

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG**

TAINARA BRUNA MONTAGNA

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE TÉCNICAS PARA DISPOSIÇÃO E
TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS E DE AVES EM ESTABELECIMENTOS
RURAIIS FAMILIARES**

Francisco Beltrão - PR

2017

TAINARA BRUNA MONTAGNA

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE TÉCNICAS PARA DISPOSIÇÃO E
TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS E DE AVES EM
ESTABELECIMENTOS RURAIS FAMILIARES**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, área de Dinâmica, Utilização e Preservação do Meio Ambiente, como requisito para a obtenção do título de mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Zanetti Pessôa Candiotto

Francisco Beltrão - PR

2017

Catálogo na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas - UNIOESTE – Campus Francisco Beltrão

Montagna, Tainara Bruna
M758L Levantamento e análise de técnicas para disposição e tratamento de dejetos de suínos e de aves em estabelecimentos rurais familiares. / Tainara Bruna Montagna. – Francisco Beltrão, 2017.

157 f.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Zanetti Pessôa Candiotto.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Francisco Beltrão, 2017.

1. Suíno - Esterco. 2. Ave - Criação. 3. Resíduos como fertilizante. I. Candiotto, Luciano Zanetti Pessôa. III. Título.

CDD – 628.7466

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS – CCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – MESTRADO/DOCTORADO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE TÉCNICAS PARA DISPOSIÇÃO E
TRATAMENTOS DE DEJETOS DE SUÍNOS E DE AVES EM
ESTABELECIMENTOS RURAIS FAMILIARES

Autora: Tainara Bruna Montagna

Orientador: Prof. Dr. Luciano Zanetti Pessoa Candiotto

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação defendida por Tainara Bruna Montagna e aprovada pela comissão julgadora.

Data: 23 / 02 / 2017

Tainara Montagna
Tainara Bruna Montagna

Comissão Julgadora:

Luciano Zanetti
Prof. Dr. Luciano Zanetti Pessoa Candiotto (UNIOESTE – F.B)

Rosana Biral Leme
Profa. Dra. Rosana Cristina Biral Leme (UNIOESTE – F.B)

Elisete Guimarães
Profa. Dra. Elisete Guimarães (UTFPR/ Francisco Beltrão)

Francisco Beltrão - PR
2017

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos pilares da minha vida meus pais: Edegar e Ronilse e minha irmã Suéllen.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me deu forças, esperança, e oportunidades na vida, principalmente por ter colocado pessoas tão especiais no meu caminho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luciano Zanetti Pêsoa Candiotto por todo conhecimento transmitido e paciência na elaboração deste trabalho, além de sua dedicação e competência. Obrigada pela confiança depositada em mim.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pelo apoio recebido e ao Programa de Pós Graduação em Geografia pela oportunidade deste estudo.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Geografia aos conhecimentos repassados e pelo indispensável auxílio quando eu precisei.

A todos os meus amigos, familiares, irmã, primos, tios. Não citarei nomes, para não me esquecer de ninguém. Mas há aquelas pessoas especiais que diretamente me incentivaram. À minha avó Maria (*in memorian*), amor incondicional e eterno... Que falta você me faz!

Por fim agradeço aos meus pais Edegar e Ronilse e a minha irmã Suéllen. Deixei vocês por último, porque sempre deixo o melhor para o final, e vocês são o melhor da minha vida. Obrigada a vocês pelo apoio incondicional ao longo deste processo de dissertação e de muitos outros. Obrigada por acreditarem em mim, mesmo quando eu não acreditava. Obrigada pelo amor e cumplicidade e por estarem ao meu lado sempre. Vocês são minha fortaleza.

“Às vezes nossa vida é abençoada por pessoas tão especiais, que nos tornamos mais felizes só porque um dia tivemos a chance de conhecê-las... Algumas pessoas a gente conhece, outras, Deus nos apresenta.”

Com vocês meus queridos, divido a alegria desta experiência.

Obrigada a todos!

