que produz mais é o Paraná, seguido de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A Figura 5 traz os dados da porcentagem de abate de cada estado.

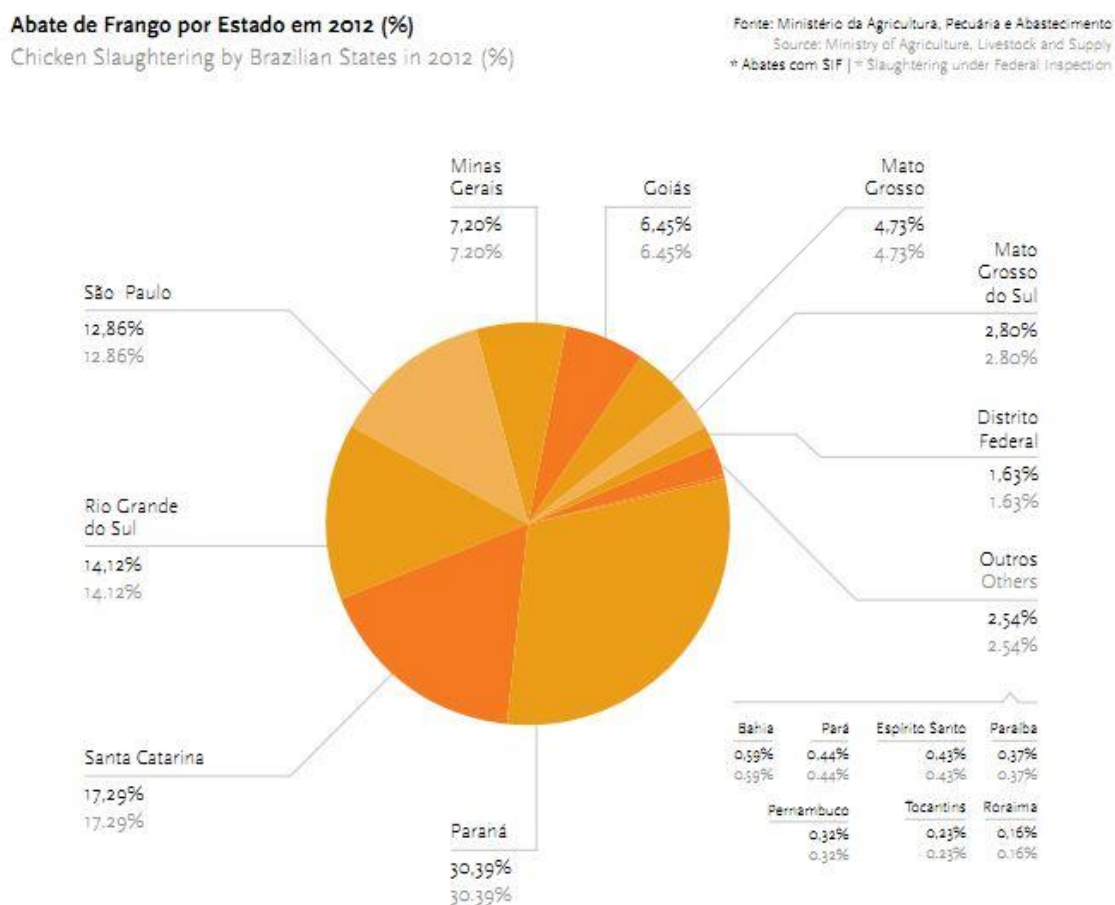


Figura 5 - Abate de Frango por Estado em 2012 (%)

Fonte: UBABEF, 2013

Se analisarmos a exportação por estado, será verificado que os maiores exportadores também são os estados do sul do país e a quantidade de carne de frango destinada à exportação por cada um dos três estados segue o mesmo ranking da produção. A Figura 6 mostra a exportação de cada estado brasileiro em 2012.

Estados Exportadores de Carne de Frango em 2012 (% e ton)
 Brazilian Exporting States of Chicken Meat in 2012 (% and MT)

Fonte: MDIC/Secex - Outros com SIF
 Source: MDIC/Secex - Others with Federal Inspection

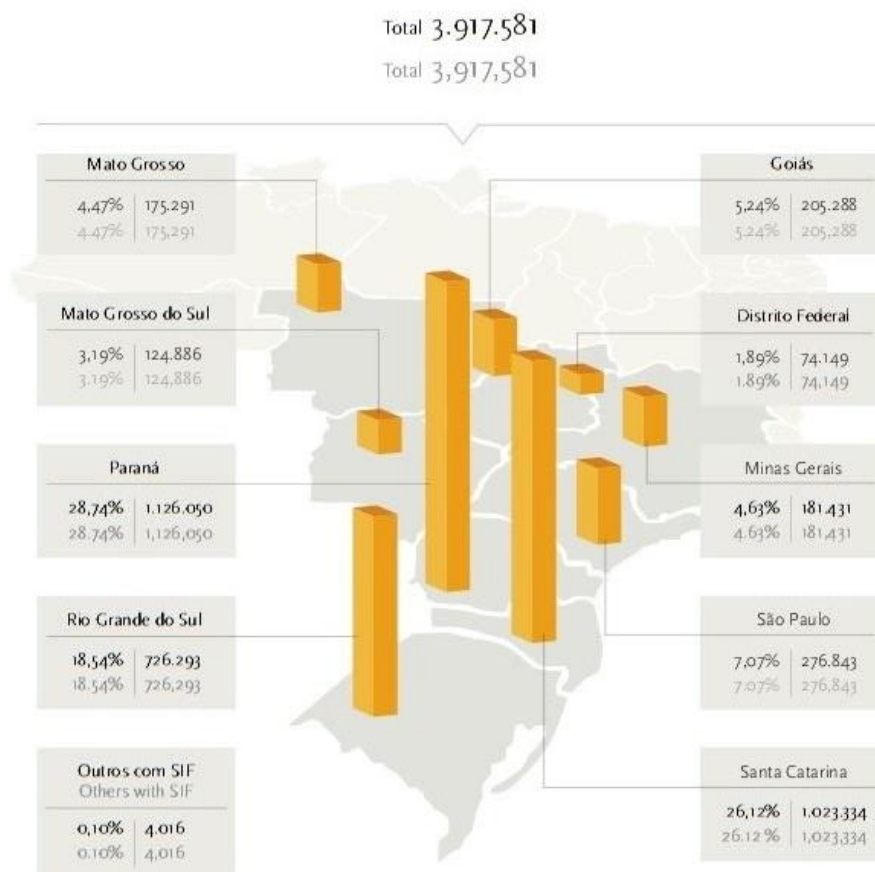


Figura 6 - Estados Exportadores de Carne de Frango em 2012 (% e ton)

Fonte: UBABEF, 2013

De toda carne produzida em 2012, 69% foi destinada ao mercado interno. Com isso o consumo brasileiro de carne de frango per capita foi de 45 kg. O consumo per capita em 1988 era de 11,8 kg, ou seja, houve um aumento de 280% nos últimos 24 anos. A Figura 7 mostra a evolução do consumo per capita de carne de frango.

Consumo per Capita (kg/hab)

Per Capita Consumption (kg per person)

Fonte: UBABEF
Source: UBABEF

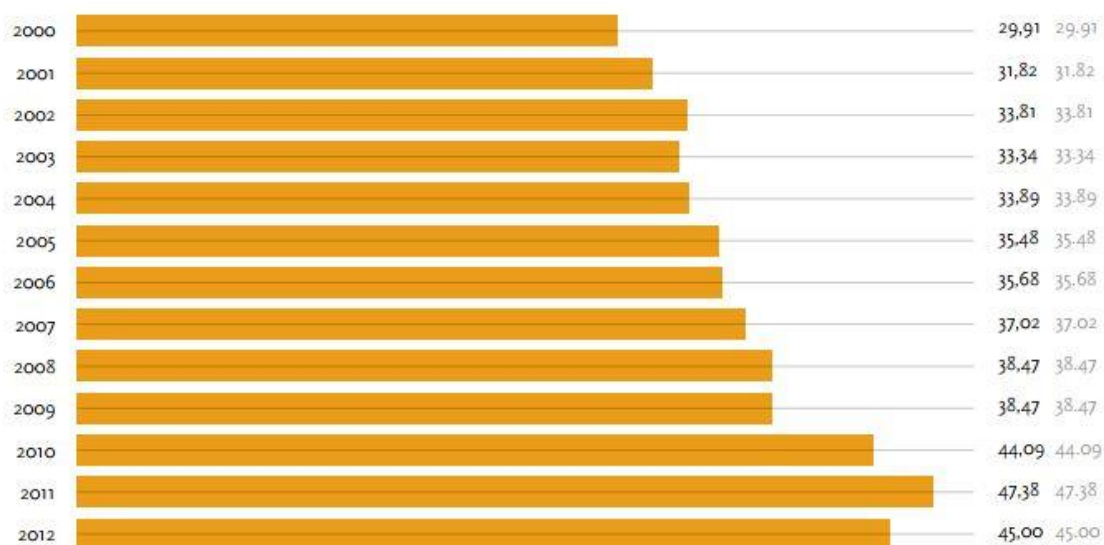


Figura 7 – Consumo per Capita (kg/hab)

Fonte: UBABEF, 2013

O desenvolvimento do setor avícola pode ser considerado a síntese e o símbolo do crescimento e modernização do agronegócio no Brasil. A produção avícola possui três componentes importantes: tecnologia de ponta, eficiência de produção e diversificação do consumo. (NASCIMENTO, 2011)

Segundo a UBABEF (2014), a avicultura emprega 3,6 milhões de trabalhadores e é responsável por quase 1,5% do PIB nacional.

1.3 SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE FRANGO DE CORTE

A avicultura brasileira teve uma evolução muito rápida se tratando de níveis de produção. A atividade deixou de ser artesanal e se tornou um dos setores de ponta em tecnologia, produção e produtividade. Para atingir esses números, o sistema integrado de criação foi um fator decisivo. Os avanços adquiridos podem ser verificados através da Tabela 2 que mostra o peso do animal, a conversão alimentar (consumo de ração do animal em um período de tempo/ganho de peso no mesmo período) e a idade de abate ao longo dos anos.

Tabela 2 - Avanços da eficiência produtiva ao longo dos anos

Ano	Peso do Animal (KG)	Conversão Alimentar	Idade do Abate
1930	1,50	3,50	105
1940	1,55	3,00	98
1950	1,80	2,50	70
1960	1,60	2,25	56
1970	1,70	2,00	49
1980	1,80	2,00	49
1984	1,86	1,98	45
1989	1,94	1,96	45
1997	2,25	1,95	45
2005	2,24	1,80	42

Fonte: UBABEF, 2013

Atualmente no Brasil, existem dois tipos de produtores de frango de corte, os independentes e os integrados. No sistema independente, o criador adquire os insumos de produção, como os pintinhos, ração, vacinas e medicamentos. Quando os frangos alcançam as condições de abate, o produtor comercializa o produto (in natura) para atacadistas ou abatedouros. Já o sistema integrado funciona através de parceria entre empresas e pequenos produtores, no qual estes são responsáveis pela etapa de criação, fornecendo infraestrutura (galpões, equipamentos necessários, água e energia) e mão de obra. Enquanto a empresa (integradora) é responsável pelo fornecimento dos pintinhos, ração, medicamentos, vacinas, assistência técnica especializada e pela compra de toda a produção.

1.3.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO INDEPENDENTE

No sistema de produção independente o avicultor é o responsável por todas as etapas, desde a criação até a comercialização. Assim, ele deve possuir todos os equipamentos necessários para a criação, estrutura e mão de obra (familiar, em grande parte). Além de adquirir os pintinhos, a ração, medicamentos, vacinas e assistência técnica quando necessária. Os investimentos necessários são exclusivos do produtor, assim como os riscos de produção e comercialização das aves.

Em função dos baixos recursos financeiros, o avicultor, geralmente, adquire insumos de baixa qualidade para composição das rações destinadas a alimentação das aves e muitas vezes não possui um acompanhamento técnico especializado. Assim, a avicultura

independente apresenta desempenho inferior aos obtidos pela integrada. Esses produtores negociam o frango vivo e possuem mercado consumidor formado por atravessadores e abatedouros de pequeno porte.

Com a implementação da portaria nº 210 de 1998, que normatiza o processo de abate de aves, pelo MAPA, os produtores independentes perderam mercado. Uma vez que seus clientes que compram frango vivo não conseguiram se enquadrar às exigências dessa portaria, (MAPA, 2014).

1.3.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRADO

O sistema de produção integrado é uma parceria entre o produtor integrado e uma empresa integradora firmada através de contrato. Esse modelo de produção de frango de corte surgiu no Brasil, mais precisamente na região sul, na década de 60, quando foram firmados os primeiros contratos (CASTRO JUNIOR *et al*, 2003). O integrado fica responsável pela etapa de criação das aves e a integradora é responsável pela comercialização e fornecimento de insumos. Atualmente, cerca de 90% da avicultura nacional funciona pelo sistema integrado entre produtores e frigoríficos, (MAPA, 2014).

As obrigações do integrado são: possuir infraestrutura adequada, mão de obra, fornecimento de água e energia, e a aquisição do material vegetal que irá compor a cama. Já a empresa integradora tem como responsabilidade: o fornecimento dos pintainhos (pintinhos de um dia de idade), ração, vacinas, medicamentos e assistência técnica, além de garantia de compra das aves. Às vezes, algumas empresas até disponibilizam financiamento para construção de galpões ou para compra de novos equipamentos. Geralmente, o pagamento é feito por cabeça e o preço varia de acordo com o rendimento (conversão alimentar, mortalidade, tempo de engorda) de cada produtor; ou seja, quanto melhor a eficiência na produção maior será a remuneração, (NOGUEIRA, 2003). Assim, o integrado procura alcançar maiores eficiências para receber maior remuneração e as integradoras lucram com a maior produtividade.

O contrato elimina os custos envolvidos em transações de mercado, como a negociação do preço, a busca de compradores e as operações de logística. Com a garantia de compra dos lotes de aves, o produtor pode concentrar toda sua atenção na etapa de criação, buscando ganhos de produtividade e de qualidade.

A estratégia de integração trouxe algumas vantagens às empresas, como ganhos de qualidade, padronização das carcaças, abastecimento constante, diminuição de encargos sociais e de possíveis problemas trabalhistas, redução de custos industriais nas operações de abate, entre outras, (FEREEIRA, 2007).

Já as vantagens para o produtor seriam: garantia de assistência técnica, maior produtividade, redução dos custos de produção, maior rentabilidade e garantia de comercialização da produção, o que diminui seu risco.

Todo o resíduo gerado na etapa de criação das aves é de responsabilidade do integrado. Sendo assim, muitas vezes o produtor não realiza o manejo dos resíduos corretamente, aumentando o risco de impactos ao meio ambiente.

2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE

Os impactos ambientais da produção de frango de corte estão relacionados, principalmente, ao arranjo da produção, onde grandes concentrações de aves se situam em áreas relativamente pequenas, (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

O volume de resíduos gerados pela atividade avícola também influencia diretamente os impactos ambientais, que estão na forma de camas, aves mortas, efluentes e outros resíduos, como embalagens de produtos químicos e materiais usados no manejo habitual.

Para definirmos impacto ambiental, iremos antes conceituar a expressão “meio ambiente”, que, conforme o art. 3º da lei federal nº 6.938 de 1981, Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, é “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Já quando se trata de impacto ambiental, a Resolução CONAMA 01/86 define esse conceito como:

“(…) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria

ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem:

i - a saúde, a segurança e o bem estar da população;

ii - as atividades sociais e econômicas;

iii - a vida;

iv - a qualidade dos recursos ambientais.”

Quando se pensa em impacto, geralmente se tem a ideia de algo negativo, mas, não devemos nos esquecer de que existe a possibilidade de ocorrerem impactos ambientais positivos. Segundo SÁNCHEZ (2006), essa é uma noção que deve ser bem assimilada, já que a necessidade de se utilizar os recursos naturais está atrelada a uma melhoria das condições econômica e social da comunidade atingida.

Os resíduos produzidos pela atividade avícola possuem concentrações significativas de nitrogênio, fósforo, potássio, micronutrientes como cobre e zinco, e uma alta carga de bactérias (TERZICH *et al.*, 2000). Como esses resíduos possuem uma rápida decomposição, dentro e fora dos locais de produção, problemas adicionais como poeira, volatilização de amônia, sulfeto de hidrogênio e outros compostos orgânicos voláteis aumentam os odores (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

Com o potencial de poluir o solo, ar, águas superficiais e lençol freático, o resíduo, cama de frango, pode aumentar suas quantidades de nutrientes, de substâncias orgânicas que demandam oxigênio, de partículas em suspensão e até de microrganismos patogênicos, (SEIFFERT, 2000).

Se o tratamento final dado às carcaças de aves mortas for a incineração, gases como dióxido sulfuroso, óxido nítrico, cinzas e odores também serão gerados (LACEY *et al.*, 2004). Uma vez que esses resíduos não recebam tratamento adequado, os impactos ambientais gerados pela avicultura de corte podem se tornar ainda mais graves.

2.1 NUTRIENTES E RESÍDUOS QUÍMICOS

Nesta seção serão apresentados alguns dos nutrientes e fatores relacionados à produção avícola e seus impactos ambientais.

Nitrogênio

O íon amônio (NH_4^+) é a forma dominante de nitrogênio orgânico nos dejetos de frango, quando há a elevação do pH e sob condições de umidade é transformado em amônia (NH_3). A amônia se encontra na forma de gás e se difunde do esterco para a atmosfera por volatilização. A presença do gás amônia pode chegar a níveis muito elevados no interior dos galpões de criação e áreas adjacentes, níveis esses que, quando chegam a um determinado ponto, podem causar diversos problemas. Desde a diminuição no desempenho das aves, poluição atmosférica, redução do poder fertilizante do esterco pela perda de N para o ar, e até riscos à saúde dos operadores (SEIFFERT, 2000).

Quando dissolvida em água, a amônia pode ser tóxica para peixes, mesmo em concentrações baixas. A USEPA, agência americana de proteção ambiental, estabelece um limite médio, considerando um período de 30 dias, de 1,9 mg/L de nitrogênio na forma amoniacal em águas para pH 7,0 e temperatura de 20°C. Sendo que esse valor não pode ser ultrapassado mais de uma vez a cada três anos. É estabelecido também 17 mg/L como o limite do valor de N amoniacal médio para o período de uma hora, essa concentração não pode ser extrapolada por mais de uma vez a cada três anos, (USEPA, 2013).

Já a Resolução CONAMA 357/2005 considera um limite de 3,7 mg/L (para pH de 7,5) de N amoniacal nos corpos d'água classe 1 e 2 de água doce. O escoamento de água pluvial, de áreas que receberam grandes quantidades de esterco de aves pode chegar aos corpos hídricos com concentrações elevadas de amônia (KRIEDER *et al.*, 1992 citado por SEIFFERT, 2000).

A ventilação controla a maioria dos problemas de amônia dentro dos galpões, mas no inverno pode ser um problema de difícil solução, já que nessa época os ventiladores funcionam com menos frequência. Mesmo que dentro dos aviários os níveis de amônia possam ser controlados, a emissão para a atmosfera não é minimizada (SEIFFERT, 2000).

O nitrato (NO_3) é outra forma onde o nitrogênio está presente. Solúvel em água, o nitrato é o maior contaminante do lençol freático e também a forma preferencial para ser absorvidas pelas plantas. É facilmente transportado pela solução do solo, da zona das

raízes para o lençol freático e depois para a rede de drenagem, onde pode contaminar os suprimentos de água potável.

A aplicação de esterco em excesso resulta em elevadas cargas de nitrato na água subterrânea, o que pode trazer riscos à saúde humana e animal. A contaminação das águas por nitrato pode causar intoxicação e um aumento de risco de câncer no trato gastrointestinal.

A Portaria MS nº 2.914/2011, norma que aborda os procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e estabelece o padrão de potabilidade de água, prevê uma concentração de até 10 mg/L de NO_3 , (MS, 2011). Em áreas onde há produção intensiva de frango de corte, concentrações de nitrato acima de 10mg/L são detectadas frequentemente. As concentrações mais elevadas ocorrem onde há uso intensivo de esterco e sob solos arenosos bem drenados (SEIFFERT, 2000).

Existe ainda a possibilidade de liberação de N_2O com a aplicação de fontes nitrogenadas no solo. Foi estimado pelo IPCC que a cada 100 kg de N aplicado no solo, 1,25 kg de N é liberado na forma de N_2O , gás que possui um potencial de aquecimento global 298 vezes maior que o CO_2 . A produção de N_2O no solo ocorre devido aos processos de nitrificação e desnitrificação. (ZANATTA, 2009).

Fósforo

O Fósforo, quando ultrapassa o nível máximo necessário para desenvolvimento de plantas, pode ser um grande problema. A capacidade de adsorção de P pelas partículas do solo é esgotada e passa a ser lixiviado, alcançando o lençol freático.

Uma solução para contornar o excesso de P no solo seria realizar a rotação de culturas de grãos com pastagens, produção de silagem e feno. As culturas de cereais não manifestam efeitos adversos quando expostas a níveis excessivos de P, mas seu acúmulo crescente pode imobilizar micronutrientes como Fe e Zn. Os problemas na qualidade da água serão mais frequentes em solos arenosos, pois o P é facilmente adsorvido às argilas, migrando poucos centímetros para baixo no perfil do solo, (MAGUIRE *et al.*, 2005). A erosão do solo deve ser controlada para evitar que as partículas de solo e de matéria orgânica do esterco, com níveis elevados de P adsorvido,

sejam transportadas para a rede de drenagem. Quando o terreno é inclinado, os níveis de aplicação em períodos chuvosos deverão ser reduzidos para prevenção do transporte de P até a rede de drenagem. Nesse caso, é indicada a adoção de cultivos tampão em faixas que intercalam pastagens, silagem, feno ou frutíferas com culturas de cereais, (SEIFFERT, 2000).

Micronutrientes

Os níveis de Fe e Zn presentes na cama de frango são bastante elevados já que a ração das aves possui altas concentrações desses nutrientes. A aplicação contínua de esterco de aves e o consequente aumento desses metais no solo afeta o crescimento radicular das plantas, (BROADLEY *et al.*, 2007).

Resíduos químicos

A produção de frango de corte utiliza uma grande quantidade de antibióticos, coccidiostáticos e larvicidas, essas drogas podem ser encontradas em resíduos avícolas. Existe uma pressão exercida pelos consumidores para que não sejam usados antibióticos nas rações. Sendo assim, os produtores avícolas utilizam cada vez menos esse tipo de substância, a não ser em circunstâncias onde ocorre uma alta incidência de doenças. Amprolium, clortetraciclina, salinomicina, sulfato de neomicina, nicarbazina, compostos arsenicais e oxitetraciclina são exemplos dessas drogas usadas na criação de frangos de corte, (WILLIAMS *et al.*, 1999).