EPÍGRAFE

“É preciso força para sonhar e perceber que a estrada vai além do que se vê.”

(Los Hermanos)

RESUMO

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE TÉCNICAS PARA DISPOSIÇÃO E TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS E DE AVES EM ESTABELECIMENTOS RURAIS FAMILIARES

Nas últimas décadas, a agropecuária brasileira tem passado por grandes mudanças no que se refere aos sistemas, tipo e escala de produção, predominando a produção vertical em grande escala. Esse crescimento tem sido alvo de preocupação, principalmente, no que se refere às questões ambientais, pois quando esses sistemas de produção são mal projetados ou mal conduzidos, geram grandes quantidades de resíduos, que pela falta de controle, muitas vezes, são lançados em corpos hídricos ou aplicados como fertilizantes agrícolas em grandes quantidades, podendo poluir águas superficiais e subterrâneas. O correto manejo dos dejetos de suínos e de resíduos de avicultura é um grande desafio que as regiões de produção intensiva de suínos e aves terão que enfrentar nos próximos anos, em função dos problemas de poluição das águas, dos custos de armazenamento, tratamento e, aproveitamento dos dejetos como adubo orgânico na agricultura. A proposta deste trabalho é de apresentar a caracterização e os principais impactos no meio ambiente, bem como algumas técnicas de tratamento, destinação e reaproveitamentos dos dejetos de suínos e aves em estabelecimentos rurais que trabalham com uma pequena escala produtiva de produção. Tal levantamento se deu a partir da análise bibliográfica de artigos, cartilhas, dissertações, teses, livros, além de leis e decretos específicos sobre o tema. É possível concluir que, para a avicultura, a cama sobreposta tem se apresentado como melhor alternativa para o armazenamento, desde que devidamente tratada. Já para a suinocultura, as esterqueiras tem sido amplamente utilizadas, porém faz-se necessário um monitoramento destes resíduos com o intuito de evitar transbordamentos para solos e corpos hídricos. Em termos de técnicas de tratamento, destacam-se a compostagem e o uso de biogás para os dois tipos de dejetos analisados. No caso dos dejetos de suínos, as lagoas de estabilização também são fundamentais, em virtude destes resíduos serem pouco sólidos. Existem outras técnicas de tratamento mais avançadas, porém como o foco da dissertação esteve em pequenos plantéis, procurou-se analisar a relação custo-benefício das técnicas levantadas.

Palavras-chave: Dejetos animais; suinocultura; avicultura; disposição; tratamento; reaproveitamento.

ABSTRACT

SURVEY AND ANALYSIS OF TECHNIQUES FOR THE DISPOSITION AND TREATMENT OF DRAINS OF SWINE AND BIRDS IN FAMILY RURAL ESTABLISHMENTS

In the last decades, the Brazilian farming industry has undergone great changes regarding the systems, type and scale of production, predominantly large-scale vertical production. This growth has been a matter of concern, especially when it comes to environmental issues, because when these production systems are poorly designed or poorly conducted, they generate large amounts of waste, which due to lack of control are often released into water bodies or applied as agricultural fertilizers in large quantities and can pollute surface and groundwater. The correct management of pig and poultry waste is a major challenge that the regions of intensive production of pigs and poultry will have to face in the coming years, due to problems of water pollution, storage costs, treatment and utilization of manure as organic fertilizer in agriculture. The purpose of this work is to present the characterization and main impacts on the environment, as well as some techniques for treatment, disposal and reuse of pig and poultry waste in rural establishments that work with a small production scale. This survey was based on the bibliographical analysis of articles, booklets, dissertations, theses, books, besides specific laws and decrees on the subject. It is possible to conclude that, for poultry farming, deep bedding has been presented as the best alternative for storage, provided that it is properly treated. For pig farming, waste ponds have been widely used, but it is necessary to monitor these residues in order to avoid overflows to soils and water bodies. In terms of treatment techniques, it is highlighted the composting and the use of biogas for the two types of wastes analyzed. In the case of swine manure, stabilization ponds are also fundamental, because these residues are not very solid. There are other more advanced treatment techniques, but as the focus of the dissertation was on small plants, it was sought to analyze the cost-benefit of the techniques raised.

Keywords: animal waste; pig farming; poultry farming; disposition; treatment; reusing.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação ambiental de infecções transmitidas por dejetos	26
Quadro 2: Resíduos e subprodutos resultantes das etapas do processamento avícola.....	42
Quadro 3: Licenciamento ambiental de acordo com o porte do empreendimento.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cama de aviário.....	62
Figura 2: Compostagem de cama de aviário.....	69
Figura 3: Baia de compostagem de mortalidade.....	72
Figura 4: Representação tridimensional em corte dos biodigestores indiano e chinês.....	76
Figura 5: Biodigestor modelo “indiano” (representação esquemática).....	76
Figura 6: Esquema representativo do modelo de biodigestor de lona.....	77
Figura 7: Biodigestor e tanque de coleta e armazenagem dos dejetos estabilizados.....	78
Figura 8: Esterqueiras construídas com lona de PVC ao lado de granja de suínos.....	92
Figura 9: Corte esquemático de uma esterqueira para estocagem de dejetos.....	93
Figura 10: Esterqueira para armazenagem de dejetos líquidos de suinocultura.....	94
Figura 11: Criação de suínos em cama sobreposta.....	95
Figura 12: Representação de dimensionamento para cama sobreposta.....	96
Figura 13: Planta baixa da edificação para a produção de suínos em cama sobreposta com capacidade para 25 animais, nas fases de crescimento e terminação.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrão microbiológico da água para consumo humano	32
Tabela 2: Concentração de gases oriundos dos resíduos avícolas e suas concentrações na saúde humana.	36
Tabela 3: Exportação de carne de frango in natura por Unidades da Federação – Brasil – 3 ^{os} trimestres de 2014 e 2015.	39
Tabela 4: Quantidade de dejetos líquidos de suínos produzidos por uma criação de 44 matrizes em ciclo completo, de acordo com a composição do rebanho.	46
Tabela 5: Teores assimilados dos nutrientes absorvidos nos suínos submetidos a rações comumente comercializados.	48
Tabela 6: Empreendimentos passíveis de licenciamento ambiental simplificado.	53
Tabela 7: Definição do porte de empreendimento	59
Tabela 8: Parâmetros de qualidade da água monitorados em estabelecimentos avícolas.	63
Tabela 9: Padrões de lançamentos de efluentes e valores máximos permitidos.	65
Tabela 10: Sistema 1 – Produção de Leitões.	83
Tabela 11: Sistema 2 – Ciclo Completo	83
Tabela 12: Sistema 3 – Terminação	84
Tabela 13: Sistema 1 – Produção de Leitões.	84
Tabela 14: Sistema 2 – Ciclo Completo	84
Tabela 15: Sistema 3 – Terminação	84
Tabela 16: Exigência de água dos suínos – Ciclo de produção.	85
Tabela 17: Parâmetros de dejetos líquidos de suíno em relação as suas características físico-químicas.	86
Tabela 18: Composição química média dos dejetos de suínos observada por diferentes autores.	86
Tabela 19: Carga poluidora orgânica dos suínos.	88
Tabela 20: Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos	88
Tabela 21: Custos de implantação de esterqueiras para dejetos suínos.	93
Tabela 22: Dimensões e relação entre a profundidade e inclinação do talude recomendadas para as esterqueiras e lagoas de acordo com a capacidade de estocagem.	94
Tabela 23: Valores máximos admissíveis de metais pesados.	97
Tabela 24: Interpretação geral dos resultados de análise do solo para o RS e SC	98
Tabela 25: Interpretação dos resultados da determinação do fósforo “extraível” do solo	98