Segundo SIMS e WOLF (1994), não há muita informação sobre os efeitos dos antibióticos em plantas, água e solo. O que não deve ser esquecido é que todas essas substâncias podem ser transportadas através do solo e podendo chegar aos cursos d'água, (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

2.2 MEIOS FÍSICO, BIÓTICO E ANTRÓPICO

Como vimos acima, diversos elementos podem impactar o meio ambiente de diversas formas. Para uma melhor compreensão, PALHARES (2011) descreveu como a produção de frango de corte pode impactar a água, o solo, o ar, a população de moscas, a biodiversidade, a paisagem no entorno, condições sanitárias do lote, custo de vida da população, custo de produção da criação.

Água

A água é o recurso natural mais importante para vida e o que causa maior preocupação à sociedade. Na avicultura, a água tem duas principais funções: a dessedentação das aves e a higienização dos galpões. O planejamento da atividade avícola deve ser feito de tal forma que esse recurso não se torne limitante quantitativo e qualitativo, nem que seja motivo de conflitos na comunidade.

Um mau dimensionamento ou manejo incorreto dos bebedouros pode resultar em gastos excessivos de água. E a aplicação, sem critérios, da cama no solo possui riscos de poluição e contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Os impactos quantitativos estão relacionados a diversos fatores como: o manejo hídrico dentro das granjas (bebedouros, mangueiras e torneiras com vazamento); manejo de lavagem com equipamentos inadequados; o uso incorreto dos sistemas de climatização, que demandam maior uso de água, principalmente em épocas de calor; o mau dimensionamento dos galpões; rações com excesso de sais (aumentam o consumo de água pelos animais). Esses impactos podem possuir magnitude maior se houver escassez hídrica na propriedade.

As formas de mitigação dos impactos quantitativos são mais fáceis que as dos qualitativos. Uma simples manutenção e regulagem dos bebedouros, por exemplo, trará grandes resultados a um baixo custo.

Por outro lado, os impactos qualitativos serão percebidos pela sociedade e não pelo criador. A forma mais comum de impacto na qualidade da água é a disposição incorreta e sem critérios técnicos dos resíduos como fertilizante.

Como já descrito anteriormente, os maiores riscos são o nitrogênio e o fósforo. Sendo o último o principal responsável pelo processo de eutrofização. Este ocorre pelo excesso de nutrientes nos corpos hídricos, o que causa um crescimento excessivo das algas e plantas aquáticas. Quando estas morrem, o processo de degradação da matéria orgânica e a consequente queda dos níveis de oxigênio dissolvido resultam em morte da fauna aquática aeróbia.

Solo

Existem poucos estudos relacionados aos impactos causados pela avicultura nos solos. Antes das legislações relacionadas aos recursos hídricos, os corpos d'água eram os grandes receptores dos resíduos. Com o aumento da consciência da sociedade sobre as questões ambientais e o surgimento de leis ambientais, descartar resíduos em corpos hídricos se tornou ação de alto risco.

Após a concretização dessas leis, o solo se tornou o local principal de disposição final dos resíduos, podendo trazer consequências positivas ou negativas. Se a disposição dos resíduos for feita de acordo com critérios técnicos, poderá haver benefícios agronômicos, sociais, ambientais e econômicos. Caso ocorra de forma inadequada, as consequências aparecerão a médio e longo prazo na escala de tempo, dependendo do tipo de solo, do manejo e conservação do sistema de produção agrícola, preservação das matas ciliares e outros fatores. Diferentemente do que ocorre com as águas quando estão poluídas, como cor desagradável e odor intenso, as mudanças nos solos não são tão perceptíveis o que dificulta a sensibilização para sua conservação.

O excesso de minerais no solo é o impacto mais comum, alterando a microbiota e a produtividade das culturas. Em locais onde existe uma aplicação contínua dos resíduos avícolas durante um longo espaço de tempo, é possível encontrar nitrogênio, fósforo e potássio em altas concentrações, mas parte desta condição pode ter surgido pelo uso incorreto de fertilizantes minerais. Além dos nutrientes, os sais presentes nos resíduos, que têm como fonte a água de dessedentação e as dietas, podem trazer graves consequências. O sódio, por exemplo, em altas concentrações poderá alterar a estrutura do solo, e até se tornar tóxico às plantas. Portanto, manejos nutricionais e hídricos bem realizados proporcionam maior segurança ambiental no uso dos resíduos como adubo.

Para o uso correto dos resíduos como fertilizante, sem que seja relacionado diretamente com impacto ambiental, quatro pontos devem ser considerados:

- o balanço de nutrientes;
- as condições climáticas;
- a época de aplicação;
- o conhecimento da área a ser manejada.

Se os pontos acima forem analisados, o uso dos resíduos como fertilizante trará melhorias na estrutura do solo e uma correta disponibilização de nutrientes aos cultivos.

Já se utilizado de forma inadequada, ainda poderá acarretar impactos como compactação do solo e desencadeamento de processos erosivos. A IN N° 25 do MAPA proíbe a aplicação dos resíduos de forma superficial, devendo ser incorporada ao solo no sistema de produção de pastagens. Sempre que possível os resíduos devem ser incorporados ao solo para todos os tipos de culturas, esse manejo reduziria a emissão de odores e gases, além de diminuir o risco de contaminação dos corpos hídricos.

HAHN (2004) citou que a incorporação da cama de frango no solo numa profundidade de cinco centímetros reduziu a volatilização de amônia em 80% comparada com a aplicação superficial sem incorporação, segundo estudo realizado por KIRCHMANN e LUNVALL (1998). Por outro lado, a aplicação superficial diminui as possibilidades de contaminação de água subterrânea. Um estudo realizado por GIDENS e RAO (1975), citado por EDWARDS e DANIEL (1992), verificou uma redução de 53% de nitrato na água lixiviada comparando com a cama que foi incorporada.

Ar

Entre as emissões ocasionadas pela produção avícola estão: emissão de poeiras, odores, amônia e gases do efeito estufa. Como são originadas de um local específico, se classificam como fontes estacionárias. Os problemas com estas emissões ocorrem, geralmente, onde as áreas de produção se encontram próximas às áreas urbanas, na ocorrência de eventos climáticos inesperados e manejos incorretos (da cama e das carcaças de aves mortas).

Existe uma alta complexidade na avaliação dos impactos ambientais quando se trata de odores devido aos seguintes fatos:

- A intensidade e o grau de ofensividade aos odores são diferentes para cada pessoa.
- Podem ser emitidos até 160 tipos de odores, sendo que os humanos e os animais podem ter respostas diferentes quando expostos a estes.
- Impactos psicológicos e fisiológicos não são necessariamente independentes.

- A proporção e contribuição de cada fonte primária de emissão de odor (galpões, sistemas de armazenamento e tratamento e uso dos resíduos como fertilizante) não são totalmente conhecidas.

- A combinação de odores pode ter efeitos negativos ou positivos no grau de ofensividade e essas relações não estão bem definidas.

As ações mitigadoras para emissão de odores devem focar na redução do incômodo à comunidade afetada, diminuindo a frequência, ofensividade e duração dos mesmos.

A intensidade e duração dos odores emitidos pela cama de frango dependem das condições climáticas (umidade, temperatura, velocidade e direção do vento e intensidade de radiação solar), (MUKHTAR *et al.*, 2004). Fatores como a umidade da cama, condições de armazenamento e transporte do resíduo, condições do solo que receberá o resíduo como fertilizante e a existência de barreiras físicas (vegetação) ao redor da área adubada também contribuem na emissão de gases, odores e poeiras.

As partículas que compõem a poeira emitida pela criação de frangos possuem várias formas e tamanhos de origem orgânica e inorgânica. As de origem orgânica são emitidas pelos excrementos, rações, fungos, bactérias e endotoxinas e representam de 70 a 90% da poeira no interior do galpão. As de origem inorgânica são compostas por aerossóis. As poeiras podem funcionar como condutoras de odores. Alguns fatores influenciam as características da poeira no interior do galpão, como, por exemplo, o tipo e a idade do animal, o material que compõe a cama, o estado sanitário da avícola, a temperatura, a umidade relativa, a densidade animal, o tipo de alimentação e o sistema de ventilação.

Na Grã-Bretanha, o relatório nacional de emissões atmosféricas estimou que cerca de 30% das emissões de poeira fina do país são provenientes da produção de frango de corte, mas estas emissões não afetam os padrões de qualidade do ar.

Como citado anteriormente, a amônia emitida pela transformação do íon amônio, sob condições de pH e umidade, pode ser encontrada em níveis elevados dentro dos galpões de criação. Traz efeitos indesejáveis como queda no ganho de peso, irritabilidade dos animais, exposição dos animais a outras doenças e até efeitos na saúde do trabalhador. A exposição a concentrações 75ppm de amônia por três semanas consecutivas causará

ulcerações oculares, limitando a alimentação e a dessedentação dos animais e consequente diminuição de ganho de peso. Essa concentração também altera o comportamento das aves, aumenta o estresse e pode causar o aumento da mortalidade. A formação de amônia dentro dos galpões tem influência do manejo dos dejetos, do sistema de ventilação e da quantidade de cama sobre o piso.

Para diminuir a emissão de amônia, podem ser feitas algumas ações como: utilização de condicionadores para redução da amônia, redução da umidade dos resíduos, melhoramentos no manejo nutricional, utilização de oxidantes e outras. A Tabela 3 mostra as concentrações de amônia e seus efeitos na saúde dos trabalhadores.

Tabela 3 - Concentrações de NH₃ e seus efeitos na saúde dos trabalhadores

Concentração de NH ₃ (ppm)	Efeito na saúde dos trabalhadores
< 25	Concentração média de exposição sem efeitos adversos para quase todos os trabalhadores, num período de 8 h/dia e 40h/semana
25 – 50	Odor detectável
50 – 100	Ligeira irritação dos olhos, nariz e garganta, podendo desenvolver tolerância em 1-2 semanas sem efeitos adversos posteriores
140	Irritação moderada dos olhos, sem sequelas em longo prazo para exposições inferiores a 2 horas
400	Irritação moderada da garganta
500	Valor limite, a partir do qual existe perigo de vida ou para a saúde
700	Lesão imediata dos olhos
1000	Lesões das vias respiratórias
1700	Espasmo da laringe
2500 – 4500	Morte após meia hora de exposição
2500 – 6500	Edema pulmonar
5000	Morte rápida

Fonte: PALHARES, 2011

População de moscas

A população de moscas se relaciona com o estado da limpeza dos galpões e com o manejo da cama de frango. Quando as moscas ultrapassam o nível aceitável causam incômodos à vizinhança, aos produtores e suas famílias. A fim de evitar incômodos e processos judiciais, deve haver o controle permanente da população desses insetos.

Mudanças no manejo da cama, alterações no sistema de limpeza dos galpões, diminuição do número de cabeças de aves, e a forma de armazenamento e da aplicação da cama no solo são maneiras de controlar a população de moscas. O teor de umidade dos resíduos é outro fator importante nesse controle. As altas taxas de umidade dos resíduos favorecem a reprodução de moscas. Geralmente, as moscas fêmeas põem seus ovos em ambientes com mais de 70% de umidade. As larvas se desenvolvem melhor em esterco com mais de 65% de umidade, enquanto o teor de umidade mais propício à pupa é de 40%, (PALHARES, 2011).

A presença de moscas é um sinal de desequilíbrio na granja, pode ocasionar problemas como a diminuição do desempenho e produção de ovos e aumento da conversão alimentar. Os principais causadores de problemas com esses insetos são: mau funcionamento dos bebedouros, ausência de drenagem no terreno da propriedade, ventilação ineficiente no interior dos galpões, problemas nutricionais (excesso de sal), ausência de manejo climático do galpão, uso abusivo de água e falhas nos equipamentos.

Biodiversidade

A avicultura também pode causar impactos na biodiversidade, já que a fauna e flora locais são retiradas para a instalação das granjas. Esses impactos ocorrem em biomas como o Cerrado e a Floresta Amazônica por serem frágeis e de rica biodiversidade. Em regiões colonizadas, esses impactos são minimizados.

A retirada da mata ciliar causará impactos nos corpos d'água, pelo carreamento de partículas e a exposição do solo às intempéries climáticas. Substâncias como os antibióticos e poluentes presentes nos resíduos poderão alterar a microbiota do solo e das águas, acarretando impactos na biodiversidade e podendo criar resistência para alguns microrganismos de interesse em saúde animal e humana.

Alteração da paisagem

O impacto causado na paisagem de entorno está relacionado à construção dos galpões e a área de biosseguridade que deverá ser obedecida. É um impacto que pode inviabilizar o desenvolvimento do turismo rural, como, por exemplo, nas regiões do oeste e meio catarinense, onde há diversos atrativos naturais que não podem ser explorados devido à presença da produção avícola.

Um exemplo prático é a elevada concentração de galpões em áreas restritas, causando incômodos visuais ou até a aplicação de resíduos no solo em um dia de ventos intensos, que serviria de meio para disseminar maus odores.

Condição da saúde da população

Todos os impactos provenientes da atividade avícola que trazem problemas às águas, ao ar e aos solos podem causar transtornos à saúde da população. Porém, os impactos causados de forma direta à saúde são escassos, como mostram os estudos. É difícil estabelecer uma relação, uma vez que as doenças que podem ser contraídas pelas aves ou humanos podem ter origens diversas.

Os microrganismos presentes nos resíduos avícolas possuem um tempo de vida curto quando expostos a condições naturais, devido a fatores como umidade, toxidez por oxigênio e radiação ultravioleta. Porém, existem poucas pesquisas realizadas nessa área e faltam informações mais apuradas para afirmar com precisão essa questão.

Dentre os patógenos encontrados na cama de aviário segundo estudos de EDWARDS e DANIEL (1992) e BHATTACHARYA e TAYLOR (1975), citado por HAHN (2004), estão o vírus da doença New Castle e *Chlamydia*, que causam conjuntivites e pneumonia, respectivamente. Encontraram também, a *Listeria monocytogenes*, causadora de listerose; *Mycobacterium avium*, tuberculose; *Candida albicans*, causadora de doenças fúngicas; *Aspergillus fumigatus*, causadora de rinite, asma e doenças pulmonares crônicas; *Clostridium botulinum*, produz substâncias tóxicas; e vários sorotipos de *Salmonella* e *Escherichia coli*.

A *Escherichia coli* e a *Salmonella* são as que apresentaram os maiores tempos de sobrevivência fora do organismo da ave e as mais presentes em solos e águas

contaminadas. Os outros microrganismos raramente causam contaminação à espécie humana, sendo mais perigoso quando a cama é destinada a alimentação de ruminantes.

Grande parte dos microrganismos é específica de aves, mas podem causar doenças em humanos e em outros animais, quando ingeridos via oral, através de alimentos ou água contaminados. Doenças respiratórias, causadas pelas emissões dentro dos galpões, afetam os trabalhadores, podendo causar bronquites, asma, irritações das mucosas e síndrome da poeira tóxica. As ocorrências mais comuns são: tosse intensa, excesso e presença de escorrimento nasal, ressecamento da garganta e lacrimejamento.

Condições sanitárias do rebanho

O manejo dos resíduos e dos recursos naturais, quando feito de forma incorreta, poderá trazer diversas consequências indesejáveis à sanidade dos animais.

Garantir a biossegurança tem como objetivo minimizar as possibilidades de entrada de agentes infecciosos nos rebanhos através de ações profiláticas, que na maioria das vezes são de simples implementação. As principais ações são: manejo nutricional, sistema eficiente de ventilação, uso adequado de antibióticos e outros medicamentos, instalação de sistema de compostagem para carcaças de animais mortos, sistema eficiente de controle de moscas e roedores e o manejo correto dos resíduos.

O manejo correto da água e do ar nos ambientes de criação irá interferir diretamente nos índices zootécnicos do lote. O fornecimento de água com boa qualidade aos animais, assim como redução dos níveis de amônia dentro dos galpões proporcionarão melhores condições ao rebanho e ao ambiente.

O planejamento ambiental da granja irá refletir no planejamento sanitário, tornando-o menos custoso e mais fácil de ser implantado.

Custo de vida da população

O custo de vida da população pode ser impactado, uma vez que a atividade avícola comprometa alguns recursos naturais, como a água, por exemplo. Se a água presente na propriedade estiver com elevados níveis de nitrato, deverá passar por um tratamento de retirada do mesmo. Neste exemplo, o tratamento para a retirada de nitrato é de custo altíssimo, o que possivelmente irá impactar no custo de vida da população.

Custo de produção da criação

O impacto no custo de produção também ocorre quando recursos são mal utilizados, como a energia. A avicultura é dependente de energia, seja ela proveniente de hidrelétricas, da queima de gás ou de lenha, e seu consumo inadequado significa mais custos ao produtor, além dos impactos causados ao meio ambiente.

A água é outro recurso que impacta no custo de produção, pois seu uso é passível de cobrança e sua utilização necessita da obtenção de outorga (instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal nº 9.433/97), logo uma baixa eficiência do uso acarreta aumento do custo, (OLIVEIRA, 2010).

Os Quadros 1, 2, 3 e 4 elaborados por PALHARES (2011) podem ser utilizados como referência para um estudo de avaliação do impacto ambiental da produção de frango de corte.

Quadro 1 - Impactos causados pela produção de frango de corte

Impacto	Águas superficiais e subterrâneas	Solo
Como Impacta	<ul style="list-style-type: none"> - consumo abusivo; - poluição/contaminação por elementos; - poluição/contaminação por micro-organismos; - alterações na biodiversidade planctônica e piscícola das águas superficiais. 	<ul style="list-style-type: none"> - poluição/contaminação por elementos; - poluição/contaminação por micro-organismos; - alterações na biodiversidade do solo; - alterações na estrutura física do solo.
Consequências do Impacto	<ul style="list-style-type: none"> - escassez hídrica e aumento da competitividade pelo recurso; - depreciação das condições físicas e químicas das águas; - águas caracterizadas como veículos de doenças humanas e animais; - perda da biodiversidade aquática. 	<ul style="list-style-type: none"> - perda da capacidade agrícola dos solos (salinização, desertificação, etc.); - depreciação do recurso natural como suporte para flora; - impedimento do uso do solo para agricultura e/ou aumento do custo de preparo do solo.
Ações Mitigatórias	<ul style="list-style-type: none"> - correções nos sistemas hidráulicos, nas instalações e no uso do recurso para higienização; - correto tratamento dos efluentes e disposição dos resíduos no solo como fertilizantes; - mudança nos hábitos de manejo hídrico e de resíduos; - utilização de tecnologias nutricionais a fim de diminuir a excreção de elementos. 	<ul style="list-style-type: none"> - utilização dos resíduos animais como fertilizantes de forma correta, pautando-se pelo princípio do balanço de nutrientes e de capacidade de suporte dos solos; - utilização de tecnologias nutricionais a fim de diminuir a excreção de elementos; - racionalização do uso de medicamentos e promotores de crescimento de acordo com as recomendações técnicas; - não utilizar o resíduo como adubo quando as condições do solo não forem propícias (alta umidade); - manter distâncias sanitárias e barreiras físicas (vegetação) ao redor das áreas receptoras de adubo.
Impacto Social	<ul style="list-style-type: none"> - alto, nas condições de saúde da população, nos usos múltiplos da água e na fauna e flora aquáticas. - médio, na geração de empregos na área de turismo rural. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto, na disponibilidade de terras para o cultivo e fixação do homem no campo.
Impacto Econômico	<ul style="list-style-type: none"> - alto, no gasto com tratamento público/privado da águas para abastecimento, nos gastos com saúde pública e no tratamento de efluentes; - médio, na utilização de regiões de produção para o turismo rural. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto, na inviabilização dos solos para o plantio de culturas e geração de renda e divisa.

Quadro 2 - Impactos causados pela produção de frango de corte

Impacto	Ar	Clima
Como Impacta	<ul style="list-style-type: none"> - emissão de odores, gases (dióxido e monóxido de carbono, metano, gás sulfídrico, amônia, entre outros) e partículas de poeira. 	<ul style="list-style-type: none"> - emissão de gases estufa (dióxido e monóxido de carbono, metano, óxido nitroso).
Consequências do Impacto	<ul style="list-style-type: none"> - nos animais, queda dos índices zootécnicos, estresse, aumento da mortalidade e exposição dos animais a outras doenças; - nos humanos, aumento da frequência respiratória, asfixia, irritabilidade das mucosas, membranas e olhos, náuseas, depressão do sistema nervoso e morte. 	<ul style="list-style-type: none"> - aquecimento global e suas consequências.
Ações Mitigatórias	<ul style="list-style-type: none"> - no transporte e distribuição dos resíduos nas lavouras avaliar se todas as condições são propícias para isso; - correto manejo dos resíduos, no interior e exterior das instalações; - aproveitamento dos resíduos como adubo de forma menos impactante (incorporação no solo quando possível); - correto manejo dos sistemas de armazenamento e tratamento para que estes não sejam fontes de emissão; - uso eficiente dos equipamentos de climatização para o controle da umidade e ventilação; - utilização de tecnologias nutricionais a fim de diminuir a excreção de elementos e correta granulometria das rações. 	<ul style="list-style-type: none"> - correto manejo dos resíduos, no interior e exterior das instalações; - aproveitamento dos resíduos como fertilizantes de forma menos impactante (incorporação ao solo); - correto manejo dos sistemas de tratamento para que estes não sejam fontes de emissão; - utilização de tecnologias nutricionais a fim de diminuir a excreção de elementos.
Impacto Social	<ul style="list-style-type: none"> - alto, na qualidade de vida da população; - médio, na geração de empregos na área de turismo rural. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto, as mudanças climáticas causam alterações na qualidade de vida.
Impacto Econômico	<ul style="list-style-type: none"> - alto, na rentabilidade das produções e gastos com saúde do indivíduo; - médio, na utilização de regiões de produção para o turismo rural. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto, diminuição de áreas propícias para produção animal e vegetal e aumento do custo de produção destas e gastos públicos/privados decorrentes de alterações climáticas.