Tabela 26: Limites de interpretação de teores de fósforo em solos	99
Tabela 27: Estimativa de produção de biogás por quantidade de biomassa.....	107
Tabela 28: Produção de biogás a partir de resíduos da suinocultura.....	107
Tabela 29: Produção de biogás utilizando dejetos de suíno.....	108
Tabela 30: Custo médio de biogás produzido x Função de investimento necessário	109
Tabela 31: Viabilidade econômica de um sistema biointegrado para geração de energia elétrica a partir do aproveitamento de dejetos suínos.....	109
Tabela 32: Produção de dejetos por categoria.....	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ranking e a variação anual do abate de suínos entre 3 ^{os} trimestres de 2014/2015.	40
Gráfico 2: Distribuição da produção nacional de suínos em 2011.....	45
Gráfico 3: Ranking e a variação anual do abate de suínos entre 3 ^{os} trimestres de 2014/2015.	46

LISTA DE ABREVIACOES

APP	Áreas de Preservação Permanente
CAPES	Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior
CFC	Cloro-Flúor-Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DFIP	Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários
DLAE	Declaração de Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Ambientais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAS	Licna Ambiental Simplificada
LI	Licna de Instalação
LO	Licna de Operação
LP	Licna Prévia
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MO	Matéria Orgânica
N	Nitrogênio
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OD	Oxigênio Dissolvido
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
PNHR	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente

PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PPM	Partes por Milhão
PVC	Policloreto de Vinila
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
TIR	Taxa Interna de Retorno
UBA	União Brasileira de Avicultura
VLP	Valor Presente Líquido

Sumário

LISTA DE QUADROS.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE GRÁFICOS	14
LISTA DE ABREVIACÕES	15
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVOS	20
1.1.1 Objetivo Geral	20
1.1.2 Objetivos Específicos	21
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
3 DEJETOS DE SUÍNOS E AVES E MEIO AMBIENTE.....	24
3.1 A Problemática socioambiental dos Dejetos de Suínos e Aves	24
3.2 Avicultura: Caracterização e Impactos.....	38
3.3 Suinocultura: Caracterização e Impactos	44
<i>3.3.1 Problemas vinculados ao manejo de dejetos gerados na produção confinada</i>	<i>48</i>
3.4 Aspectos Gerais do Processo de Licenciamento Ambiental	51
3.5 Legislação para a Destinação, Tratamento e Reaproveitamento de Dejetos Suínos e de Aves 57	
<i>3.5.1 Localização de Atividades Pecuárias.....</i>	<i>57</i>
4 AVICULTURA	59
4.1 Definição do porte e caracterização dos empreendimentos da avicultura.....	59
4.3 Disposição e armazenamento de dejetos.....	60
<i>4.3.1 Cama sobreposta</i>	<i>60</i>
4.4 Parâmetros dos dejetos brutos para lançamento ou disposição.....	63
4.5 Tratamento dos dejetos.....	66
<i>4.5.1 Compostagem</i>	<i>67</i>
<i>4.5.2 Biogás 72</i>	
4.6 Utilização dos dejetos de aviários.....	80
4.7 Análise dos métodos, técnicas e sugestões para estabelecimentos de pequeno porte .	81
5 SUINOCULTURA.....	83
5.1 Definição do porte e caracterização dos empreendimentos da suinocultura	83

5.3 Disposição e armazenamento de dejetos.....	89
5.3.1 <i>Armazenagem de dejetos na forma líquida</i>	90
5.3.2 <i>Armazenagem de dejetos na forma sólida.....</i>	94
5.5 Tratamento dos dejetos	99
5.5.1 <i>Compostagem</i>	100
5.5.2 <i>Lagoas de Estabilização.....</i>	103
5.5.3 <i>Biogás</i>	105
5.6 Utilização dos dejetos	110
5.6.1 <i>Para fins agrícolas</i>	110
5.6.2 <i>Uso de dejetos na alimentação animal.....</i>	113
5.7 Análise dos métodos, técnicas e sugestões para estabelecimentos de pequeno porte	114
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	136
ANEXO I.....	137
ANEXO II.....	144

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, embora a atividade agropecuária apresente um intenso dinamismo na economia, sendo a base de sustentação econômica do país, ela vem gerando diversos danos ao meio ambiente. Entre eles, está a problemática relacionada à disposição dos dejetos produzidos por animais, como bovinos, suínos, aves, entre outros.