Quadro 3 - Impactos causados pela produção de frango de corte

Impacto	Condições de saúde da população	Segurança dos alimentos	Paisagem
Como Impacta	<ul style="list-style-type: none"> - depreciação qualitativa e quantitativa dos recursos naturais. - exposição à barulhos. 	<ul style="list-style-type: none"> - oferta de proteína animal de baixa qualidade devido a contaminação por substâncias, microrganismos e resíduos inerentes à criação. 	<ul style="list-style-type: none"> - aparência dos recursos naturais.
Consequências do Impacto	<ul style="list-style-type: none"> - diminuição da qualidade de vida das populações. 	<ul style="list-style-type: none"> - nos animais, diminuição dos índices zootécnicos, com possibilidade de condenação de carcaças e produtos; - nos humanos, aumento do riscos de contaminação humana e aparecimento de epidemias. 	<ul style="list-style-type: none"> - cor e cheiro das águas; - desertificação dos solos; - emissão de odores, elementos e poeira; - retirada de vegetação nativa; - deslocamento da fauna.
Ações Mitigatórias	<ul style="list-style-type: none"> - todas citadas acima relacionadas a conservação dos recursos naturais. 	<ul style="list-style-type: none"> - utilização de ingredientes de alta qualidade no arraçamento dos animais; - correto manejo sanitário e dos resíduos das criações. 	<ul style="list-style-type: none"> - inserção do manejo da paisagem nas atividades produtivas de animais.
Impacto Social	<ul style="list-style-type: none"> - alto, na disponibilidade igualitária de recursos naturais em quantidade e qualidade para toda população. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto, na oferta de alimentos em quantidade e qualidade - médio, na credibilidade dos produtos de origem animal. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto, no conforto ambiental da população rural e na geração de empregos na área de turismo rural.
Impacto Econômico	<ul style="list-style-type: none"> - alto, nos gastos público/privado com saúde humana. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto, na rentabilidade do produtor e exportações do país 	<ul style="list-style-type: none"> - alto, na utilização de regiões de produção para o turismo rural e possibilidade de diversificação de renda para o produtor rural

Quadro 4 - Impactos causados pela produção de frango de corte

Impacto	Biodiversidade	Condições sanitárias do rebanho	Custo de produção da criação
Como Impacto	- proporcionando condições ambientais adversas a biota devido a poluição e contaminação por resíduos animais.	- depreciação qualitativa e quantitativa dos recursos naturais.	- aumento do consumo de insumos ambientais (água, solo, energia, etc.).
Consequências do Impacto	- degradação e/ou perda da flora e fauna.	- diminuição dos índices zootécnicos.	- reduzida disponibilidade ou insumo indisponível.
Ações Mitigatórias	- realização de estudos de impacto ambiental na flora e fauna antes da implantação dos empreendimentos - recuperação da flora nativa em áreas específicas da propriedade.	- todas citadas acima relacionadas a conservação dos recursos naturais.	- todas citadas acima relacionadas a conservação dos recursos naturais.
Impacto Social	- alto, desconhecimento das características da biodiversidade nacional; - médio, desconhecimento das relações da cultura humana com a biodiversidade.	- alto, na redução de empregos; - médio, na perpetuação do país como um produtor de credibilidade.	- alto, dificuldade para fixação do homem no campo e maior competição por insumos.
Impacto Econômico	- alto, impossibilidade de geração de novos produtos, medicamentos, etc.	- alto, nos gastos com biossegurança, no aumento dos custos de produção e na possibilidade de perdas de rendas e divisas.	- alto, no aumento do custo de produção, na menor competitividade da atividade e maior valoração dos insumos ambientais.

3 CAMA DE FRANGO

Como em qualquer outra atividade do homem, a avicultura gera resíduos que não podem ser devolvidos ao meio ambiente sem o devido tratamento. Os resíduos agroindustriais normalmente apresentam alta carga orgânica. São constituídos por biomassa vegetal, dejetos, carcaças e restos de animais.

Os resíduos gerados na produção de frangos de corte estão na forma de efluentes, cama de frango, aves mortas (carcaças e penas) e embalagens de medicamentos, vacinas e outros produtos.

Cama de frango, também conhecida como cama de aviário, é o resíduo produzido em maior quantidade durante a fase de criação das aves. Consiste na mistura de um material vegetal para forrar o piso do galpão, restos de ração, descamações de pele, penas e excrementos das aves. O material vegetal tem como função isolar a ave do contato com o piso do aviário, diminuir a oscilação de temperatura dentro do galpão e absorver umidade, além de proporcionar conforto e melhorar seu desempenho de crescimento, (ÁVILA *et al.*, 2007).

Segundo a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a cama de frango é classificada da seguinte maneira:

“I - quanto à origem:

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades

II - quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à

qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;” (PLANALTO, 2014)

Os materiais mais usados para compor a cama são: maravalha (aparas de madeira), casca de arroz, casca de amendoim, fenos de diversos capins e palhadas de outras culturas, (ANGELO *et al.* 1997). A escolha do material está condicionada à disponibilidade na região e custo do transporte, (COTTA, 1997).

A maravalha é o material mais aceito, recomendado e utilizado como cama, com o crescimento da avicultura tem se tornada escassa e de alto custo. Possui alta capacidade de absorção e secagem, facilidade de manejo e boa condição microbiológica. Em muitos locais, a utilização desse material tem se tornado inviável, (ÁVILA *et al.*, 2007).

A casca de arroz é um material facilmente encontrado em locais onde fazem o beneficiamento desse grão. Possui baixa capacidade de absorção e é composta por partículas muito pequenas, que podem ser ingeridas pelas aves e causarem riscos de intoxicação.

A casca de amendoim possui propriedade de absorção elevada, é homogênea e de boa compreensão. Mas, em casos onde há excesso de umidade, pode levar as aves a um quadro de aspergilose, que é a contaminação pelo fungo *Aspergillus flavus* ou *Aspergillus fumigatus*. (NEME *et al.*, 2000).

Os fenos e diversos capins que são utilizados para pastagens possuem fácil disponibilidade e são produzidos sempre que necessários. A boa absorção e sua capacidade de amortecimento são suas características principais.

Uma maneira de obter economias com a cama é reutilizá-la. A reutilização pode ser feita durante vários lotes. A dificuldade de se reutilizar a cama durante vários lotes consecutivos está na desinfecção do ambiente que altera a qualidade microbiológica do sistema, (WALTER, 2000).

Geralmente, se reutiliza de 4 a 8 vezes, mas existem avicultores que fazem a reutilização da cama até 15 vezes, como é o caso da empresa COPACOL (2012), que orienta seus integrados a substituir parte da cama na sétima e na décima reutilização.

Todas as ações de manejo da cama dentro dos galpões devem contar com a aprovação da empresa integradora, que envia um técnico até as granjas para realizar a avaliação da cama.

Para que a mesma cama possa ser reutilizada por vários lotes, é necessário que os avicultores realizem uma fermentação durante o tempo ocioso entre os lotes, que tem a finalidade de reduzir e/ou eliminar microrganismos patogênicos. O tempo de espera entre os lotes recebe o nome de vazio sanitário e possui duração 15 dias, aproximadamente, (HAHN, 2004). Se houver algum problema, a cama deverá ser substituída.

O tamanho das partículas que compõe a cama varia de 0,6 a 1,2 cm, o que influencia diretamente na compactação e no poder de absorção de umidade da mesma. O tamanho das partículas também se relaciona com o aparecimento de calos de peito e de escoriações nas aves. Quando muito pequenas, podem causar problemas digestivos e respiratórios nas aves, (MARTLAND 1985, ÁVILA 1992). Segundo ÁVILA *et al.* (2007), a cama deve estar distribuída em todo o aviário a uma altura uniforme entre 8 a 10 cm.

A composição química e física da cama varia devido a diversos fatores. EDWARDS e DANIEL (1992) citam que o número de vezes que a cama foi reutilizada e a quantidade de material usado como substrato são os fatores mais importantes. E além desses, a idade de abate dos animais, o sexo, a densidade de confinamento, a conversão alimentar, o manejo nutricional, a umidade do material absorvente, o tipo de piso e as condições climáticas ocorridas durante a criação, também influenciam.

Um estudo realizado por ÁVILA *et al.* (2007) analisou os teores médios de N, Ca, P e pH na cama de acordo com substrato usado. As camas foram reutilizadas em 6 lotes consecutivos com os seguintes materiais vegetais: maravalha, casca de arroz, sabugo de milho, capim Cameron, palhada de soja, restos da cultura de milho e serragem. A Tabela 4 mostra seus respectivos valores.

Tabela 4 - Tipos de cama e teores de N, Ca, P e pH

Tipos de cama	N (%)	Ca(%)	P(%)	pH
Maravalha	2,44 ^b	1,49 ^c	0,84 ^d	8,58 ^c
Casca de arroz	2,46 ^b	1,44 ^c	0,84 ^d	8,79 ^b
Sabugo de milho	2,28 ^c	1,46 ^c	0,81 ^d	8,65 ^c
Capim cameron	2,72 ^a	1,96 ^a	1,05 ^{ab}	8,96 ^a
Palhada da soja	2,63 ^a	1,96 ^a	1,00 ^b	8,97 ^a
Resto da cultura do milho	2,66 ^a	2,04 ^a	1,07 ^a	8,93 ^a
Serragem	2,36 ^{bc}	1,68 ^b	0,92 ^c	8,81 ^b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste REGWQ ($p > 0,05$).

Fonte: ÁVILA *et al.*, 2007

Diversos autores já realizaram análise da cama de frango e os resultados são diferentes por dependerem de tantos fatores. Segundo ANGELO *et al.*, (1997) cada ave produz 2,12 kg de cama. ORTOLANI e BRITO (2001) chegaram a um valor de 2,6 kg/ave. SANTOS e LUCAS JR. (2003), também citaram um valor semelhante, 2,19 kg/ave. Já, EDWARDS e DANIEL (1992) estimaram que cada ave produzia 1,46 kg de cama. Os autores que chegaram a um valor ainda mais baixo foram BELLAVER e PALHARES (2003) e concluíram que era gerado 1,3 kg/ave.

Atualmente, o número de cabeças de frango abatidas de outubro de 2012 a setembro de 2013 (total de 1 ano) está em torno de 5,5 bilhões, (IBGE-SIDRA, 2014). Tomando como exemplo a produção de 2,12 kg/ave, teremos como resultado 11,66 milhões de toneladas de cama/ano. Por outro lado, quando realizamos o cálculo com o menor valor, resulta em uma produção anual de 7,5 milhões de toneladas. Os dois resultados demonstram a quantidade enorme gerada desse resíduo.

A quantidade de cama de frango gerada (usando 2,12 kg de cama/ave) é aproximadamente a mesma quantidade produzida de arroz (em casca), que é o terceiro grão mais produzido no país cerca de 11,55 milhões de toneladas no ano de 2012, (IBGE-SIDRA, 2014). Ou ainda, equivalente às produções de feijão e trigo em grãos somadas, cerca de 7,2 milhões de toneladas se compararmos com menor estimativa de geração da cama, (IBGE-SIDRA, 2014).

Já quando se trata de composição química, os valores encontrados possuem grande variação. Os elementos que aparecem em maiores quantidades são: água e carbono (C) e em menores quantidades estão nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Além de

pequenas quantidades de ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), arsênio (As), sódio (Na), cálcio (Ca), cloro (Cl), manganês (Mn) e magnésio (Mg).

Para KIHTEL (2010), os níveis de nutrientes e a velocidade de decomposição são definidos pelo tipo de material usado na cama, tamanho das partículas, número de lotes e sistema de produção.

Para mostrar a diferença entre a composição química de variadas camas a Tabela 5 mostra os nutrientes analisados segundo diversos autores.

Analisando a Tabela 5, é possível perceber como a quantidade de nutrientes varia de acordo com o número de lotes em que a mesma cama foi utilizada e com os diferentes substratos usados.

Os dados obtidos por FUKAYAMA (2008) em camas reutilizadas 3 e 4 vezes relatam uma menor concentração de alguns nutrientes do 4º lote quando comparado com o 3º. Provavelmente, deve-se ao fato de que o tempo de permanência das aves do último lote foi inferior ao anterior (41,94 e 45,85 dias de idade), e com isso a cama recebeu menos quantidade de excrementos e de ração desperdiçada.

Tabela 5 - Composição da cama de frango segundo diferentes autores

	Autores									
	CQFS RS/SC (2004)			SILVA (2008)	KIEHL (2010)	DANIEL e OLSON (2001)	AIRES (2012)	FUKAYAMA (2008)	VALADÃO <i>et al.</i> (2011)	
Nº de lotes	3-4	5-6	7-8	-	-	-	3	3	4	-
C (%)	30	28	25	31,1	30,2	-	-	-	-	24,3
N (%)	3,2	3,5	3,8	2,5-5,4	2,5	4,46	3,44	6,28	6,49	4,00
P (%)	3,5	3,8	4,0	1,3-4,2	1,6	2,10	0,82	2,27	1,80	3,77
K (%)	2,5	3,0	3,5	1,3-3,9	2,0	3,00	1,96	3,17	2,76	3,20
Ca (%)	4,0	4,2	4,5	5,1	2,2	3,00	2,97	3,42	2,84	6,42
Mg (%)	0,8	0,9	1,0	0,9-1,1	0,5	-	0,77	0,76	0,61	0,78
S (%)	-	-	-	4,4-7,1	-	-	-	-	-	-
Na (%)	-	-	-	-	-	-	0,66	0,78	0,85	-
Zn (mg/kg)	-	3	-	307-729	270	4,84	750	567	532	308
Cu (mg/kg)	-	2	-	15-82	-	557	700	631	598	233
Mn (mg/kg)	-	-	-	-	300	-	500	442	384	194
Fe (mg/kg)	-	-	-	-	-	2377	1750	1715	1405	2274

Fonte: elaboração do próprio autor de acordo com as referências citadas

3.1 CAMA DE FRANGO: RESÍDUO OU RECURSO?

A agricultura tradicional tem uma relação muito próxima com a criação de animais em propriedades rurais familiares (de pequeno porte) pelo mundo afora. O enriquecimento do solo com o uso de dejetos animais é conhecido desde as primeiras plantações de subsistência (BURTON, 2003) e antes do início do século XX era o método mais usado para melhorar a fertilidade do solo, (DIAS, 2005).

O desenvolvimento das tecnologias voltadas à agricultura gerou uma escalada de produção e uma conseqüente necessidade de grandes quantidades de fertilizantes. Para atender a essa demanda a solução era encontrar alternativas aos fertilizantes orgânicos. Outro fato ocorrido foi a especialização em um ou dois tipos de culturas pelos grandes produtores e a separação inevitável da criação de animais (e dos dejetos produzidos) das plantações. Assim, o uso de fertilizantes inorgânicos foi a solução para suprir as necessidades de nutrientes dos variados tipos de cultivo.

Como a aplicação local da cama de frango é relativamente limitada, é provável que esse dejeito venha a ser considerado um resíduo. É absolutamente possível que a cama de frango seja depositada sem nenhuma penalidade e o problema se encerraria ali, mas isso só ocorreria em poucas fazendas de criação de frango, já que um resíduo depositado em algum local desocupado certamente irá gerar algum inconveniente.

De qualquer forma, para muitos produtores avícolas, principalmente os grandes, os problemas com a gestão dos resíduos são bastante evidentes. Aqueles localizados próximos a moradias podem esperar queixas de odores desagradáveis e aqueles localizados próximos a cursos d'água devem se preocupar com a poluição por lixiviação e por erosão.

A questão do manejo dos dejetos é mais séria do que se imaginava, pois uma série de problemas de poluição menos aparente está agora em evidência. Há uma crescente preocupação com as emissões de gases (por exemplo: amônia, óxido nitroso e metano) e com a poluição da água durante todo o mecanismo de lixiviação. Existem algumas evidências de poluição do solo, especialmente onde são aplicadas repetidas doses de cama de frango em grandes quantidades. Riscos de contaminação, tanto das aves quanto de pessoas, também são questões a se considerar.

Em resposta aos problemas do manejo ambiental em sistemas de produção de frango de corte, a Embrapa Suínos e Aves desenvolveu um manual de Sistema de Produção de Frangos de Cortes. Esse manual não trata somente do manejo ambiental da produção avícola, mas também dos outros assuntos relacionados à produção para que haja uma melhora em todo o sistema.

A ideia de olhar os dejetos como um recurso e não como um resíduo tem sido fundamental para que haja uma boa gestão nos sistemas agropecuários. De fato, o termo “resíduos agrícolas” perde força, pois o verbete “resíduo” implica em algo sem valor. No entanto, o reconhecimento de valor da cama de frango, principalmente na quantidade de nutrientes que possui, deve ser feito com cuidado para respeitar o balanço de nutrientes do solo. Aplicações em excesso da cama de frango podem acarretar uma extrapolação da capacidade do solo em receber tal quantidade de nutriente e acabar como uma poluição. Além disso, mesmo se o local da aplicação tiver uma capacidade teórica para receber a cama, os problemas de poluição associados podem não ser eliminados. Vários outros fatores devem ser observados, incluindo tempo e uniformidade da aplicação. Para alguns produtores avícolas, conhecer a capacidade do solo em receber essa carga de nutriente pode não ser possível. Então, para esses produtores e para os que possuem pouca quantidade de terra disponível a real solução se resume à remoção do excedente.

Existe um comércio de cama de frango, segundo o pesquisador Vinícius Benites, o preço da tonelada varia de 60,00 a R\$90,00, (GR, 2013). O preço varia de acordo com número de reutilizações da cama e com a região. Vale citar a IN nº 17 de 2006 da SDA/MAPA, que proíbe o trânsito interestadual de esterco e cama de aviário que não tenha passado por um tratamento aprovado pela SDA. Para o trânsito interestadual, o material deve ser acompanhado de CIS emitido por um médico veterinário credenciado pelo SFA, especificando o tratamento que o material foi submetido, (SISLEGIS, 2013).

4 ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DA CAMA DE FRANGO

A destinação final principal da cama de frango tem sido sua aplicação no solo como fertilizante, na forma *in natura* ou depois de ter passado por algum processo de tratamento, como a compostagem. A cama, que é uma fonte de biomassa, também pode ser usada na produção de energia, através de biodigestores para geração de biogás,

combustão direta ou gaseificação (Figura 8). Existe ainda a valorização da cama para geração de biomoléculas de alto valor agregado através de bioprocessos, como a fermentação em estado sólido dos resíduos lignocelulósicos (bagaços de cana e de outros vegetais e cascas). Atualmente, a destinação do resíduo para a produção de fertilizante organomineral vem crescendo e já existem plantas fabris especializadas nesse processo, (HAHN, 2004).

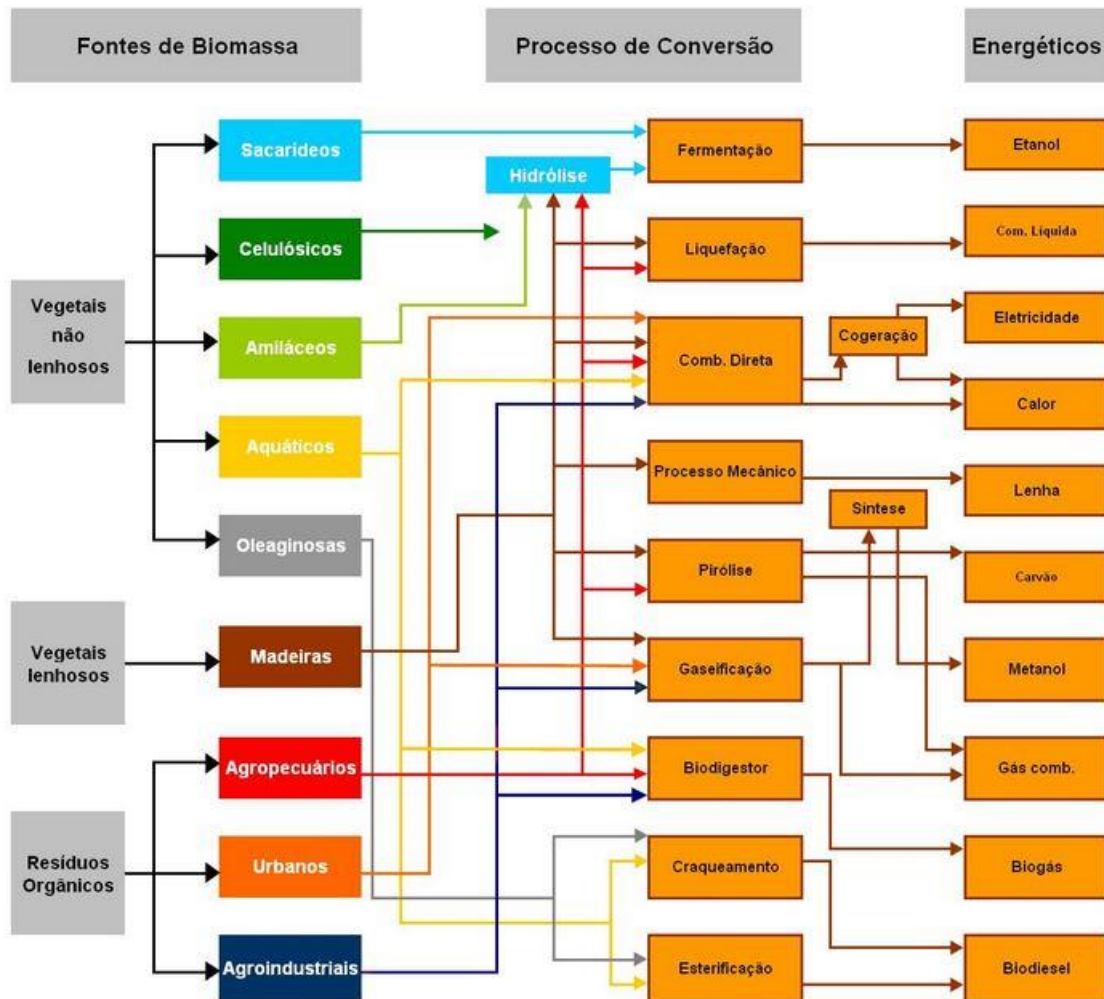


Figura 8 – Fluxograma das fontes de biomassa e possíveis rotas para produção energética

Fonte: CENBIO, 2013

Até o ano de 2001, a cama de frango era comumente destinada à alimentação de ruminantes, até que foi aprovada, em julho do mesmo ano, a IN nº 15 do MAPA. A Instrução Normativa proibiu a comercialização e uso de cama de frango para fins de alimentação animal. A proibição aconteceu, pois existe a possibilidade de ocorrência de Encefalopatia Espongiforme Bovina, conhecida popularmente como “mal da vaca

louca” devido à possível presença de ingredientes de origem animal provenientes da ração desperdiçada dos comedouros pelas aves.

A IN nº 15 foi revogada pela IN nº 7 de março de 2004, a qual tratava somente da importação de produtos que poderiam causar a Encefalopatia Espongiforme Bovina e não se referia a nenhum produto ou resíduo de origem nacional. Porém, no mesmo mês de 2004, a IN nº 8 entrou em vigor proibindo em todo o território nacional a produção, a comercialização e a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal, incluindo-se também nesta proibição a cama de aviário, os resíduos da criação de suínos, como também qualquer produto que contenha proteínas e gorduras de origem animal. Posteriormente, a IN nº 49 de 2008 revogou a IN nº 7 de 2001, que continuou regendo sobre importações, (SISLEGIS, 2013).

Outros aspectos negativos da destinação da cama de aviário à alimentação de ruminantes são a presença de toxinas produzidas por bactérias (como toxina botulínica produzida por *Clostridium botulinum* e aflatoxinas produzidas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus fumigatus*, quando a base vegetal da cama é a casca de amendoim), hipocalcemia, enfermidades infecciosas produzidas por *Salmonella* e coliformes, intoxicação por cobre, amônia, resíduos de substâncias químicas e os acidentes pela presença de corpos estranhos, (OLIVEIRA, 1997, ORTOLANI e BRITO, 2001 citado por HAHN, 2004).