Com o aumento da quantidade de animais criados, o volume de dejetos gerados também cresceu, potencializando ainda mais o risco de gerar contaminação de solos, águas e alimentos, devido à alta concentração de matéria orgânica, nutrientes, além de patógenos e metais pesados. Assim, a correta disposição e tratamento de dejetos visando seu reaproveitamento, são questões relevantes para reduzir os passivos ambientais decorrentes das atividades pecuárias.

Existem normas ambientais relacionadas à disposição e tratamento de dejetos, porém elas geralmente são destinadas à agricultores com grande quantidade de animais. Na Região Sul, entretanto, grande parte dos sistemas de produção são de médio e pequeno portes. Nesse sentido, essa pesquisa foi pensada a partir das seguintes questões: Como os agricultores têm sido orientados em relação à disposição de seus dejetos? Existem normas que eles devem seguir? Se sim, quais são elas? Quais as técnicas mais adequadas ao manejo e disposição dos dejetos de animais (suínos e aves)? Quais as formas de disposição de dejetos de suínos e aves mais adequadas para agricultores que possuem pequenos rebanhos?

O fator de maior relevância na abordagem deste tema foi à falta de orientação específica dos órgãos competentes para o manejo dos dejetos em pequenos estabelecimentos rurais, onde geralmente os plantéis de animais são pequenos. Nessa dissertação, optou-se por refletir sobre as técnicas mais adequadas para plantéis com até 10 suínos e aviários com até 250 m². Pelo fato da atividade pecuária ser considerada de baixo impacto nestes casos, boa parte dos dejetos acaba sendo disposto de forma inadequada nestes estabelecimentos, podendo causar contaminação local de solos e águas. Assim, a legislação geralmente regulamenta atividades pecuárias de média e grande escala, que costumam ocorrer em médios e grandes estabelecimentos rurais.

Na tentativa de minimizar os problemas relacionados aos dejetos de animais, diversas instituições de pesquisa e de assistência rural vêm apontando o uso de soluções eficientes, sob o ponto de vista econômico, social e ambiental, permitindo agregar valor à atividade pecuária por meio da geração de biogás e de fertilizantes orgânicos, por exemplo. No mundo todo, o poder público passou a criar leis de proteção ambiental e regular atividades como a

suinocultura e a avicultura. Considerando esses aspectos, este trabalho tem como objetivo principal apresentar as principais técnicas que têm sido utilizadas para o armazenamento e tratamento de dejetos de suínos e aves, com destaque para aquelas que têm conseguido transformar esse rejeito em recurso (adubo, energia, etc.).

O trabalho estrutura-se em cinco partes. Inicia-se com a introdução, que aborda brevemente o tema da pesquisa (problemática ambiental dos dejetos de suínos e aves) e apresenta a justificativa, as questões norteadoras e os objetivos, do trabalho. Em seguida, são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados e os três capítulos atinentes ao desenvolvimento da dissertação. O item 3 apresenta a problemática ambiental da avicultura e da suinocultura. No item 4 são abordadas as definições do porte de empreendimentos de avicultura e seus parâmetros de lançamentos, técnicas de armazenagem e tratamento de dejetos, com base na legislação brasileira e do estado do Paraná. No item 5, os mesmos assuntos são tratados, porém no que tange a atividade de suinocultura.

Como parte inicial do trabalho buscou-se uma fundamentação teórica que abordasse a problemática dos dejetos suínos e de aves, a legislação em nível federal e estadual (Paraná) sobre a destinação e o tratamento desses dejetos e, por fim, as técnicas de tratamento e de reaproveitamento.