Mesmo com a proibição, o uso clandestino da cama de frango para alimentação de ruminantes acontece. Notícias sobre esse uso ilegal são publicadas todos os anos. Porém, existem pesquisadores que defendem o uso para essa finalidade, como é o caso de BELLAVER e PALHARES (2003), que citam a existência de processos que eliminam grande maioria dos seus inconvenientes e completam dizendo que com uma fiscalização eficiente, o fornecimento da cama é seguro.

Nos Estados Unidos, o uso da cama para este fim também já foi proibido, mas, em 1998, o FDA (Federal Drug Administration, órgão fiscalizador de alimentos e medicamentos do EUA) voltou atrás e revogou a decisão, permitindo novamente seu uso na alimentação de ruminantes. Porém, a cama de frangos deve passar por testes

periódicos para *Salmonella*, *E. coli*, metais pesados, pesticidas, drogas, ovos e larvas de parasitas e micotoxinas (toxinas produzidas por fungos), (HAHN, 2004).

Encontrar uma alternativa viável e eficiente é um grande desafio. Pesquisas que realizam estudos sobre tratamentos da cama de aviário devem receber maior atenção, pois um manejo correto poderá trazer benefícios ao meio ambiente, à população e aos produtores.

4.1 COMPOSTAGEM

Como vimos anteriormente, muitas vezes a cama de frango é aplicada diretamente no solo, sem passar por nenhum processo de tratamento. Isso resulta em um aproveitamento mínimo dos nutrientes ali presentes. Para que haja um melhor aproveitamento dos nutrientes é necessário que a cama passe por algum processo, e um tipo de tratamento básico e muito conhecido é a compostagem. Existem relatos que a compostagem é feita desde a Antiguidade na China, (STENTIFORD *et al.* citado por ALVES, 1996).

Compostagem é a degradação aeróbia da matéria orgânica biodegradável. Segundo KIEHL (1985), é um processo controlado de decomposição bioquímica de materiais orgânicos transformados em um produto mais estável e utilizado como fertilizante, obtendo-se mais rapidamente e em melhores condições a estabilização da matéria orgânica. É um processo que ocorre naturalmente no ambiente, mas quando associado à manipulação do material pelo homem, recebe o nome de compostagem. Um esquema de um processo simplificado de compostagem é representado na Figura 9.

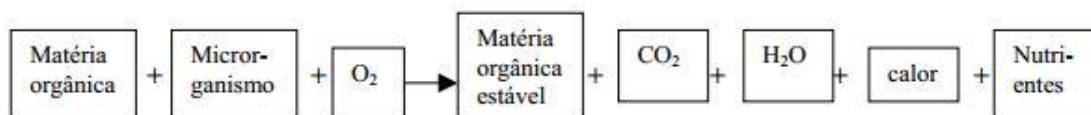


Figura 9 - Processo de compostagem

Fonte: FERNANDES e SILVA (1999)

A compostagem pode ser dividida em duas etapas: a termofílica e a mesofílica. Na primeira fase, ocorrem as reações de oxidação mais intensas e em sua maioria termofílicas. Nesta etapa, as temperaturas variam entre 45 e 65°C, também ocorrem a eliminação de patógenos e de organismos indesejáveis, (VITORINO e PEREIRA NETO, 1992). Os principais microrganismos presentes nesta fase são bactérias, geralmente do gênero *Bacillus*, fungos e actinomicetos. Se a mistura possuir mais nitrogênio do que o necessário, o excedente de N pode ser eliminado na forma de amônia (NH₃), (KHIEL, 2002).

ORRICO JUNIOR (2005) citou pesquisas como a de TIQUIA e TAM, que avaliaram o comportamento na compostagem de dejetos de aviários e constataram uma redução de 59% de N em relação a massa inicial, este resultado foi atribuído à alta concentração de nitrogênio da mistura.

Na segunda etapa ou fase de maturação do composto, depois que a maior parte da matéria orgânica foi transformada, a temperatura vai diminuindo e a população termofílica vai sendo substituída pelos organismos mesofílicos. Aqui, há a predominância de transformações químicas da matéria, como a polimerização das moléculas orgânicas estáveis, que acontece na temperatura ambiente e recebe o nome de humificação, (FERNANDES e SILVA, 1999). A Figura 10 mostra um gráfico das fases da compostagem e suas temperaturas.

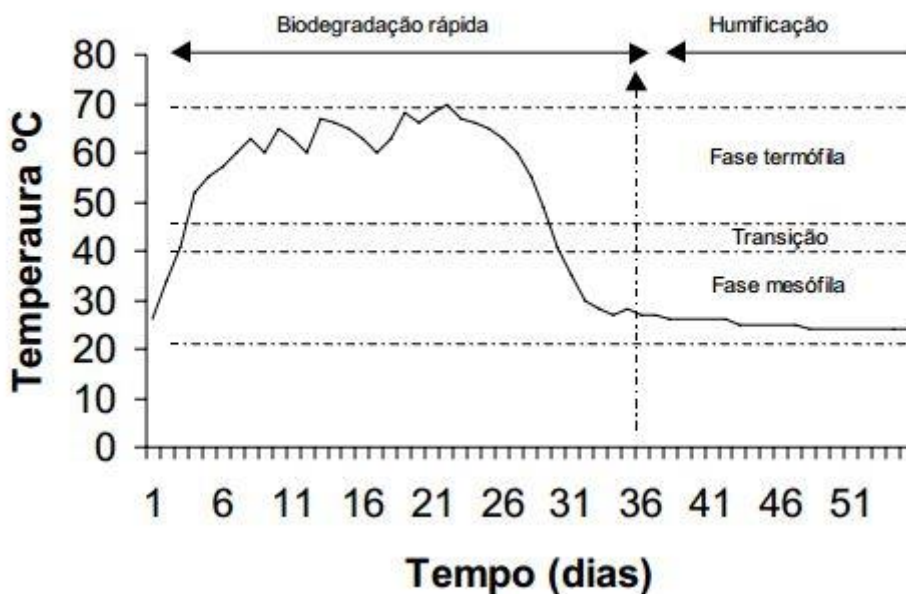


Figura 10 - Gráfico Tempo (dias) x Temperatura (°C) durante o processo de compostagem

Fonte: FERNANDES e SILVA (1999)

O processo de compostagem leva de 90 a 120 dias (dependendo da relação C: N do resíduo) para obtenção de um composto estabilizado. Tem como resultado um composto, normalmente, escuro e textura turfa, utilizado como condicionador de propriedades físicas e biológicas do solo, além de fornecer os nutrientes essenciais ao crescimento das plantas, (OLIVEIRA *et al.*, 2008)

Uma característica fundamental ao processo de compostagem é a dimensão das partículas do material. As partículas devem ter entre 1,3 e 7,6 cm. Abaixo deste tamanho, será necessário uso de aeração forçada e para tamanhos maiores é indicada a compostagem em pilhas mais estáticas. O processo de decomposição inicia-se pela superfície das partículas, onde exista oxigênio difundido na película de água que as cobrem e onde tenha acesso aos microrganismos e às suas enzimas extracelulares. Quanto menor for o tamanho das partículas, mais facilmente ocorre o ataque microbiano, já que partículas menores têm maiores superfícies de contato. Por outro lado, os riscos de compactação podem diminuir a entrada de ar ou permitir que a água ocupe os espaços vazios ocasionando numa anaerobiose indesejada (OLIVEIRA *et al.*, 2008, KIEHL, 1985).

Existem diferentes métodos para se realizar compostagem. Os mais conhecidos são os sistemas de:

- Leiras revolvidas: a mistura de resíduos é disposta em leiras e a aeração é feita pelo revolvimento das pilhas e pela convecção e difusão natural do ar no interior da massa do composto;
- Pilhas estáticas aeradas: a mistura que será compostada é colocada sobre tubulações perfuradas que injetam ou aspiram o ar na massa do composto, nesse sistema não há revolvimento das leiras;
- *In vessel*: ocorre em sistemas fechados ou reatores biológicos, que permitem o controle de todos os parâmetros do processo, (FERNANDES e SILVA, 1999).

Além desses sistemas de compostagem, existe também a compostagem acelerada. Com esse método é possível obter um composto já maturado e estabilizado em torno de 28 dias. Ocorre em reatores biológicos, onde é possível monitorar e controlar todos os parâmetros, como umidade, temperatura e aeração, por exemplo, (TIBAGI, 2013). Nesse processo, acontece a inoculação de determinados microrganismos no início do processo, que podem ser específicos para a compostagem de alguns resíduos ou podem ser adicionados em diferentes resíduos de forma genérica. Uma maneira de realizar o inóculo da biomassa é adicionar de 10 a 20% em volume, de um composto na fase semicrúa, (GOLUECK e DIAZ, 1991).

O resultado final da compostagem é um composto rico em sais minerais e húmus, que pode ser utilizado como condicionador de solos melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas (KIEHL, 2002). A matéria orgânica presente no composto é responsável por algumas reações químicas que acontecem no solo, como complexação dos elementos tóxicos e micronutrientes, fornecimento de nutrientes às plantas, além de possuir influência na capacidade de troca catiônica e pH, (CEZAR, 2001).

Mas para isso, é necessário que algumas condições sejam avaliadas, monitoradas e controladas antes e durante o processo de compostagem, tais como: caracterização do material a ser compostado, teor de umidade, aeração, temperatura e pH. O composto, após maturação e estabilização, pode ser utilizado como fertilizante em diversas culturas

vegetais dependendo das suas características físicas, químicas e microbiológicas, além da procedência do material compostado conforme exigências do MAPA. Pode, também, ser utilizado na recuperação de áreas degradadas, (TSUTIYA, 2000).

4.1.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A COMPOSTAGEM

4.1.1.1 ORGANISMOS PRESENTES

Durante o processo de compostagem, a transformação da matéria orgânica é resultante da ação combinada da macro e mesofauna (minhocas, besouros, formigas e ácaros) e de diversas comunidades de microrganismos (que incluem bactérias, fungos, actinomicetos e leveduras). Inicialmente, atuam os microrganismos que metabolizam o nitrogênio orgânico, transformando-o em nitrogênio amoniacal. Ao decorrer da decomposição, a amônia pode ser volatilizada ou convertida em nitrato, pela nitrificação, fenômeno que é acidificante e influencia no pH final do composto maturado. Mas, em condições de anaerobiose, o nitrato será perdido por desnitrificação e este processo tem efeito alcalinizante. (OLIVEIRA *et al.*, 2002)

A energia produzida pelos microrganismos promove um aumento da temperatura, quando atingem mais que 40° C, começam a predominar os microrganismos termofílicos, que são responsáveis pela decomposição acelerada da matéria orgânica. Nesta fase, as temperaturas ultrapassam os 55° C, promovendo a eliminação dos patógenos para humanos e plantas. Já, acima dos 65° C, a maioria dos microrganismos será eliminada, incluindo os que são responsáveis pela decomposição, por isso é necessário controlar a temperatura com aeração e umidade, mantendo-as em níveis desejados, (OLIVEIRA *et al.*, 2008)

A predominância de certas espécies determina em que fase se encontra o processo de compostagem, (VALENTE *et al.*, 2009). O Quadro 5 traz as principais características dos grupos microbianos presentes na compostagem.

Quadro 5 - Características dos principais grupos microbianos e seus efeitos

Discriminação	Bactérias	Actinomicetos	Fungos
Substrato	Carboidratos, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição
Umidade	-	-	Prefere regiões secas
Oxigênio	Menor necessidade de oxigênio	Regiões bem aeradas	Regiões bem aeradas
pH ótimo	Neutro até levemente alcalino	Neutro até levemente alcalino	Ácido a alcalino
Faixa de valores de pH	6.0 - 7.7	-	2.0 a 9.0
Revolvimento	Não interfere	Desfavorável	Desfavorável
Significado durante a decomposição	80 a 90% da capacidade da degradação	-	-
Temperatura	Até 75° C, redução da capacidade de degradação quando essa temperatura for ultrapassada	Supõe que o limite de temperatura seja 65° C	Limite de temperatura de 60° C
Função	Decompor a matéria orgânica, animal ou vegetal, aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas no solo e fixar o nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação do húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc., e fixação do nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação do húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc., e fixação do nitrogênio

Fonte: NASSU (2003) citado por HEIDEMANN *et al.*(2007)

4.1.1.2 AERAÇÃO

A aeração é essencial durante o processo de compostagem, principalmente, na fase de degradação ativa, onde a ação microbiana é intensa. A oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos e a produção de energia necessária aos microrganismos que realizam a decomposição são dependentes do oxigênio. Parte dessa energia é utilizada no metabolismo dos microrganismos e o restante é liberado na forma de calor. A necessidade de aeração é menor na fase de maturação, pois a atividade microbiana é pouco intensa. (OLIVEIRA *et al.*, 2008)

Quando a decomposição da matéria ocorre na ausência de oxigênio, ou seja, em meio anaeróbico, o processo emite mau cheiro, pois o nitrogênio aminado é transformado totalmente em amônia. A formação de aminas incompletas possui odor forte e devem ser oxidadas para perder esta característica.

KIEHL (2002) cita que uma compostagem mal conduzida pode levar a uma oxidação anaeróbia, acompanhada de putrefação e mau cheiro, eliminando na atmosfera produtos contendo enxofre, caracterizado pelo cheiro de “ovo podre”. Para que o odor seja reduzido, deve ser feita a aeração por revolvimento da leira ou por outro meio.

No processo de compostagem, a aeração é o fator mais importante, sabendo que quanto mais úmido, mais deficiente será a oxigenação da matéria a ser decomposta. Além de evitar o mau odor, a aeração evita a presença de moscas, o que é importante para processo e para o meio ambiente. Por outro lado, se fornecimento de oxigênio for muito maior que o demandado, o calor é dissipado e a temperatura da massa diminui. Deve haver o controle para que a aeração não promova uma perda de calor mais intensa que produção de calor microbiano.

4.1.1.3 UMIDADE

A umidade é fundamental para a manutenção da vida microbiana. Além das estruturas dos microrganismos serem compostas por aproximadamente 90% de água, a produção de novas células necessita de água e todo nutriente para desenvolvimento celular precisa estar dissolvido em água para assimilação. O teor de água deve estar entre 40 e 60%. (INÁCIO e MILLER, 1999, ALEXANDER, 1977 citado por OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Quando o teor de água é excessivo, ocorre a aglutinação das partículas e consequente restrição na difusão de oxigênio, além de diminuir a temperatura da leira, (OLIVEIRA *et al.*, 2008). Assim, é caracterizada a condição anaeróbia, que traz consequências de mau odor, atração de vetores e chorume.

Porém, se a umidade for menor que 40%, a atividade microbiana é reduzida e o tempo de decomposição será maior, (PEREIRA NETO, 1987). Para corrigir a falta de água, deve-se adicioná-la sobre a massa, uniformemente. Resíduos como cama de frango, geralmente, possuem umidade baixa, devendo ser corrigida. Já, em caso de excesso,

pode-se adicionar materiais absorventes como palhas, serragens ou maravalhas, (OLIVEIRA *et al.*, 2008)

4.1.1.4 TEMPERATURA

Outro fator de grande importância na compostagem é a temperatura. O desenvolvimento da temperatura se relaciona com outros fatores como: materiais ricos em proteína, baixa relação carbono/nitrogênio, umidade, aeração e outros. Materiais mais homogêneos, com granulometria fina, formam montes com menor perda de calor e com melhor distribuição de temperatura. (OLIVIERA *et al.*, 2008)

Segundo KIEHL (2002), a atividade microbiológica atinge alta intensidade no processo de compostagem, provocando a elevação da temperatura no interior da leira, alcançando 65° C ou até valores superiores, em decorrência da geração de calor pelo metabolismo microbiológico de oxidação da matéria orgânica que é exotérmico.

No início do processo de decomposição, os microrganismos mesófilos, que degradam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis, predominam. O calor gerado faz com que a temperatura aumente podendo chegar a 45° C num período de 2 a 3 dias.

Quando a temperatura alcança valores superiores a 45° C, os organismos mesófilos dão lugar aos termófilos. É quando se inicia a fase de máxima degradação, onde os polissacarídeos, como amido, celulose e proteínas se transformam em subprodutos mais simples.

Nessa fase, a temperatura tende a aumentar ainda mais, devido ao acúmulo de calor produzido pelos microrganismos. Porém, com temperaturas acima de 70° C, mesmo sendo eficientes para eliminação de patógenos (geralmente mesófilos), mantidas por longos períodos, restringem o número de organismos decompositores. Essa restrição pode acarretar na insolubilização de proteínas hidrossolúveis e na produção de amônia, principalmente quando o material possui baixa relação C/N, como é o caso da cama de frango, (KIEHL, 2002).

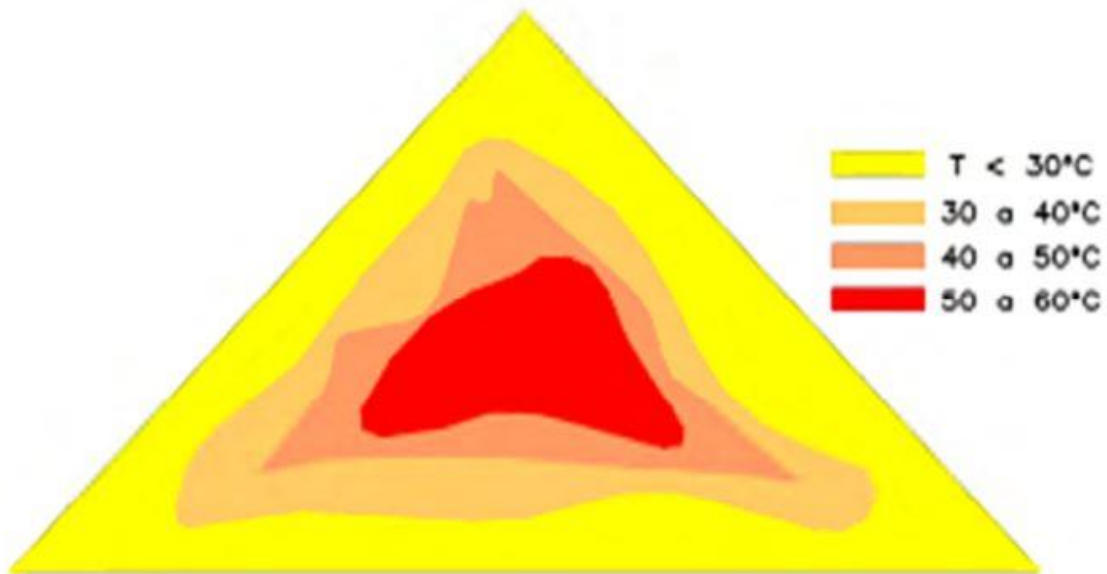


Figura 11 - Perfil da temperatura no interior da leira

Fonte: RUSSO, 2003 citado por CONCEIÇÃO, 2012

Quando as fontes de carbono de mais fácil degradação se esgotam, a temperatura decresce e os microrganismos mesófilos se restabelecem. Agora, para atuarem na humificação do composto, degradando hemicelulose e a lignina, que são mais resistentes.

A maturidade do composto é alcançada quando a temperatura do mesmo é aproximadamente igual à do ambiente, caso não se constate nenhum outro fator que esteja afetando a atividade microbiológica. O composto estabilizado apresenta-se quebradiço, quando seco, moldável, quando úmido, sem cheiro desagradável, além de não atrair moscas, (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

4.1.1.5 GRANULOMETRIA

A granulometria, ou tamanho das partículas, interfere diretamente no processo de compostagem, uma vez que a degradação da matéria se relaciona com a área superficial da partícula. Quanto menor a granulometria das partículas, maior a área superficial em contato com o oxigênio, o que aumenta a taxa das reações bioquímicas. Por outro lado, partículas muito finas favorecem a compactação do material, que dificulta a entrada de

oxigênio, cria zonas de anaerobiose e dificulta a distribuição dos microrganismos, (FERNANDES e SILVA, 1999).

4.1.1.6 RELAÇÃO C/N

A relação entre carbono (C) e nitrogênio (N) é um fator que deve ser controlado, pois o carbono e o nitrogênio em proporções adequadas favorecem o crescimento e a atividade das colônias de microrganismos decompositores, possibilitando a produção do composto em menos tempo, (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

KIEHL (2002) cita que o acompanhamento da proporção C/N durante a compostagem permite saber em que fase se encontra o material compostado. Se a relação estiver em torno de 18/1, o composto atinge a semicura e quando está em torno de 10/1 o composto está pronto, ou seja, humificado.

A relação ótima está em torno de 30/1, é a mesma proporção que os microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio. É recomendado que os limites sejam 26/1 e 35/1 para uma compostagem rápida e eficiente. Quando a relação é muito baixa, o nitrogênio é perdido na forma amoniacal, prejudicando a qualidade do composto. Nesse caso recomenda-se a adição de restos de vegetais celulósicos. Já, quando ocorre o oposto, a relação C/N é alta, o processo se torna demorado e apresenta baixos teores de matéria orgânica. Para aprimorar o processo, deve-se acrescentar materiais ricos em nitrogênio, como esterco, camas de animais e tortas vegetais.

4.1.1.7 PH

O pH considerado ótimo para o início da compostagem está na faixa de 6,5 a 8,0, (PEIXOTO, 1988). Pode ser um indicativo do estado de compostagem dos resíduos. Os resíduos utilizados na compostagem são de natureza ácida, como restos vegetais, esterco, portanto o processo já se inicia com o pH baixo. Com o início da compostagem, na fase de degradação ativa, ácidos orgânicos são formados e o pH decresce até aproximadamente 5,0. Com a evolução do processo alcança valores entre 7 e 8. Valores baixos de pH indicam falta de maturação devido à curta duração ou à presença de processos anaeróbios no interior da pilha, (KIEHL, 2002)

Se o pH da pilha atingir valores menores que 4,5, pode haver limitação da atividade microbiana, retardando o processo de compostagem. Nesse caso, deve-se revolver a pilha para o pH voltar a subir, portanto se bem conduzida, a compostagem não apresenta problemas relacionados ao controle de pH, (OLIVEIRA *et al.*, 2008, PEIXOTO, 1988).

4.1.1.8 PATÓGENOS E METAIS PESADOS

Os patógenos e metais pesados são considerados indesejáveis e interferem na produção agrícola. Os patógenos podem ser eliminados durante o processo de compostagem, mas se não forem eliminados, no momento em que se incorporar o composto final ao solo, os patógenos serão digeridos pela competição com os microrganismos selvagens, nativos, presentes no solo, (KIEHL, 2002).