Nos últimos itens dos capítulos da avicultura e suinocultura foi realizada uma avaliação dessas técnicas de tratamento e de reaproveitamento de dejetos de suínos e de aves, considerando suas vantagens e desvantagens para agricultores com pequenos plantéis, a partir da literatura sobre o tema e de nossas considerações a este respeito.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Fazer um levantamento de técnicas de disposição e tratamento de dejetos animais (suínos e aves), com foco em estabelecimentos rurais da agricultura familiar (com até 50 hectares), que geralmente trabalham com uma pequena escala produtiva (baixa quantidade de animais), priorizando o reaproveitamento desses dejetos, ou seja, a transformação desses rejeitos em recursos (adubos, bioenergia, etc.).

1.1.2 Objetivos Específicos

a) Conhecer técnicas de armazenamento, tratamento e reaproveitamento de dejetos animais (suínos e aves);

b) Verificar o que a legislação dispõe sobre a problemática dos dejetos de suínos e aves, com ênfase em estabelecimentos rurais da agricultura familiar, que costumam possuir um pequeno plantel de animais;

c) Identificar as técnicas mais adequadas aos estabelecimentos rurais com pequenos plantéis;

d) Discutir vantagens e desvantagens das técnicas levantadas.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta dissertação foi construída a partir da interpretação sobre a literatura levantada e analisada a respeito da geração, armazenagem, tratamento e utilização de dejetos de suínos e aves, com ênfase em estabelecimentos rurais que possuem um pequeno plantel (até 10 suínos e aviários com até 250 m²)¹. Estes estabelecimentos geralmente são de agricultores familiares, que combinam outras atividades agrícolas, de modo que não são exclusivamente pecuaristas. No caso dos criadores de suínos, os animais tem a função de suprir o consumo familiar. Em relação aos avicultores, o trabalho ocorre na forma de integração com grandes agroindústrias.

Assim, recorreremos aos referenciais bibliográficos para discorrer sobre os temas tratados nessa dissertação. Foram utilizados artigos, cartilhas, dissertações, teses, livros, além de normas (leis, decretos, portarias) e dados secundários relacionados à produção de suínos e aves, bem como aos dejetos destes animais.

Foi realizada uma revisão das legislações federal e estadual sobre recursos hídricos e disposição de dejetos, a fim de identificar o *status* em que se encontra o aspecto legal, geral e específico, referente ao tratamento dos dejetos produzidos pela suinocultura e avicultura.

O levantamento bibliográfico sobre a suinocultura e a avicultura, com foco em pequenos estabelecimentos rurais, baseou-se em artigos, dissertações e teses, além de livros que fazem referência ao tema escolhido. Para o levantamento de artigos, foi consultada a base de dados do *site* periódicos CAPES e, para as dissertações e teses, o banco de teses da CAPES e *sites* de bibliotecas universitárias. Buscou-se também, informações através de entrevistas sobre resoluções e normativas legais pertinentes, com técnicos do quadro funcional do Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

A pesquisa foi desenvolvida a partir de revisão bibliográfica sobre a problemática socioambiental dos dejetos e sobre as técnicas de disposição e tratamento dos dejetos, priorizando o reaproveitamento destes.

As propostas de tratamento e disposição dos dejetos a serem recomendadas devem ir ao encontro à Política Nacional de Saneamento Básico, que engloba os resíduos sólidos e os recursos hídricos (Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007). Outras normas referentes à

¹ A definição para o porte de suínos é em relação a Res. SEMA nº 31/98. Para as aves, a Res. SEMA nº 24/08 traz como porte mínimo aviários de até 1500 m² de área de criação, porém como a pesquisa trata-se de pequenos agricultores, optou-se por trabalhar com a metragem de 250 m². Foram considerados para essa pesquisa, os dejetos suínos e avícolas. Optou-se por não abordar os dejetos de origem bovina, em virtude da maior parte do processo produtivo ocorrer em sistemas extensivos de criação, nos quais predominam a disposição dos dejetos diretamente no solo, facilitando sua decomposição.

disposição, tratamento e reaproveitamento de dejetos, foram definidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA): Lei nº 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente); Lei nº 9.605/98 (Crimes Ambientais); Lei nº 12.651/12 (Código Florestal) e Lei nº 9.433/97 (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos). Também foram consultadas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como a Resolução nº 237/97 (Licenciamento Ambiental); nº 357/05 (Classificação das águas); nº 430/11 (Padrões de lançamento de efluentes); nº 003/90 (Poluição Atmosférica) e nº 382/06 (Limites de emissão de poluentes).