Quanto aos metais pesados, a restrição se dá quantos estes estão acima dos limites aceitáveis, pois muitos deles são micronutrientes necessários ao crescimento das plantas. O Brasil, ainda não conta com uma norma técnica específica que estabeleça os níveis aceitáveis de metais pesados nestes fertilizantes. O monitoramento destes compostos e dos solos que os receberão é imprescindível, principalmente quando o fertilizante for utilizado em culturas de alimentos, (QUEIROZ *et al.*, 2000 citado por OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Quando todos os fatores acima são devidamente observados, a qualidade do composto será assegurada e dificilmente o agricultor terá algum tipo de problema quanto à contaminação ambiental, (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

4.1.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

As vantagens de se utilizar a compostagem como tratamento da cama de frango são:

- processo de tecnologia simples;
- eliminação de patógenos;
- redução e estabilização da matéria orgânica;
- o composto produzido traz melhorias na qualidade do solo, como maior aeração, maior capacidade de infiltração (reduz a erosão), aumento da capacidade de troca iônica,

aumento do número organismos desejáveis, controle da temperatura e dos níveis de acidez do solo, dentre outros;

- diminuição de peso e volume na ordem de 20 a 40%;
- processo ambientalmente seguro;
- baixo custo;
- processo sem odor;
- economia no transporte, já que pode ser realizada nas propriedades das granjas;
- rastreabilidade do composto.

Por outro lado o processo de compostagem possui as seguintes desvantagens:

- perda de nitrogênio durante o processo, diminuindo o valor nutricional do composto;
- pode haver a necessidade de se utilizar equipamentos como, por exemplo, trituradores, aeradores ou máquinas, que elevaria o custo do processo;
- exigência de um monitoramento constante para avaliação do processo;
- maior necessidade de mão de obra, quando é utilizado o sistema manual.
- maior necessidade de terreno, quando comparada a outros processos.

4.1.3 ESTUDOS REALIZADOS

Diversos estudos foram realizados considerando duas principais formas de tratamento para a cama de aviário: a compostagem e a biodigestão anaeróbia. A pesquisa de KIRCHMANN e LUNDVALL (1998), citadas por HAHN (2004), verificou que houve uma perda de 77% do nitrogênio total na compostagem e apenas 7,5% na fermentação anaeróbia. Porém, após a aplicação dos materiais no solo, a cama compostada reduziu o teor de nitrogênio em 3,3%, enquanto do material fermentado foi volatilizado 32%.

Somando as perdas das duas etapas do experimento, o material compostado foi o que apresentou maiores perdas de nitrogênio.

Outro estudo, que comparou as duas técnicas, porém usando esterco bovino, mediu as emissões de amônia, óxido nitroso e metano. A emissão de amônia foi três vezes maior e a de óxido nitroso foi 50% maior para o resíduo compostado. Já a perda de metano foi duas vezes maior utilizando o processo de fermentação, (AMON *et al.*, 1997 citado por HAHN, 2004).

A relação C/N é um importante fator quando se deseja evitar a perda de nutrientes. Mesmo com uma relação adequada de C/N o grau de degradação das fontes interfere diretamente. O nitrogênio presente na cama de frango, por exemplo o ácido úrico, é mais facilmente degradado que a fonte de carbono presente, no caso da maravalha. Durante a decomposição, o ácido úrico é rapidamente convertido em formas amoniacais e como não existe a presença de carbono de rápida assimilação pelos microrganismos, essa amônia é emitida para a atmosfera. Adicionar fontes de carbono que seja degradado mais rapidamente pode ser uma solução, uma vez que a maravalha é rica em lignina e apresenta índice de degradação muito baixo, (HAHN, 2004).

Pelos estudos de KIRCHMAN e WITTER (1989), realizando a adição de capim e com isso aumentando a relação C/N de 18/1 para 36/1 foi observado uma redução de 44 para 8% de nitrogênio. Esse resultado foi atribuído ao reduzido pH da matéria que possuía a maior relação, pois a oxidação incompleta de carboidratos resultaria em uma maior produção de ácidos, o que teria disponibilizado uma menor quantidade de nitrogênio para ser volatilizado, (HAHN, 2004).

4.2 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

A biodigestão anaeróbia é um processo de degradação da matéria orgânica em produtos mais simples, como o gás metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). É realizado por um consórcio de microrganismos na ausência de oxigênio e na ausência de luz, (FORESTI *et al.*, 1999).

O esquema da Figura 12 resume o processo de decomposição durante a biodigestão anaeróbia.

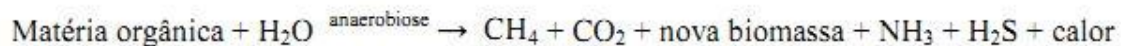


Figura 12 - Processo de biodigestão anaeróbia

Fonte: KELLEHER *et al.* (2002). adaptado

Segundo KELLEHER *et al.* (2002), esse processo é usado em todo o mundo para tratamento de resíduos industriais, agropecuários e municipais.

O gás produzido no processo recebe o nome de biogás. É composto de 60 a 70% de metano, de 30 a 40% de dióxido de carbono e outros gases em concentrações muito baixas, como O₂, N₂, H₂S e outros, (RUIZ *et al.*, 1992, citado por AIRES, 2009). De acordo com AIRES (2009) o biogás produzido pela cama de frango pode atingir concentrações de 70 a 80% de metano. A composição depende da eficiência do processo e sofre influencia de fatores como pressão e temperatura durante a fermentação.

O biogás pode ser utilizado para geração de energia em substituição aos combustíveis fósseis ou simplesmente queimada para a emissão de CO₂. O processo de biodigestão também gera efluente líquido que pode ser utilizado como fertilizante em diversas culturas, (TOLEDO, 1996).

Além da produção do biogás, a biodigestão possui outros pontos positivos, como o isolamento dos resíduos, que possibilita a redução da população de moscas, de parasitas e patógenos ao homem e aos animais, diminuição de maus odores, redução da carga de sólidos, DBO e DQO dos resíduos, (LUCAS JR. e SANTOS, 2000).

A biodigestão anaeróbia pode ser dividida em três fases: hidrólise, acidogênese e metanogênese. Há, também, autores que dividem o processo em quatro fases, adicionando a acetogênese entre as fases acidogênese e metanogênese, (AIRES, 2009, STEIL, 2001). A Figura 13 resume o processo.

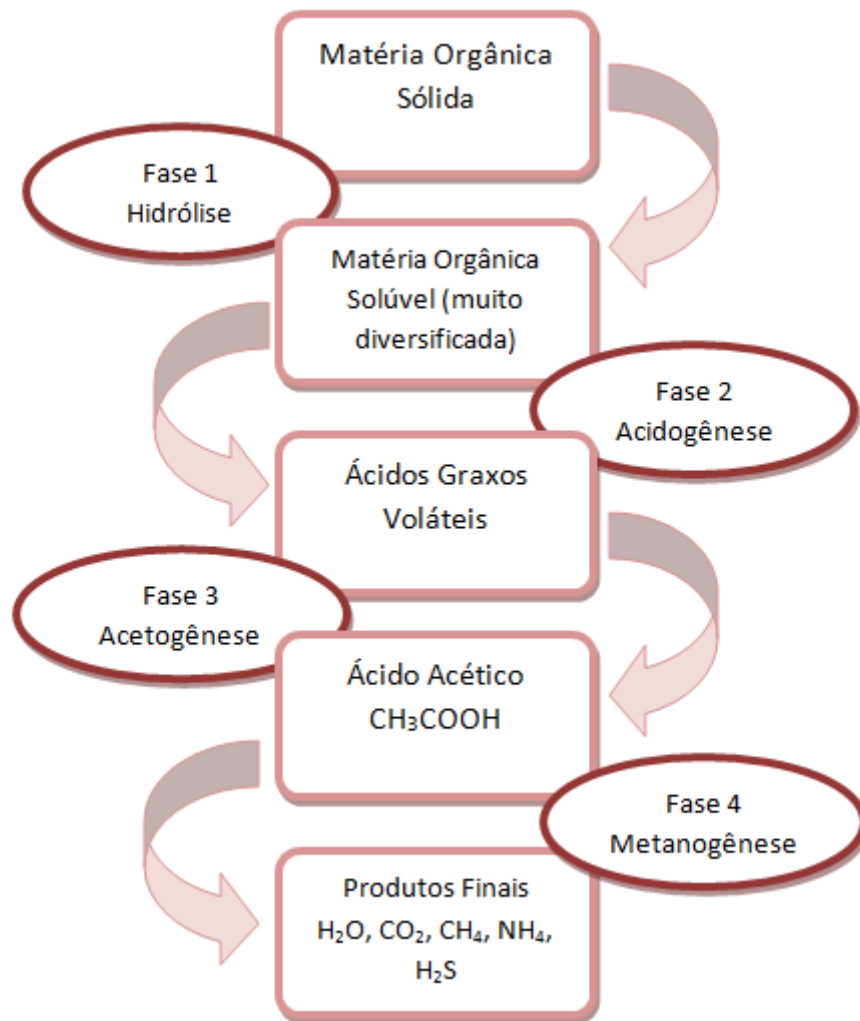


Figura 13 - Fluxograma do processo de decomposição anaeróbia

Fonte: JUNIOR, 2000

Na fase de hidrólise, acontece a degradação de proteínas, carboidratos e lipídeos por enzimas excretadas das bactérias fermentativas que realizam a hidrólise de polímeros, resultando em açúcares, aminoácidos, peptídeos, ácidos graxos, (AIRES, 2009).

Na segunda fase, ou acidogênese, os compostos orgânicos mais simples são convertidos em ácidos graxos voláteis (acético, butírico e propiônico), ácido láctico, compostos minerais, alcoóis, hidrogênio e dióxido de carbono. As bactérias responsáveis pela acidogênese são importantes para remoção do oxigênio dissolvido do material em fermentação, (AIRES, 2009).

Quando a biodigestão é dividida em quatro etapas, na fase da acetogênese (que seria a terceira etapa), os produtos gerados são hidrogênio (H₂), dióxido de carbono (CO₂) e acetato. Com a geração de grande quantidade de hidrogênio, o valor do pH nessa fase diminui, (CHERNICHARO, 1997).

Na etapa de metanogênes, o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono são convertidos em uma mistura de metano e de dióxido de carbono por bactérias metanogênicas. Essas bactérias se dividem em acetoclásticas, as que usam acetato, e hidrogenotróficas, as que usam hidrogênio, (STAMS, 1994 citado por AUGUSTO, 2011).

Outros processos, além dos processos que geram biogás, podem ser desenvolvidos na presença de nitrato e sulfato. A redução de nitrato não tem muita importância, pois o teor é baixo, mas a redução de sulfato é indesejável, já que, em vez do material orgânico ser transformado em metano, será gerado gás sulfídrico. Esse gás tem um odor desagradável, é corrosivo e tóxico para a metanogênese, (FORESTI *et al.*, 1999).

4.2.1 FATORES QUE INFLUENCIAM NA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA

Vários fatores interferem no processo de biodigestão, temperatura, tempo de retenção hidráulica, quantidade de nutrientes são os principais, mas existem outros, como impermeabilidade do ar, pH, presença de substâncias tóxicas, relação C/N e etc, (JUNIOR, 2000)

Temperatura

A temperatura é a que influencia a velocidade do metabolismo bacteriano, no equilíbrio iônico e na solubilidade do substrato. As bactérias responsáveis pela biodigestão, principalmente as formadoras de metano, são muito sensíveis a variações bruscas de temperatura (variações de 3° C já são suficientes para provocar morte de parte das bactérias digestoras). Temperaturas acima de 65° C inativam as enzimas e abaixo de 10° C tem atividade reduzida. A faixa ideal para produção de biogás está entre 30 e 35° C, (JUNIOR, 2000). AUGUSTO (2011) cita que JAMILA (1990) realizou estudos com biodigestão de dejetos de aves com temperaturas entre 20 e 40° C e a produção foi de 0,2 a 0,4 m³/kg de sólidos voláteis.

Nutrientes

A disponibilidade de alguns nutrientes é essencial para o crescimento e atividade microbiana. O carbono, nitrogênio e fósforo são essenciais para todos os processos biológicos. A relação entre carbono e nitrogênio é fundamental para que haja a formação dos ácidos orgânicos, que posteriormente irão ser transformados em biogás. A proporção ideal está entre 20/1 e 30/1. Outros nutrientes, como o cálcio, magnésio, potássio, sódio, zinco, ferro, cobalto, cobre, molibdênio e manganês em fortes concentrações tem o efeito inibidor no processo de fermentação, (JUNIOR, 2000). O Quadro 6 mostra as concentrações de íons e o fator de inibição do processo de fermentação.

Quadro 6 - Concentrações de íons e o fator de inibição do processo de fermentação

Íons	Concentração (mg/L)		
	Estimulante	Inibidores	
		Fraco	Forte
Sódio Na ⁺	100 a 200	3.500 a 5.500	8.000
Potássio K ⁺	200 a 400	2.500 a 4.500	12.000
Cálcio Ca ⁺	100 a 200	2.500 a 4.500	8.000
Magnésio Mg ⁺⁺	75 a 150	1.000 a 1.500	3.000
Nitrogênio NH ₄ ⁺	5 a 200	1.500 a 3.000	3.000
Sulfetos S ⁻	-	Menos de 200	200
Ni ⁺⁺ , Cr ⁶⁺ , Zn ⁺⁺ ,	-	-	100

Fonte: JUNIOR, 2000

Tempo de retenção hidráulica

Esse fator está relacionado com o teor de sólidos totais do material e se refere ao tempo em que uma carga a ser degradada permanece no biodigestor, (AUGUSTO, 2011). Segundo YADVIKA *et al.* (2004), o processo de fermentação ocorre entre 30 e 50 dias de retenção hidráulica.

pH

O valor e a estabilidade do pH no reator são extremamente importantes, pois uma taxa elevada de metanogênese só pode se desenvolver quando o pH se mantiver numa faixa estreita, embora se possa conseguir a formação de metano com pH variando de 6,0 a 8,0. Porém, valores abaixo de 6,0 e acima de 8,3 devem ser evitados, uma vez que podem inibir, por completo, a atividade das bactérias formadoras de metano, (JUNIOR, 2000, YADVIKA *et al.*, 2004)

Concentração de amônia

A presença de amônia em concentrações muito elevadas pode inibir a degradação da matéria orgânica, a produção de ácidos voláteis e a metanogênese, (KRYLOVA *et al.*, 1997 citado por KELLEHER *et al.*, 2002). A diminuição nos níveis de amônia é de extrema importância durante o tratamento anaeróbio de cama de frango, (KELLEHER *et al.*, 2002).

KELLEHER *et al.* (2002) citam que uma solução para minimizar os efeitos da amônia seria diluir o material para 0,5 a 3,0% de sólidos totais, mas esse método em larga escala resultaria numa produção enorme de efluentes e a tornaria inviável.

De acordo com FUKAYAMA (2008), outros fatores que influenciam na biodigestão da cama são: tipo de ração, estação do ano, densidade populacional das aves, tipo de substrato, sistema de ventilação do galpão, nível de reutilização da cama e características das extras das aves. A presença de antibióticos, inseticidas e desinfetantes também podem inibir a atividade microbológica e diminuir a capacidade de produção do biogás.

4.2.2 BIODIGESTORES

O processo de biodigestão anaeróbia acontece dentro de biodigestores, que são câmeras fechadas com a finalidade de proporcionar um ambiente sem a presença de oxigênio e de luz, ideal para ação de microrganismos.

Esses biodigestores possuem diversos modelos e podem ser de abastecimento contínuo ou por batelada. A escolha pelo modelo de digestor se dá pelas características da matéria que abastecerá o sistema e pela frequência de disponibilidade da mesma.

Como estamos tratando de cama de frango, material que possui características bem definidas, como alto teor de sólidos e partículas de maior granulometria, o tipo de biodigestor mais aconselhável é o por batelada, (FUKAYAMA, 2008).

LUCAS JR e SANTOS (2000) sugeriram os biodigestores do tipo batelada (Figura 14), onde a cama é adicionada uma única vez e após o término do processo é esvaziada. O período em que o galpão está ocioso, esperando o próximo lote de pintos, geralmente, tem duração de quinze dias, esse tempo é o necessário para o biodigestor atingir o pico de produção de biogás. Como nas primeiras semanas de criação, o avicultor necessita de energia para o aquecimento dos pintos, o biogás produzido poderia servir de combustível aos aquecedores, o que reduziria os gastos com insumos para esse fim.

Com o término do processo, ou seja, após a conversão da matéria orgânica em biogás ter sido concluída, o material fermentado é retirado do biodigestor sob a forma líquida e rica em nutrientes. Como o C é usado para a produção de CH_4 e CO_2 , o percentual de N é aumentado no efluente.

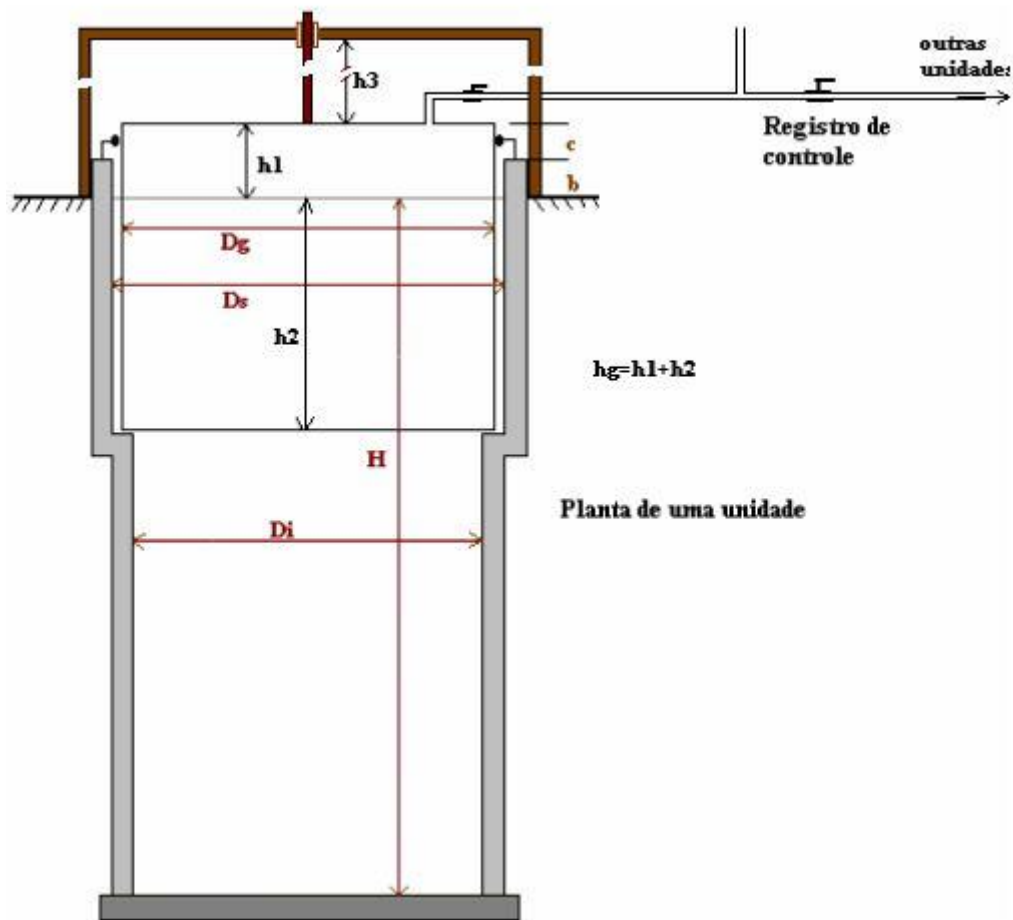


Figura 14 - Corte frontal de um exemplo de biodigestor modelo batelada

Onde,

D_i é o diâmetro interno do biodigestor;

D_s é o diâmetro interno da parede superior;

D_g é o diâmetro do gasômetro

H é a altura do nível do substrato;

h_1 é a altura ociosa do gasômetro;

h_2 é a altura útil do gasômetro;

h_3 é a altura útil para deslocamento do gasômetro;

b é a altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato;

c é a altura do gasômetro acima da parede do biodigestor.

Fonte: DEGANUTTI *et al.* (2002)

4.2.3 CARACTERÍSTICAS DA BIODIGESTÃO DE CAMA DE FRANGO

Mesmo com tantos benefícios, esse processo possui alguns inconvenientes quando utilizado para tratamento de cama de frango, fazendo com que não seja ainda muito aplicada. A dificuldade operacional, tanto antes quanto depois da cama ter passado pela biodigestão anaeróbia, é um dos principais motivos.

Pode existir a necessidade de pré-tratamento da cama antes de ser adicionada ao biodigestor. A moagem é uma forma de tornar o material com granulometria adequada, já que as partículas de maravalha podem ser grandes e dificultar as atividades dos microrganismos, (AIRES, 2009).

Outro exemplo de pré-tratamento citado por AIRES (2009), para melhorar a produção de biogás e diminuir os ST, é o peneiramento em malha para retirar parte do material de difícil degradação, como, por exemplo, quando o substrato usado para compor a cama é a casca de amendoim.

Para formar um material mais homogêneo, a cama ainda deve ser diluída em água, antes de ser levada ao biodigestor. Esse processo de diluição representa grande dificuldade para o avicultor. Após o término da biodigestão, o manejo do efluente líquido também traz dificuldades, possuindo um risco de vazamento e consequente impacto no solo e corpos hídricos.

Existe a opção de realizar a separação das frações sólidas e líquidas da cama após a diluição com o objetivo de destinar a parte sólida à compostagem e a outra aos biodigestores. Outra destinação final à fração sólida é a fabricação de briquetes, que podem ser utilizados em granjas que possuem aquecedores movidos à lenha e possuem 3800 kcal/kg, (AIRES, 2012). Segundo AIRES (2009), o uso dessa configuração proporcionou maior produção de biogás e maior teor de metano, quando comparado ao processo em que não houve a separação das frações.

A adição de um inóculo tem como função acelerar o processo, uma vez que existe a presença de altos teores de celulose e lignina, materiais que possuem degradação lenta. O inóculo pode ser proveniente de várias fontes, como esterco de bovinos, aves ou suínos, por exemplo. É uma maneira de fornecer ao substrato que irá abastecer o

biodigestor, uma população adicional de microrganismos típicos da biodigestão anaeróbia. Além de ser uma forma de utilização de um material que já tenha passado por esse processo, (YADVIKA *et al.*, 2004).

O estudo de STEIL ET al. (2002) citado por FUKAYAMA (2008) realizou testes com dejetos de aves de postura, de suínos e camas de frango de corte com três diferentes níveis de adição de inóculo (sem inóculo, 10 e 20% de inclusão) e observaram que a utilização do inóculo adaptado ao tipo de resíduo favoreceu o processo e melhorou o desempenho dos biodigestores. O inóculo usado nesse estudo foi retirado de biodigestores no momento em que a produção de biogás e o teor de metano eram os valores máximos obtidos.

Como a quantidade de efluente líquido gerada pela biodigestão da cama de frango é alta, é necessário realizar tratamento com o objetivo de facilitar o transporte e armazenamento. Sem o devido tratamento, esse efluente pode sobrecarregar os solos onde são aplicados com compostos orgânicos voláteis, que causam maus odores e problemas nos sistemas de irrigação, (MUKHTAR *et al.*, 2011).

Dentre os tratamentos mais utilizados a esses efluentes estão a remoção de partículas em suspensão, como o peneiramento e a decantação, e a utilização de leitos cultivados. Essa última alternativa de tratamento consiste num sistema para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em algum substrato inerte, como areia, brita ou cascalho, onde ocorre a proliferação de biofilmes, que agregam populações de microrganismos e tratam os efluentes por processos biológicos, físicos e químicos, (SOUSA *et al.*, 2000 citado por AUGUSTO, 2011).

A separação de sólidos do efluente da biodigestão é muito usada na Europa, a fim de reduzir o teor de sólidos. MENARDO *et al.* (2011), citado por AIRES (2012), concluiu que o uso da prensa parafuso no processo de separação, pode recuperar até 73% dos sólidos totais do efluente.

As características do biofertilizante produzido, assim como a do biogás, irão depender dos fatores que influenciam o processo. O experimento de biodigestão da cama de frango utilizando um biodigestor tipo batelada realizados por FUKAYAMA (2008)

gerou um biofertilizante com concentrações de macronutrientes e micronutrientes expressas nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Concentrações de macronutrientes do biofertilizante obtido pela biodigestão da cama de frango, em g/kg de matéria seca

Material	N	P	K	Ca	Mg	Na
	g/kg					
Biofertilizante	47,00	16,20	87,50	9,60	10,90	12,70

Fonte: FUKAYAMA (2008)

Tabela 7 - Concentrações de micronutrientes do biofertilizante obtido pela biodigestão da cama de frango, em g/kg de matéria seca

Material	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Pb	Ni	Cd
	(mg/kg)							
Biofertilizante	929,67	2843,71	437,49	1148,42	0,66	29,97	5,03	1,64

Fonte: FUKAYAMA (2008)

Esse biofertilizante foi aplicado em um cultivo de milho por um ciclo em diferentes doses para teste. Até então, nenhum experimento usando efluente de biodigestão de cama de frango havia sido feito, no Brasil. Para tal, foram utilizados diferentes tratamentos: sem uso de fertilizante; fertilizante mineral em diferentes doses; biofertilizante em diferentes doses; e uma associação do fertilizante mineral com o biofertilizante.

Os resultados encontrados não puderam ser conclusivos, pois não alterou os parâmetros agronômicos e nutricionais do milho nem as características químicas do solo. Possivelmente isso ocorreu devido à qualidade nutricional do solo. Em solos que possui boa disponibilidade de nutrientes, os experimentos devem ser conduzidos por vários ciclos consecutivos a fim de obter algum resultado confiável, (FUKAYAMA, 2008).

4.2.4 ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO DO BIOGÁS

Para estimar a quantidade de biogás que será gerado, deve-se utilizar dados da diluição dos dejetos. O grau de diluição pode ser determinado pela quantidade de sólido totais presentes. Os sólidos voláteis representam de 75 a 80% dos totais e são responsáveis pela produção do biogás, (SCHERER *et al.*, 1996).

BUJOCZEK *et al.* (2000) citado por KELLEHER *et al.* (2002), realizando estudos sobre biodigestão anaeróbia de cama de frango e a eficiência de conversão dessa biomassa para o metano, concluiu que para haver sucesso na biodigestão, a presença era de no máximo 10% de sólidos totais.

ZANETTE *et al.* (2009) citado por AUGUSTO (2011) descreve que quanto maior a quantidade de matéria orgânica maior a quantidade de metano produzido por volume de líquido tratado.

Diversos estudos sobre a biodigestão anaeróbia de cama de frango foram realizados e obtiveram resultados próximos. SANTOS (1997) obteve como resultado a produção de 0,17 a 0,27 m³ de biogás/kg ST. LUCAS JR *et al.* (1993), 0,25 a 0,29 m³ de biogás/kg ST. AIRES (2012) chegou a um resultado de aproximadamente 0,27 m³ de biogás/kg ST, para uma mistura de fração líquida (separada após diluição) adicionada a um inóculo e utilizou uma concentração final de aproximadamente 3% de ST.

LUCAS JR. e SANTOS (2000), concluíram que com a quantidade de cama produzida por cada 1000 aves é possível obter o equivalente a 10 botijões de 13kg de GLP (gás liquefeito pressurizado), que corresponde a cerca de 300 m³ de biogás.

FUKAYAMA (2008) citou a pesquisa realizada por KOSARIC e VELIKONJA (1995), na qual afirmaram que 1 m³ de biogás é capaz de gerar 1,25 kW de eletricidade ou fornecer energia para ligar uma lâmpada de 60 W por cerca de 7 horas. O mesmo 1 m³ também poderia fornecer cocção de três refeições para uma família de quatro pessoas, fornecer energia a um motor de 2 HP por uma hora, ou ainda, funcionar um refrigerador de 300 L por horas.

A codigestão da cama de frango com outros tipos de dejetos pode ter um efeito positivo na produção de biogás. De acordo com MAGBANUA *et al.* (2001), a codigestão de dejetos de suínos com a cama de frango não só foi viável, como também produziu biogás de melhor qualidade, quando comparado ao biogás produzido somente da cama. Um resíduo completou o outro, o suíno responsável pela metanogênese e o avícola pelo substrato adicional. Os problemas que ocorrem na biodigestão da cama, como pH alto ou baixo demais, pode ser resolvido com codigestão de outro material.

Um estudo de viabilidade econômica realizado por AIRES (2012) para granjas de dois e quatro galpões de frango de corte, com produção anual de 500 e 1000 toneladas de cama de frango, concluiu que a aplicação da tecnologia é viável. Os valores do biodigestor e do grupo gerador são responsáveis por quase 50% do valor investimento inicial e o retorno do capital investido na planta em 6,2 e 3,6 anos, respectivamente. Esse estudo considerou que toda energia (térmica e elétrica) consumida na granja poderia ser suprida com o uso da biodigestão e a comercialização do biofertilizante, juntamente com o adubo orgânico (composto produzido pela fração sólida, após separação, e carcaças de aves mortas) faria parte da receita.

De acordo com SANTOS (2001), que realizou um estudo do balanço energético da produção de frango de corte, a eficiência energética é de 28%. Da energia direta (48,8% da energia total) que entra no sistema, 10,2% corresponde ao substrato (maravalha), 86,5% à ração, 0,8 à energia elétrica, 2,1% à energia térmica (GLP) e 0,3 às aves. Já, da energia que sai 46,7% corresponde à cama de frango, 0,7% às aves mortas e 52,5% aos frangos produzidos. Essa energia que sai com cama de frango pode retornar, em parte, ao sistema através do uso do processo de biodigestão.

A utilização da biodigestão anaeróbia pode ser uma maneira de tornar a produção de frango de corte mais sustentável. A produção do biogás e consequente geração de energia (térmica e/ou elétrica) associada à produção de biofertilizante e adubo sólido, ou seja, o retorno dos nutrientes ao solo é um meio de fechar o ciclo.

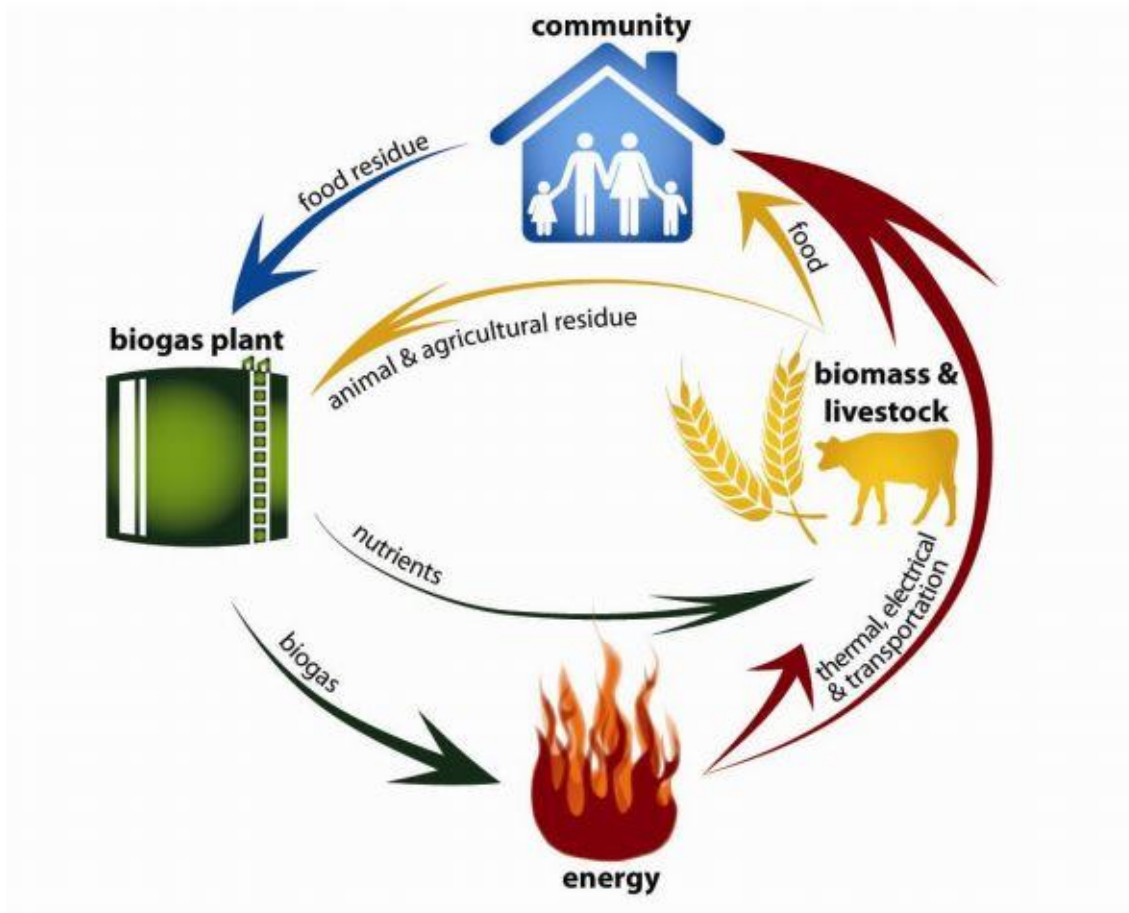


Figura 15 - Esquema da sustentabilidade da biodigestão anaeróbia

Fonte: EC OREGON, 2009

4.2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

As principais vantagens apresentadas com a utilização da biogestão como alternativa de tratamento da cama de frango são:

- produção do biogás, que pode ser usado para geração de energia térmica ou elétrica;
- redução de gastos com combustíveis;
- redução das emissões de amônia;
- produção de biofertilizante;
- processo sem odores;

E as seguintes desvantagens:

- necessidade de grande quantidade de água para diluição da cama, dificultando o manejo do efluente e aumentando o risco de acidente;
- necessidade de tratamento do efluente;
- alto custo de investimento;
- dificuldades no armazenamento do gás.

4.3 COMBUSTÃO DIRETA

A incineração é um método que tem sido utilizado para processar resíduos desde o início do século XVIII. Nas últimas décadas tem sido amplamente utilizada e as novas plantas estão sendo construídas para o aproveitamento energético.

A queima direta ou combustão direta da cama de frango é outra rota a ser considerada, tanto para uso na propriedade na forma de calor ou para geração de energia em grande escala. Os sistemas modernos são de eficiente combustão e é possível realizar o tratamento das emissões geradas, produzindo energia e reduzindo a biomassa a um resíduo inerte com potencial de poluição baixo, (KELLEHER *et al.*, 2002).

A combustão ou oxidação é o processo em que um elemento combustível, no estado líquido, sólido ou gasoso, reage com um oxidante, geralmente o ar (oxigênio). Essa reação libera calor e luz ou simplesmente calor, e pode ter variados compostos, como produto, que são determinados pelas das características do combustível.

O poder calorífico da cama é equivalente à metade do valor do carvão mineral, aproximadamente 13,5 GJ/t, (EDWARDS e DANIEL 1992). A cinza residual do processo de queima retém a maior parte do fósforo, potássio e micronutrientes da cama, que pode ser utilizada como fertilizante, mesmo com as perdas de carbono, nitrogênio e enxofre durante a queima. A mesma é estável, estéril e pode ser transportada mais facilmente que o convencional fertilizante orgânico da cama de frango. Entretanto a aplicação das cinzas no solo deve ser realizada com os mesmos cuidados da aplicação da cama *in natura*, respeitando o balanço nutricional do solo.

A cama de frango possui uma baixa temperatura de fusão de cinzas, o que pode causar problemas quando se utiliza um sistema de combustão em grelha convencional. Os parâmetros como a temperatura da combustão, mistura de ar e teor de umidade devem ser controlados de acordo com as especificações do sistema para a obtenção de uma queima eficiente, (KELLEHER *et al.*, 2002).

Tabela 8 - Comparação dos combustíveis

Combustível	Parâmetros				
	Umidade (%)	Teor de cinzas (%)	Poder calorífico	S (%)	Cl (%)
Cama de aviário	20-60	8-22	2400-4800	0,3-0,7	0,3-0,7
Carvão mineral	10	8	8000-12000	2	-
Lenha	50	0,5	3000-6000	0,02	-

Fonte: FIBROMINN, 2004

Com o processo a concentração de N diminui, que é perdido como NO_x para a atmosfera não representa grandes problemas, (DAGNALL, 1993 citado por KELLEHER *et al.*, 2002). Segundo ARANDA (2001), as emissões de monóxido de carbono (CO) e óxidos nitrosos (NO_x) são pequenas quando comparadas às emissões dos veículos automotivos.

Os incineradores podem ser classificados pelo tipo de sistema usado, pela natureza dos resíduos que serão queimados e sua capacidade. Todavia, o tipo mais utilizado para combustão de resíduos é o *mass burn* – incinerador de larga escala com câmara de estágio único, onde ocorre a combustão ou oxidação completa, capacidade entre 10 e 50 toneladas/hora. Esse tipo de incinerador é capaz de queimar o material desejado no estado em que se encontra.

Outros tipos de incineradores são usados para combustão que envolva pequenos volumes, entre 1 e 2 toneladas/hora. Incinerador de leito fluidizado, de câmeras fixas múltiplas, de forno rotativo e de injeção líquida ou gasosa são exemplos de incineradores.

Esse tipo de tratamento gera bastante desconfiança à comunidade e aos ambientalistas, que realizam campanhas contra a instalação dessas plantas. Porém, a incineração pode

ser realizada sem prejuízos ao meio ambiente, desde que as plantas destinadas a tal sejam operadas por equipes treinadas e qualificadas, possuam equipamentos eficazes no controle das emissões, bem como, destinação adequada dos resíduos gerados.

4.3.1 USINAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA COMBUSTÃO DIRETA DA CAMA DE FRANGO NO MUNDO

Existem quatro instalações de plantas que geram energia através da queima de cama de frango estão em operação no Reino Unido (três) e Estados Unidos da América (uma).

Em 1992, surgiu, com sucesso, a primeira planta que transformava os dejetos de frango em energia do mundo, o projeto foi realizado por Fibropower Limited em Eye, Suffolk, Reino Unido (Figura 16), (KELLEHER, 2002). A planta tem capacidade de geração de 12,7 MW, que é destinada á rede local a uma tensão de 33 kV. A energia gerada é suficiente para fornecer eletricidade à 29000 lares, (FIBROPOWER, 2013).

Posteriormente, a companhia irmã, Fibrowatt, construiu outras plantas com capacidade de gerar 13,5 MW em Glanford e de 38,5 MW em Thetford, ambas no Reino Unido. As usinas de Eye e Glanford desenvolveram expertise e experiência da Fibrowatt no uso da cama de frango como combustível. Porém, o teor de umidade do resíduo fornecido a Eye era mais elevado do que o esperado, resultando em problemas. Assim, novas tecnologias foram usadas no incinerador de Glanford, que utiliza farinha de carne e osso juntamente com a cama.

A usina que opera nos EUA, mais especificamente em Benson, Minnesota, região que produz mais de 2 milhões de toneladas de cama de aves todos os anos. A planta utiliza 700.000 toneladas de cama de peru por ano e gera 55MW de energia elétrica, (CONTOURGLOBAL, 2013).

Eye está situada em um dos maiores centros de produção de frango. A planta consome mais de 150.000 toneladas de cama de frango por ano, o bastante para preencher 25 campos de futebol á uma altura de 1,8 m.

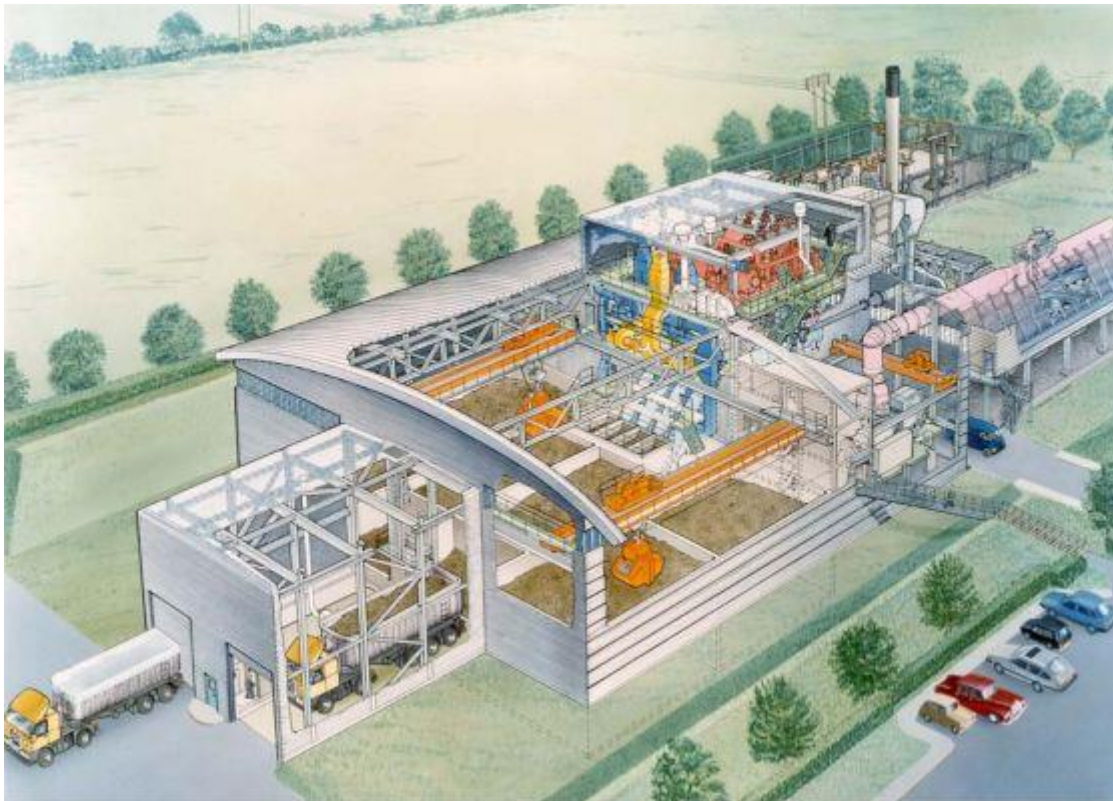


Figura 16 - Esquema da Usina Fibropower, Eye, Suffolk

Fonte: FIBROPOWER, 2013

Os resíduos chegam às estações transportados por caminhões e são armazenados. A geração de maus odores da instalação de armazenamento é minimizada pelo uso da pressão negativa. A caldeira é alimentada através de um sistema de grelhas móveis, que garante um tempo de 2 segundos a 850° C, o que elimina os agentes patogênicos e impede a emissão de mau cheiro. Esse sistema é alimentado por dois guindastes que misturam o resíduo antes de ser transportado por quatro elevadores. O combustível é então transferido à caldeira pelo sistema de grelhas móveis. (FIBROWATT, 2013).

A usina de Eye utiliza grelhas móveis, o que significa que o resíduo é queimado no chão da caldeira. O arranjo usado em Thetford é ainda mais eficaz, e está presente em quase todas as instalações de conversão de biomassa que não utiliza a tecnologia de leito fluidizado.

O incinerador da Fibrogen (nome da usina de Galndford), construído pela empresa Detroit Stocker Company (Figura 17), funciona da seguinte maneira: o resíduo entra

pelo dispositivo de alimentação e é soprado para dentro da caldeira a fim de garantir que a maior parte da cama é queimada no ar.

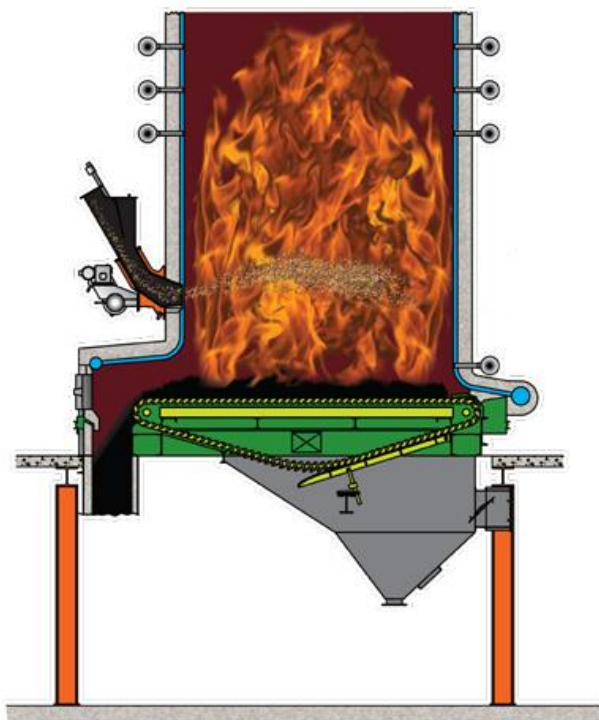


Figura 17 - Incinerador Stocker Company

Fonte: Detroit Stocker Company, 2013

A presença de aparas de madeira ou palhas na cama de frango melhora o processo de combustão. Outro ponto positivo é a presença considerável de cálcio, que possui um efeito de autolimpeza, reduzindo a necessidade de introdução de outras fontes do mineral como agente de limpeza das emissões gasosas.

Após a combustão, as emissões são destinadas a um tratamento. O material particulado é controlado por um precipitador eletrostático ou por um separador ciclônico em séries. Como as concentrações de S e Cl são baixas, as duas primeiras usinas da Fibrowatt não possui equipamento para controlar as emissões de SO_2 e HCl. Mas, por precaução a usina de Thetford adiciona cal entre o ciclone e o filtro de ar a fim de minimizar essas emissões. Uma vez adicionada, a cal modifica as cinzas, criando uma nova dimensão à sua utilização como fertilizante. O vapor gerado alimenta as turbinas que transformam energia mecânica em energia elétrica.

Com o tempo de residência de 2 s a uma temperatura acima de 850° C, a formação de dioxinas (substâncias carcinogênicas) é reduzida. Pequenas quantidades de cloro estão presentes no gás de combustão, mas os processos completos para geração de furanos, dioxinas e polímeros de cadeia longa não ocorrem.

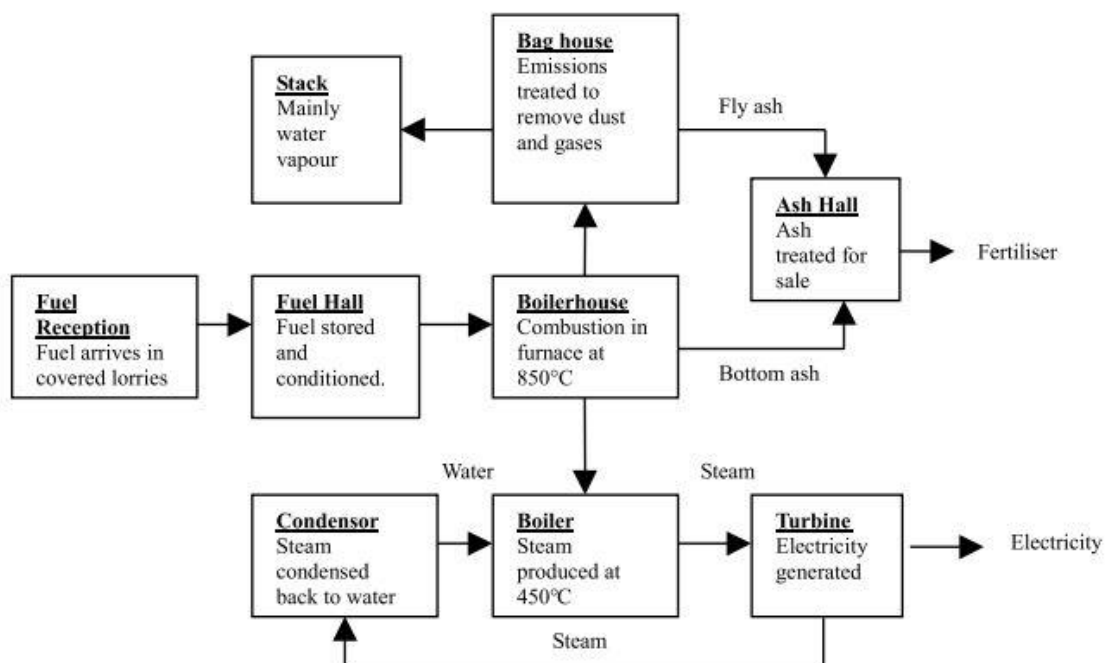


Figura 18 - Fluxograma das etapas de produção de energia pela combustão direta da cama de frango

Fonte: FIBROWATT, 2013

As experiências na Europa indicam que a planta não gera odores, com emissões mínimas de gases a grandes alturas. Esta tecnologia reduz o volume do resíduo em mais de 80%, elimina completamente o carbono e grande parte do nitrogênio contido na cama, e adicionalmente entrega um resíduo de cinzas com alto conteúdo de fósforo e minerais traças que pode ser utilizado na adubação, (OVIDO-RONDÓN, 2008).

A Environment Agency (Secretaria de Estado do Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido) permite o acesso às informações de poluição por cada empresa. Realizando a consulta das três plantas para o ano de 2012, foi verificado que somente a situada em Eye ultrapassou os limites aceitáveis dos parâmetros de emissões gasosas e em apenas uma categoria. Emitiu 5,1 mg de dioxinas e furanos (substâncias carcinogênicas), (ENVIRONMENT AGENCY, 2014).

4.3.2 COMBUSTÃO EM LEITO FLUIDIZADO

Um método alternativo de combustão direta é a combustão em leito fluidizado, que podem ser de três tipos: borbulhantes, turbulento ou circulante. Todos os tipos consistem em um leito de areia, alumina, carbonato de cálcio ou outro material semelhante dentro uma câmara revestida de refratários, através do qual o ar da combustão primária é soprado por baixo. O reator de leito fluidizado (Figura 19) facilita a dispersão do combustível de entrada, onde é rapidamente aquecido até a temperatura de ignição, e proporciona um tempo de permanência suficiente para a combustão completa. Leitões fluidizados são compactos e possuem altas taxas de armazenamento e de transferência de calor e, assim, permite uma ignição mais rápida de fontes combustíveis de baixo poder calorífico. Devido à alta taxa de transferência de calor, os leitões fluidizados são excelentes na recuperação de calor.

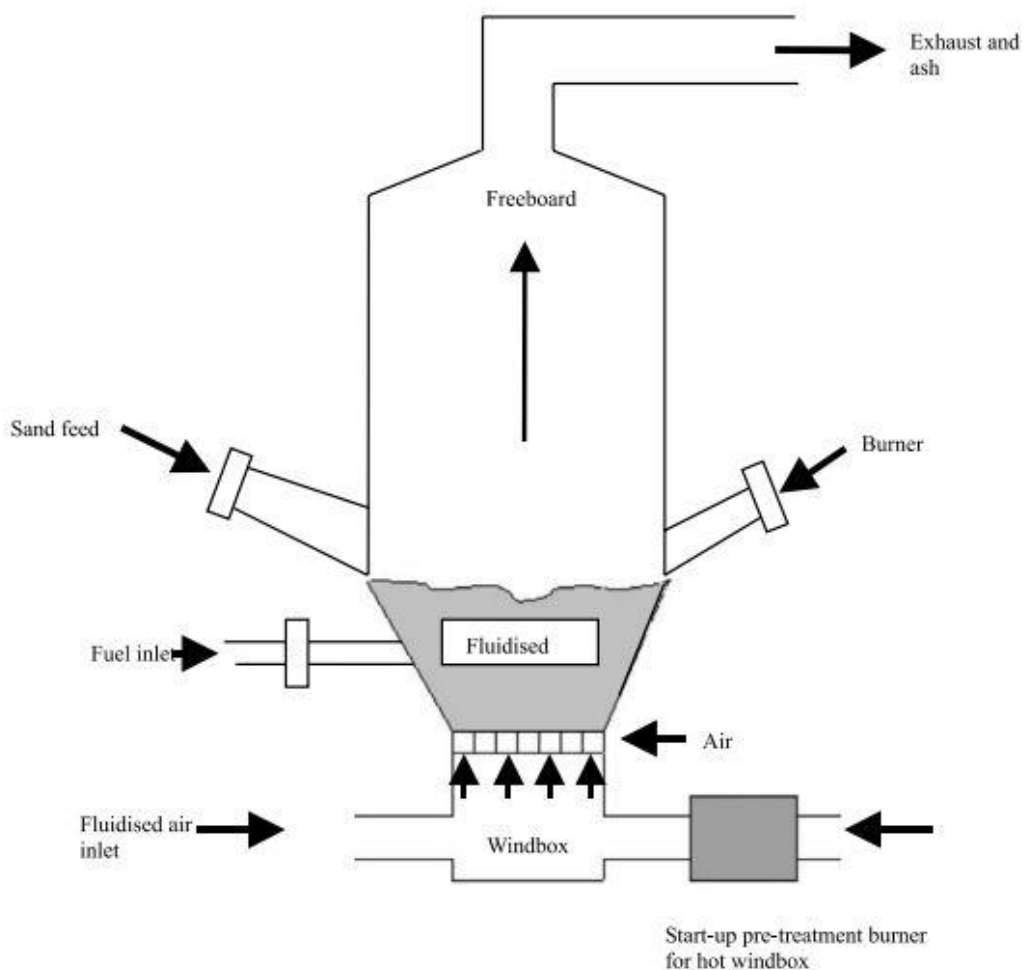


Figura 19 - Incinerador de leito fluidizado

Fonte: KELLEHER *et al.*, 2002

KEHELLER *et al.* (2002) citou o experimento realizado por ANNAMALAI *et al.* (1985), que investigou a combustão da cama de frango em um reator de leito fluidizado e concluiu os seguintes fatos:

- Uma fluidização quase perfeita foi alcançada;
- O dejetto poderia ser inflamado a 580° C aproximadamente. Porém, o sistema de alimentação obteve complicações devido ao alto teor de umidade. Então foi realizado um processo de secagem antes da combustão até um teor de 11% de umidade.
- Taxas de alimentação abaixo de 2g/s foi necessário o uso de aquecedores para manter a temperatura desejada
- A eficiência de oxidação aumentou quando o excesso de ar variou de 20 para 10%. Acima de 10% de excesso de ar, a eficiência diminuiu. A concentração de monóxido de carbono (CO) não variou com o excesso de ar acima de 10%.
- A concentração de dióxido de carbono (CO₂) e a eficiência da oxidação aumentaram quando a temperatura do leito variou 615 para 650° C, e acima de 650° C, a concentração de CO₂ estabilizou.
- Se o nível de CO estava dentro do aceitável, então 10% de excesso de ar e uma temperatura de aproximadamente 650° C proporcionou condições perfeitas para a combustão da cama de frango.

Altas concentrações de K foram encontradas nas cinzas, testes de lixiviação foram realizados para verificar se as mesmas poderiam ser utilizadas sem problemas na agricultura. Os resultados mostraram pouca tendência à lixiviação.

Os estudos realizados mostraram que a cama pode ser destinada a combustão direta utilizando a tecnologia de leito fluidizado. O teor de umidade é um ponto importante na eficiência do processo. Melhorias no manejo nutricional podem ser uma abordagem válida quando se trata do teor de umidade da cama. Estudos realizados por SVIHUS *et al.* (1995), citado por KELLEHER *et al.* (2002), apontaram que o teor de umidade aumenta quando a cevada é incluída nas rações das aves na Noruega.

SONDREAL *et al.* (2001) concluíram que a escolha do combustível e da tecnologia de geração de energia das novas usinas, incluindo a combustão de biomassa, é influenciada por uma combinação de fatores inter-relacionados que incluem: futuras políticas governamentais sobre a reestruturação dos serviços públicos e incentivos ambientais, como taxas sobre as emissões de carbono; fatores econômicos, tais como a proximidade da(s) fonte(s) de combustível, disponibilidade de energia elétrica, investimento de capital da planta, estabilidade e custo do combustível; e tecnologia existente, incluindo controle dos impactos ambientais, tanto na geração de energia quanto aos riscos e benefícios envolvidos na sua implementação.

4.3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

As instalações que utilizam sistemas de combustão com grelhas móveis, como as da Fibrowatt no Reino Unido têm demonstrado viabilidade tecnológica do processo e apontam uma boa destinação final à cama de frango. Já, a tecnologia que utiliza leito fluidizado pode ser usada para soluções mais locais, perto de onde a cama é produzida, podendo ser misturada ou não com outros resíduos domésticos ou industriais, a fim de gerar calor e/ou energia.

A combustão direta da cama de frango traz as seguintes vantagens:

- economicamente viável em larga escala;
- redução do volume em mais de 80%;
- a cinza pode ser usada como fertilizante;
- baixa emissão de GEE's;
- a presença de N amoniacal pode reduzir a emissão de NO_x e produzir N₂ e água;
- possui menos S que os combustíveis fósseis, logo a emissão de SO₂ é baixa, principalmente quando se utiliza calcário no processo;
- a cinza não possui N;
- destrói os microrganismos que poderiam contaminar a água.

E tais desvantagens:

- necessidade de água limpa;
- logística de transporte da cama de frango até as usinas de incineração;
- a cama de frango possui umidade elevada, o que pode atrapalhar o processo;
- a composição da cama varia de acordo com a granja;
- necessidade de controle das emissões;
- plantas energéticas possuem alto custo de investimento.

4.4 PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL

O Brasil produziu cerca de 81 milhões de toneladas de soja e 80 milhões de toneladas de milho na safra de 2013, colocando-o como o segundo maior produtor de soja do mundo e terceiro produtor de milho (IBGE-SIDRA, 2014).

Para alcançar os melhores rendimentos de produtividade nessas culturas, o setor agrícola consome uma grande quantidade de fertilizantes para controlar as propriedades nutritivas do solo, e assim fornecer a quantidade adequada de nutrientes para cada cultura.

O Brasil é o quarto maior consumidor mundial de fertilizantes. Em 2010, importou 62,05% de todo o fertilizante usado na agricultura nacional. Essa importação representa valores próximos a 6 bilhões de dólares. Um dos principais fertilizantes é o cloreto de potássio (KCl), cuja importação chegou a 90%. Neste ano, os principais fornecedores de cloreto de potássio foram Rússia, Bielorrússia, Canadá, Alemanha e Israel (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2011). O mapa da Figura 20 mostra as origens das importações de Potássio para o Brasil.



Figura 20 - Origens das importações brasileiras de K

Fonte: IFA, 2008

Buscando alternativas inovadoras para a produção de fertilizantes, pesquisadores da Embrapa em parceria com Universidade de Rio Verde desenvolveram um fertilizante organomineral granulado à base de cama de frango. Recebe esse nome por possuir uma fonte orgânica complementada por uma fonte mineral de nutriente, que irá enriquecer e balancear os teores nutricionais do produto. A alternativa de fertilizante organomineral vem se mostrando tecnicamente viável em substituição aos adubos minerais, importados.

Além de reduzir o potencial de poluição do resíduo, estudos preliminares na EMBRAPA Solos, mostram que os fertilizantes organominerais podem contribuir para a melhoria gradativa das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos e para o aumento da produtividade das lavouras. Além disso, especificamente para este tipo de organomineral, a aplicação é facilitada por sua forma granulada, podendo-se usar o mesmo maquinário utilizado para a plantação.

A primeira planta que irá produzir esse fertilizante organomineral iniciará suas atividades no ano de 2014 na cidade de Goiorê, Paraná. Para aumentar a eficácia do potencial nutricional da cama de frango e criar um produto que seja de fácil aplicação, o

processo de produção se inicia com a moagem da cama *in natura*. Após a moagem, é adicionada a fonte mineral, para tal, se usa o MAP - fosfato monoamônico, fertilizante NP rico, com 48% a 55% de P₂O₅ e 9% a 12% de N. O processo tem seu fim com a granulação da mistura. Os teores de cama e de MAP utilizados na fabricação serão de acordo com a cultura em que o organomineral será aplicado.

A qualidade de aplicação do produto é muito superior a da cama *in natura*. Como a concentração de nutrientes do organomineral é maior, a quantidade de produto que será aplicado é muito reduzida. Segundo o pesquisador Vinícius Benites, se antes, era necessária a aplicação de 2 ou 3 toneladas/ha da cama *in natura*, com o fertilizante organomineral a quantidade pode cair para 100 a 300 kg/ha, (GR, 2013).

Os resultados obtidos em testes no campo em são promissores. Os ganhos de produtividade foram entre 10 a 15% quando comparado ao fertilizante mineral com os mesmo teores de fósforo. Isso foi possível devido à presença da matéria orgânica, que promove benefícios sobre o ambiente de dissolução do fertilizante, aumentando a disponibilidade de P para as planta. É comum ocorrer a perda de P para o solo, uma vez que os solos tropicais, ricos em óxidos, fixam o nutriente, tornando-o indisponível aos vegetais, (GR, 2013).

Outra vantagem é o fato das granjas se localizarem próximas as grandes propriedades de produção de grãos, que favorece o estabelecimento de empresas regionais de produção de fertilizantes organomienrais e facilita a logística. A produção desse fertilizante é uma forma de diminuir a dependência da importação dos fertilizantes minerais. A aceitação dos organominerais entre os agricultores vem aumentando e o mercado nacional desse tipo de fertilizante cresceu cerca de 10% a ano na última década. Porém de 2010 para 2011, houve uma expansão de 20%. Espera-se um crescimento ainda maior para os próximos anos, (BENITES, 2010).

4.4.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS

As vantagens em se obter um fertilizante organomineral à base de cama de frango são:

- fonte alternativa de recursos para produção de fertilizantes;
- diminuir a dependência da importação do fertilizante mineral;

- produto que apresenta ganhos na produtividade e na eficiência, além de menor custo, quando comparado com o fertilizante mineral;
- menor potencial de causar impactos ambientais, quando comparado ao fertilizante mineral;
- produto pode ser aplicado com o mesmo maquinário usado para fertilizantes minerais;
- por possuir fração orgânica, traz melhorias na qualidade do solo como: maior aeração, maior capacidade de infiltração (reduz a erosão), aumento da capacidade de troca iônica, aumento do número organismos desejáveis, controle da temperatura e dos níveis de acidez do solo, dentre outros.

As desvantagens desse processo são:

- alto custo de investimento para as instalações fabris;
- logística de transporte da cama de frango até as fábricas do organomineral.

5 CONCLUSÃO

Como conclusão para o presente trabalho, segue abaixo um quadro com as alternativas de disposição final para a cama de frango com suas principais vantagens e desvantagens.

Tabela 9 - Vantagens e desvantagens das alternativas de disposição final

Alternativas de Disposição Final	Vantagens	Desvantagens
Compostagem	<ul style="list-style-type: none"> ● processo de tecnologia simples ● eliminação de patógenos ● baixo custo ● processo ambientalmente seguro ● diminuição de peso e volume na ordem de 20 a 40% ● redução e estabilização da matéria orgânica ● o composto produzido traz melhorias na qualidade do solo, como maior aeração, maior capacidade de infiltração (reduz a erosão), aumento da capacidade de troca iônica, aumento do número de organismos desejáveis, controle da temperatura e da acidez do solo ● rastreabilidade do composto 	<ul style="list-style-type: none"> ● perda de nitrogênio durante o processo, diminui o valor nutricional do composto ● pode haver necessidade de utilização de equipamentos como, por exemplo, trituradores, aeradores ou máquinas, o que elevariam os custos ● exigência de monitoramento ● maior necessidade de mão de obra ● maior necessidade de terreno, quando comparada a outros processos
Biodigestão Anaeróbia	<ul style="list-style-type: none"> ● produção de biogás, que pode ser usado para geração de energia térmica ou elétrica ● redução de gastos com combustíveis ● redução das emissões de amônia ● produção de biofertilizante ● processo sem odores 	<ul style="list-style-type: none"> ● necessidade de grande quantidade de água para diluição da cama, dificultando o manejo do efluente e aumentando o risco de acidentes ● necessidade de tratamento do efluente ● alto custo de investimento ● dificuldades no armazenamento do biogás

Alternativas de Disposição Final	Vantagens	Desvantagens
Combustão Direta	<ul style="list-style-type: none"> ●economicamente viável em larga escala ●redução do volume em mais de 80% ●cinza pode ser utilizada como fertilizante ●baixa emissão de GEE's ●destruição dos microrganismos 	<ul style="list-style-type: none"> ●necessidade de água limpa ●a cama possui alto teor de umidade, que pode atrapalhar o processo ●a composição da cama varia de acordo com a granja ●necessidade de controle das emissões ●logística de transporte da cama de frango até as usinas incineradoras ●plantas energéticas possuem alto custo de investimento
Produção de Fertilizante Organomineral	<ul style="list-style-type: none"> ●fonte alternativa de recursos para produção de fertilizantes ●produto apresenta ganhos na produtividade e na eficiência, além de menor custo, quando comparado com o fertilizante mineral ●menor potencial de causar impactos ambientais em relação ao fertilizante mineral ●o produto pode ser aplicado com o mesmo maquinário usado para fertilizantes minerais ●por possuir fração orgânica, traz melhorias na qualidade do solo, como maior aeração, maior capacidade de infiltração (reduz a erosão), aumento da capacidade de troca iônica, aumento do número de organismos desejáveis, controle da temperatura e da acidez do solo 	<ul style="list-style-type: none"> ●alto custo de investimento para as instalações fabris ●logística de transporte da cama de frango até as fábricas do organomineral

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi apresentado, pode-se perceber que a avicultura de corte é uma atividade potencialmente poluidora e ações devem ser feitas a fim de minimizar seus impactos ambientais.

Existem diversas maneiras de realizar um destino adequado aos resíduos da avicultura. Cada granja deve utilizar a tecnologia que mais se adapta a sua realidade. Segundo SEIFFERT (2000) deve ser realizado um plano de manejo de resíduos, que é comumente constituído por cinco itens, a saber: zoneamento das instalações, manejo do esterco, manejo das aves mortas, emprego do esterco na fertilização do solo e controle de vetores.

Em vez de ser tratada como problema, a cama de frango pode e deve ser uma fonte de energia e de nutrientes. A fim de buscar esse objetivo, surgem alguns fatores limitantes para as tomadas de decisões em relação à escolha das alternativas de disposição final do resíduo. Custos do combustível, eficiência, custos de capital, meio ambiente e políticas regulamentadoras são exemplos desses fatores.

Uma vez realizado o planejamento de manejo de resíduos, resta apenas a fiscalização dos órgãos responsáveis, que devem cumprir seu papel. Com o funcionamento correto dos mesmos, os produtores sentem-se pressionados a buscarem soluções mais adequadas à disposição final desse resíduo.

Pesquisas que têm como objetivo estudar formas alternativas de utilização da cama de frango para geração de energia e para alimentação de ruminantes, por exemplo, devem receber mais atenção. Assim como novas alternativas de reutilização do resíduo. Entretanto, muitas dúvidas em relação à viabilidade e eficiência das alternativas ainda existem.

Um fato que deve ser revisto para que haja um melhor controle do destino final da cama de frango é sobre a responsabilidade pela mesma. Atualmente, o resíduo é de total responsabilidade dos integrados, que, geralmente, possuem poucos recursos. Talvez

uma transferência da responsabilidade ou de parte dela para as empresas integradoras poderia resultar em um melhor manejo do resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, A. M. Biodigestão anaeróbia da cama de frangos de corte com ou sem separação das frações sólida e líquida. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

AIRES, A. M. Desenvolvimento de um sistema para o pré-processamento da cama de frangos de corte destinada a biodigestão anaeróbia e compostagem “in-vessel”. 2012 143 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP 2012.

ALVES, W.L. Compostagem e vermicompostagem no tratamento de lixo urbano. Jaboticabal: Funep, 1996.

ANGELO, J. C.; GONZALES, E.; KONGO, N.; ANZAI, N. H.; CABRAL, M. M. C. Material de cama: qualidade, quantidade e efeito sobre o desempenho de frango de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 121-130, 1997.

ANTOS, T.M.B. Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte. Jaboticabal, 1997, 95p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

ARANDA, D. A. G. (2001). A incineração controlada de resíduos sólidos. status mundial. Rio de Janeiro, Brasil, Mimeo.

AUGUSTO, K. V. Z. Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos da produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia. 2007. 131f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

AUGUSTO, K. V. Z. Tratamento e reuso do efluente de biodigestores no processo de biodigestão anaeróbia da cama de frango. 2011 72p. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP. 2011.

ÁVILA, V. S. de; KUNZ, A.; BELLAVER, C.; PAIVA, D. P. de; JAENISCH, F. R.; MAZZUCO, H.; TREVISOL, I.M.; PALHARES, J. C. P.; ABREU, P. G. de, ROSA, P. S. Boas práticas de produção de frangos de corte. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 28p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 51).

ÁVILA, V. S. de; MAZZUCO, H; FIGUEIREDO, E. A. P. de. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1992. 38p. (Circular Técnica, 16)

BELLAVER, C e PALHARES, C. P. Uma visão sustentável sobre a utilização da cama de aviário. *Avicultura Industrial*, n.06, p.14-18, 2003

BENITES, V.M.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas; XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas; XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo; VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo. Guarapari – ES, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2010.

BROADLEY, M.R.; WHITE, P.J.; HAMMOND, J.P.; ZELKO, I.; LUX, A. Zinc in plants. *New Phytologist* v.173, n.4, p.677-702, 2007.

BURTON, C. H.; TURNER, C. *Manure Management – Treatment strategies for sustainable agriculture*. 2nd edition 2003. 451p.

CARVALHO, E. R. et al. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. *Rev. Ciênc. Agron., Fortaleza*, v. 42, n. 4, Dez. 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902011000400015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 28 Jan. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000400015>.

CASTRO JUNIOR, W. L. ASTUTI, E.L., BOTELHO FILHO, F.B. “Preço e Custo na avicultura integrada do Distrito Federal – estudo de caso. In. XLI Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Juiz de Fora – MG, 2003.

CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/fontes.htm>>. Acesso em: 20 Jan. 2014.

CEZAR, V.R.S. Efeito da biodigestão anaeróbia sobre a solubilização e a eficiência agrônômica de diferentes fontes de fósforo. (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001. 91p.

CHERNICHARO, C. A. DE L., Reatores anaeróbios. Princípios do tratamento Biológico de águas residuárias. DESA/UFMG. Belo Horizonte – MG, v.5, 1997.

CONCEIÇÃO, P. S. Avaliação da tratabilidade da cama de frango por processos anaeróbios de compostagem visando sua reutilização. Universidade de Viçosa. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2012.

CONTOUGLOBAL. Disponível em: <<http://www.contourglobal.com/portfolio/?id=14>>. Acesso em Dez. 2013.

COPACOL - COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL CONSOLATA - Manual da avicultura. Cafelândia, 2012. 130 p

COTTA, T. Produção de carne de frangos. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 198p.

CQFS RS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

DEGANUTTI, R., PALHACI, M. C. J. P., ROSSI, M. et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=pt&nrm=abn>. Acesso em: 10 Nov. 2013.

DIAS, J. C. Raízes da Fertilidade. 1ª ed. São Paulo: Calandra Editorial, 2005. 129p.

EC OREGON. Dairy Manure Anaerobic Digester Feasibility Study Report. 2009 Oregon. Disponível em: <<http://www.oregon.gov/energy/RENEW/docs/CREFF/VolbedaFeasibilityStudy.pdf>>. Acesso em 15 Fev. 2014.

EDWARDS, D. R. e DANIEL, T. C. Environmental impacts of on-farm poultry waste disposal — A review. *Bioresource Technology*, v.41, p.9-33, 1992.

ENVIRONMENT AGENCY. Poluição causada pela planta da empresa Fibropower no ano de 2012. Disponível em: <http://maps.environment-agency.gov.uk/wiyby/queryController?topic=pollution&ep=2ndtierquery&lang=_e&layerGroups=1&x=613250.0&y=275450.0&extraClause=AUTHORISATION_ID~%27BP3635LA%27&extraClause=YEAR~2012&textonly=off&latestValue=&latestField=>> . Acesso em: 10 Fev. 2014

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. da. MANUAL PRÁTICO PARA A COMPOSTAGEM DE BÍOSSÓLIDOS. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. UEL - Universidade Estadual de Londrina, 1999.

FERREIRA, C. H. Sistema de Integração de Aves Como Modelo de Produção Para Acesso de Pequenos E Médios Produtores. VII Seminário de Aves e Suínos – AveSui Regiões 2007, III Seminário de Aquicultura, Maricultura e Pesca Conjuntural 10, 11 e 12 de abril de 2007 – Belo Horizonte, MG.

FIBROMINN, Poultry Litter as a Renewable Resource. Minnesota 2004. Disponível em: <http://www.firt.org/resources/papers-and-presentations?field_papers_year_tid=5>. Acesso em Jan. 2014.

FIBROPOWER, Disponível em: <<http://www1e.btwebworld.com/fibrowatt/UK-Eye/index.html>>. Acesso em 03 Dez. 2013

FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Cap. 2, p. 29-52.

FUKAYAMA, E. H. Características quantitativas e qualitativas da cama de aviário sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. 2008. 99 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP

GOLUEKE, C. G.; DIAZ, L. F. Inoculums and enzymes. In: The biocycle guide to the art & science of composting. Emmaus: J. G. Press, 1991.

GR – Globo Rural. Entrevista com Vinicius Benites, D.Sc. - Matéria: Tecnologia faz aumentar a eficácia do uso da cama de frango na adubação. Exibida em 07 Abr. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2013/04/tecnologia-faz-aumentar-eficacia-do-uso-da-cama-de-frango-na-adubacao.html>>. Acesso em 15 Jan. 2014.

HAHN, L. Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas. Dissertação de Mestrado. 131p. 2004. Curso de Pós-graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 2004.

HEIDEMANN, B. R. et al. Compostagem acelerada: análise microbiológica do composto. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 8, p. 42 – 46, 2007.

IBGE-SIDRA, Banco de dados agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 Jan. 2014.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2009. 156p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

JUNIOR, A.B.C. Simulação do comportamento de um resíduo modelo em aterro sanitário e estudo da evolução bio-físico-química/ INSA de Lyon- France,2000.

KELLEHER, B P., LEAHY, J. J., HENIHAN, A. M, O'DWYER, T. F., SUTTON, D., LEAHY, M. J. Advances in poultry litter disposal technology – a review. *Bioresource Technology*, v. 83, p. 27-36, 2002.

KIEHL, E. J. *Fertilizantes Orgânicos*/Edmar José Kiehl. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985, 492p.

KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2002. 171p.

KIEHL, E. J. *Novo fertilizantes orgânicos*. Piracicaba, 2010. 248p

LACEY, R.E.; REDWINE, J.S.; PARNELL, C.B. Jr. Particulate matter and ammonia emission factors for tunnel-ventilated broiler production houses in the Southern U.S. *Transactions ASAE* v.46, p.1203-1214, 2003.

LUCAS JR., J.; ORTOLANI, A.F.; BENINCASA, M.; YMADA, R.Y. Avaliação do uso de inóculo no desempenho de biodigestores abastecidos com estrume de frangos de corte com cama de maravalha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXII, Anais... Ilhéus: SBEA, CEPLAC, 1993 p.915-30.

LUCAS JR., J.; SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia, SC. Anais... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 27-43.

MAGBANUA, B.S., ADAMS, T.T., JOHNSTON, P., 2001. *Bioresour. Technol.* 76, 165–168. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852400000870>>

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

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acessado em 10 Jan. 2014

MARTLAND, M. F. Ulcerative dermatitis in broiler chickens. The effects of wet litter. *Avian Pathology*, Abingdon, UK, v.14, p. 353-364, 1985.

MINISTÉRIO DA FAZENDA Secretaria de Acompanhamento Econômico – SEAE – Panorama do mercado de fertilizantes , p.8-33, Maio 2011.

MS – Ministério da Saúde – Portaria MS 2.914/2011. Disponível em: http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf. Acesso em 02 Fev. 2014.

MUKHTAR, S.; KALBASI A.; AHMED A. Carcass Disposal: A Comprehensive Review. National Agricultural Biosecurity Center Consortium, USDA APHIS Cooperative Agreement Project, Carcass Disposal Working Group, Kansas State University. Kansas, 2004.

NASCIMENTO, G. A. Z. Gestão de resíduos em propriedade rural: utilização de resíduos avícolas para a produção de energia e biofertilizante. 2011. 113f. Dissertação de Mestrado – Programa de pós-graduação em Processos Químicos – Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2011.

NEME, R.; SAKOMURA, N.K.; OLIVEIRA, M.D.S. de. Efeito da adição do gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação do nitrogênio e desempenho de frangos de corte. *Ciênc. Rural*, v.30, p.687-692, 2000.

NOGUEIRA, A. C. L. Custos de transação e arranjos institucionais alternativos: uma análise da avicultura de corte no estado de São Paulo. 2003. São Paulo. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://pensa.org.br/wp-content/uploads/2011/10/Custos_de_transacao_e_arranjos_institucionais_alternativos_uma_analise_da_avicultura_de_corte_no_Estado_SP_2003.pdf>. Acesso em 14 Jan. 2014.

OLIVEIRA, D. M. N. S.; ROCHA, J. H. M. V. A Avicultura de Corte na Região de Feira e Santana e as Alternativas para a Organização da Produção. *Diálogos & Ciência – Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana*. Ano I, n. 2, abr. 2003.

OLIVEIRA, E. C. A. de, SARTORI, R. H., GARCEZ, T. B. Compostagem. Embrapa, Piracicaba – São Paulo. 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf>. Acesso em 14 Dez. 2013.

OLIVEIRA, M.V.A.M. Recursos Hídricos e a Produção Animal – Legislação e Aspectos Gerais. In: Anais eletrônico. Simpósio Produção Animal e Recursos Hídricos, 8 e 9 de julho de 2010 – Concórdia, SC – Brasil. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_e1u76v6p.pdf> Acesso em 20 Nov. 2013.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.3, Junho 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162010000300017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 Nov. 2013.

ORTOLANI, E. L.; BRITO, L. A. B. Enfermidades Causadas pelo Uso Inadequado de “Cama-de-Frango” na Alimentação de Ruminantes. Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária. – Suplemento Técnico, n.22, 2001.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. DVM, PhD. Dipl. ACPV. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia. vol.37 no.spe Viçosa Julho 2008

PALHARES, J. C. P. Impacto Ambiental da Produção de Frangos de Corte – Revisão do cenário brasileiro. Documento 149 Embrapa, Dez 2011. Manejo Ambiental na Avicultura.

PEIXOTO, R.T.G. dos. Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo. Londrina. IAPAR: 1988. 48p. (IAPAR. Circular, 57).

PEREIRA NETO, J. T. On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting: a low cost technology approach. Tese (Doutorado) University of Leeds, Leeds, 1987.

PIF PAF – História da Empresa. Disponível em: <<http://www.pifpaf.com.br/interna.php?n1=empresa&n2=historia>>. Acesso em 10 Jan. 2014.

PLANALTO – Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2009. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em 13 Jan.2014.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. v.1. 496 p.

SANTOS, T. M. B. dos. Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte. 2001. 179p.. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Jaboticabal.

SANTOS, T. M. B., LUCAS JR., J. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. In: ZOOTECA'2003; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECA, 5.; CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECA, 13, 2003, Uberaba-MG, Brasil, 131-141.

SANTOS, T. M. B.; LUCAS JUNIOR, J. Balanço energético em galpão de frangos de corte. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 1, Apr. 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162004000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 22 Nov. 2013.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante. Florianópolis: EPAGRI, 1996, 46p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 79).

SEIFFERT, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola. Concórdia, SC., Brasil. pp. 1-20, 12 Abril, 2000.

SILVA, C.A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. Porto Alegre, 2008. p.597-624.

SIMS J.T.; WOLF, D.C. Poultry waste management: agricultural and environmental issues. *Adv. Agron.* 52:1-83, 1994.

SISLEGIS - Sistema de Consulta à Legislação. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em 10 Dez. 2013.

SONDREAL, E. A., BENSON, S. A. *et al.* (2001). "Review of advances in combustion technology and biomass cofiring." *Fuel Processing Technology* 71 (1-3): 7-38.

SOUZA, M. C. M. de, CERDAN, C.. 2012. "Sinais distintivos de origem e qualidade para produção de aves Caipira no Brasil e na França: os casos da indicação geográfica, do label rouge e da certificação orgânica" *Informações econômicas*, SP, v. 42, n. 2, mar./abr. 2012

STEIL, L. Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos. 2001. 109f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

TERZICH, M.; POPE, M.J.; CHERRY, T.E.; HOLLINGER, J. Survey of pathogens in poultry litter in the United States. *Journal of Applied Poultry Research* v.9, n.2, p.287-291, 2000

TIBAGI - SISTEMAS AMBIENTAIS. COMPOSTAGEM ACELERADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS Sistema Kneer. 2013. Disponível em: <http://tibiambiental.com.br/wp-content/uploads/2013/02/folder_kneer.pdf>. Acesso em 17 Nov. 2013.

TOLEDO, A. A. G. F.; LUCAS JR., J. Produção de biogás a partir de águas residuárias de pocilgas utilizando reatores UASB sob quatro tempos de retenção hidráulica. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v.12, n.12, p.49-55, 1996.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Eds) Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.69-106, 2000.

UBABEF – União Brasileira de Avicultura. Relatório anual 2013. Disponível em <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>> Acessado em 18 Out. 2013.

USEPA – United States Environmental Protection Agency - Final Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria For Ammonia-Freshwater 2013. Disponível em: <<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-08-22/html/2013-20307.htm>> Acesso em 15 Mar. 2014.

VALADÃO, F. C. A., MAAS, K. D. B., WEBER, O. L. S., VALADÃO, D. D. J., SILVA, T. J. Variação nos Atributos do Solo em Sistemas de Manejo com Adição de Cama de Frango. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 35, núm. 6, 2011, pp. 2073-2082, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Brasil.

VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. Archivos de Zootecnia, Córdoba, v. 58, n. 1, p. 9-85, abr. 2009.

VITORINO, K. M. N.; PEREIRA NETO, J. T. Estudo da compostabilidade dos resíduos da agricultura sucroalcooleira. In: Conferência Sobre Agricultura e Meio Ambiente, 1992, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV-NEPEMA, 1994. 12p.

WALTER, L. Manejo da cama de frangos de corte e aspectos microbiológicos no ambiente de produção. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE COCCIDIOSE E QUALIDADE INTESTINAL, 2000, Campinas, SP. Anais... Campinas: COCCIFORUM, 2000. 129p. p.44-54.

WILLIAMS, C.M.; BARKER, J.C.; SIMS, J.T. Management and utilization of poultry wastes. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology v.162, p.105-157, 1999.

YADVIKA; SANTOSH; SREEKRISHNAN, T.R.; SANGEETA, K.; VINEET R. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques – a review. *Bioresource Technology*, v.95, p.1-10, 2004.

ZANATTA, J.A. 2009, Emissão de óxido nitroso afetada por sistemas de manejo do solo e fontes de nitrogênio. Porto Alegre, 2009. 79f – Tese Doutorado – Programa de pós-graduação em ciência do solo. Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANEXO – VISITA À GRANJA EM SÃO MIGUEL DO ANTA, MG

As visitas realizadas a duas granjas localizadas no município de São Miguel do Anta, MG no dia 17 de janeiro de 2014 tiveram como objetivos analisar como os aviários integrados funcionam e adquirir uma aproximação com o tema estudado. Para isso, foi realizada uma entrevista com os responsáveis pelas granjas, onde foi possível coletar dados e ter acesso a algumas planilhas de controle interno.

As granjas visitadas são integradas da empresa Pif Paf, que possui diversos integrados na região. A empresa é uma das dez maiores do setor de processamento de aves, (PIF PAF, 2014).

Como são integradas da mesma empresa, não possuíam muitas diferenças quanto ao manejo. Cada granja possuía um aviário com capacidade de alojamento de até 20.000 aves, que contavam com comedouros e bebedouros manuais (Figura 26), ou seja, o granjeiro fazia o abastecimento. Além desses equipamentos, possuíam ventiladores, aquecedores (Figura 25) movidos à lenha e cortinas para controlar o ambiente interno do galpão.

A ração usada é fabricada em Rio Branco e transportada por caminhão até as granjas, onde são armazenadas em silos (Figura 23). Toda a ração que entra e a que sobra, assim como os outros insumos usados são contabilizados. Os antibióticos e vacinas são aplicados na água de beber pelo granjeiro. Ambas usam palhada de café (Figura 27) como substrato para a cama por possuir boa disponibilidade na região e baixo custo. A reutilização da cama era de até 5 lotes consecutivos. Cada lote tem duração média entre 45 e 47 dias e o tempo em que o galpão fica ocioso dura cerca de 15 dias. Os lotes são compostos de aves do mesmo sexo ou mistos. Antes da chegada do novo lote um técnico faz a inspeção da cama e quando necessária, deve ser feita a troca integral ou de parte dela. É realizada a aplicação de produto para tratamento da cama e arrumada em montes para fermentação. O recolhimento das aves mortas é feito diariamente, o número da mortalidade é anotado para controle (Figura 22). As aves mortas são destinadas a uma composteira construída de alvenaria (Figura 30) e realizam a compostagem durante 60 dias. Após o processo de compostagem o composto é ensacado (Figura 28) e aplicado no solo quando necessário. Se qualquer adversidade ocorrer durante a criação, o granjeiro entra em contato com os técnicos da empresa.

O pagamento é feito por cabeça de ave e o valor (Figura 21) varia de acordo com o rendimento. A taxa de mortalidade pode chegar a até 6%, mas geralmente, é de 3,5%. A conversão alimentar é de aproximadamente 1,90 e o peso médio das aves de 2,48kg. A Figura 21 mostra o ranking das granjas integradas.

A diferença entre as duas granjas é o destino final dado à cama após os 5 lotes. A primeira granja comercializa a cama com agricultores locais, uma vez que não possui nenhuma plantação nem terreno disponível para compostagem. O outro criador usa a cama *in natura* para enriquecer o solo da sua plantação de café (Figura 29). A aplicação é realizada uma vez ao ano sempre em época de chuva. O mesmo afirmou que as folhas ficam mais verdes e fortes após a aplicação da cama.

Com as visitas foi possível verificar como funcionam essas granjas e qual destinação dada à cama por cada uma delas. Seguem abaixo algumas fotografias tiradas durante a visita.

REGIÃO: CARLOS MAGNO - 5ª RODADA - 2012											
FEMEAS	INTEGRADOS	SAÍDA	MORT	Nº AVES	IDADE	SOBRA	P.MÉDIO	CONV	GPD	PAGTº.INT.	FEP
COBB	FRANCISCO EVANGELIST	17.10.2012	3,61	29.446	46	1.960	2,591	1,83	55,50	0,5182	293,13
COBB	FRANCISCO DE ASSIS L	10.10.2012	1,95	14.962	43	3.999	2,388	1,84	54,65	0,4561	291,22
COBB	EUEDES MARCIO DE OLIV	19.10.2012	3,36	18.652	44	0	2,477	1,85	55,43	0,4533	289,71
COBB	MARIA JOSE HORTA QUE	20.10.2012	2,75	16.863	45	500	2,522	1,85	55,20	0,4640	289,70
COBB	GERALDO LOPES VALENT	09.10.2012	2,14	17.428	45	0	2,534	1,88	55,47	0,4561	288,28
COBB	JOSE SANTANA GOMES D	16.10.2012	3,52	17.458	47	1.435	2,706	1,90	56,77	0,4573	288,12
COBB	JULIAN CESAR DO NASC	04.10.2012	3,24	19.720	47	545	2,686	1,90	56,34	0,4539	287,07
COBB	CARLOS ANTONIO LOPES	15.10.2012	2,51	18.376	46	325	2,559	1,86	54,80	0,4606	286,61
COBB	PEDRO DIAS FILHO	06.10.2012	2,31	28.541	45	520	2,556	1,90	55,44	0,4447	285,65
COBB	FRANCISCO LELIS SANT	18.10.2012	2,04	27.723	44	926	2,394	1,84	53,55	0,4549	284,79
COBB	MARCO AURELIO RODRIG	03.10.2012	2,45	19.891	46	2.510	2,546	1,88	54,52	0,4532	283,50
COBB	NIVALDO FONSECA DE P	06.10.2012	2,96	18.084	45	5.351	2,413	1,81	52,78	0,4561	283,28
COBB	OSMAR FERRAZ SARAIVA	04.10.2012	2,62	16.808	44	5.150	2,434	1,87	54,45	0,4430	283,24
COBB	JADIR LOPES MILAGRES	16.10.2012	5,17	28.924	46	1.474	2,533	1,83	54,24	0,4889	280,61
ROSS	EDUARDO ANTONIO LELI	11.10.2012	2,22	18.579	44	1.812	2,340	1,83	52,32	0,4446	278,94
COBB	PEDRO LOPES VALENTIM	10.10.2012	1,60	15.616	43	1.381	2,272	1,84	51,95	0,4317	277,82
COBB	JADIR LOPES MILAGRES	16.10.2012	3,92	17.601	48	1.686	2,694	1,92	55,33	0,4364	277,60
GOBB	CARLOS ROBERTO LOPES	15.10.2012	2,43	29.758	47	1.350	2,535	1,88	53,13	0,4436	276,18
COBB	ILDA VILMA MACHADO	09.10.2012	2,53	20.810	45	1.470	2,448	1,90	53,56	0,4333	275,49
DIVS	NIVALDO MENDES BITEN	19.10.2012	1,73	34.964	45	288	2,408	1,92	52,67	0,4190	270,00
COBB	DIOSETE ADALBERTO MO	20.10.2012	3,65	16.808	45	4.200	2,370	1,85	51,82	0,4242	269,74
COBB	PAULINO LOPES FIALHO	05.10.2012	2,62	12.747	44	7.100	2,394	1,89	52,18	0,4155	268,99
COBB	PAULO CESAR PEREIRA	19.10.2012	3,30	8.171	44	6.090	2,305	1,87	51,52	0,4149	266,42
COBB	JOSE RODRIGUES MILAG	02.10.2012	4,19	25.830	46	479	2,491	1,93	53,33	0,3961	264,47
COBB	SEBASTIAO HILARIO BI	06.10.2012	4,84	17.166	45	8.510	2,323	1,91	50,78	0,3601	252,47
ROSS	GILBERTO MARTINS TEI	17.10.2012	2,50	18.623	47	3.200	2,471	2,08	51,77	0,3509	249,26
ROSS	ERIGENIO MOREIRA SDA	05.10.2012	4,09	17.551	45	1.900	2,289	2,08	50,02	0,2907	236,79
	GERAL FEMEAS		2,98	547.300	45,22	64.301	2,478	1,88	53,96	0,4386	278,47
MACHOS	INTEGRADOS	SAÍDA	MORT	Nº AVES	IDADE	SOBRA	P.MÉDIO	CONV	GPD	PAGTº.INT.	FEP
COBB	GERALDO ANTONIO BITE	15.10.2012	5,06	12.779	45	2.134	3,162	1,76	70,08	0,5586	378,09
COBB	APARECIDA RITA DE CA	10.10.2012	5,81	16.952	44	1.074	3,085	1,75	69,25	0,5430	373,30
COBB	OMAR FERREIRA BITTEN	03.10.2012	5,88	14.636	46	97	3,086	1,78	70,65	0,5458	372,94
COBB	MALIRO MAGALHÃES HEINR	18.10.2012	6,57	15.768	44	5.665	3,002	1,69	67,34	0,5432	370,47

Figura 21 - Ranking dos integrados após o término do lote



Figura 26 – Bebedouros e comedouros



Figura 27 – Cama de palhada de café



Figura 25 – Aquecedor e ventilador



Figura 24 – Interior da granja



Figura 23 – Silo de armazenamento

MORTALIDADE

Sáb	Dom	SEG	TER	QUA	QUIA	SEN
09	10	08	09	08	10	04
05	08	06	06	07	08	

80 de 14300

Figura 22 – Planilha de mortalidade das aves



Figura 30 – Composteira de aves mortas



Figura 29 – Cama aplicada diretamente no solo



Figura 28 – Composto pronto e ensacado