No âmbito do estado do Paraná, as principais normas analisadas foram o Decreto Estadual nº 5.503/02 (Distâncias e condições) e àquelas do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), como as Resoluções nº 31/98 (Aspectos locacionais); nº 009/10 (Licença ambiental simplificada); nº 51/10 (Empreendimentos passíveis de licenciamento); além das Instruções Normativas nº 56/07 (Localização da propriedade); nº 105/006 de 2004 (Padrões de lançamento de efluentes).

Em relação às técnicas de armazenamento, tratamento e utilização de dejetos de aves, as principais referências foram Augusto e Kunz (2011); Arns (2004); Blake (1996); Bonato (2011); Cervi, Esperancini e Bueno (2010); Costa et al. (2006); Ferreira et al. (2010); Guivant e Miranda (2004); Maronezi (2011); Nunes (2003); Oliveira (2004); Oliveira e Biazoto (2013); Oliveira e Higarashi (2006); Oviedo-Rondón (2008); Paiva, Souza e Grings (2011); Sunada (2011); Utembergue, Afonso e Pereira (2012).

No que tange as técnicas de armazenamento, tratamento e utilização de dejetos de suínos, destacam-se os trabalhos de Augusto e Kunz (2011); Arns (2004); Avilla, Mazzuco e Figueiredo (1992); Bartholomeu et al. (2006); Bonato (2011); Cardoso, Oyamada e Silva (2015); Costa et al. (2006); Daga (2006); Dartora, Perdomo e Tumelero (1998); Diesel, Miranda e Perdomo (2002); Ferreira et al. (2010); Freitas (2008); Kunz et al. (2004); Miranda (2006); Oliveira (2004); Oliveira (2006); Oliveira (2013); Percora (2006); Rebonato (2012); Roppa (2003); Silva et al. (2007); Von Sperling (2005).

Finalmente, a partir da análise dos referenciais bibliográficos utilizados e de entrevistas com técnicos do IAP, pequenos suinocultores e a avicultores, procuramos nos posicionar sobre as técnicas e métodos de armazenamento, tratamento e utilização de dejetos de suínos e aves, indicando àquelas mais adequadas para pequenos estabelecimentos rurais do Sudoeste do Paraná, caracterizados atualmente pela criação de poucos animais, falta de mão de obra e dificuldades de investimentos com altos custos. Assim, buscamos evidenciar métodos de tratamento e aproveitamento simples, baratos e ambientalmente eficazes.

3 DEJETOS DE SUÍNOS E AVES E MEIO AMBIENTE

3.1 A Problemática socioambiental dos Dejetos de Suínos e Aves

Um dos principais problemas socioambientais na atualidade está relacionado à destinação incorreta dos resíduos sólidos oriundos das diversas atividades econômicas. A NBR nº 10.004 de 2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (item 3.1 p. 01).

Os resíduos apresentam algumas características em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que, se destinados de maneira incorreta, podem apresentar: riscos à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e; riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Os resíduos apresentam substâncias que possuem propriedades com potencialidade de causar um efeito adverso em organismos vivos (tóxico, carcinogênico, mutagênico, teratogênico ou eco toxicológico) em maior ou menor grau, em consequência de sua interação com o organismo. A inalação, ingestão ou absorção cutânea de algum agente tóxico pode levar à contaminação do (s) organismo (s) (ABNT, 2004).

A mesma norma regulamentadora determina níveis a partir dos quais registra-se o processo de contaminação, após a exposição de determinado organismo após única dose elevada ou a repetidas doses em curto espaço de tempo. Os elevados níveis de toxicidade são considerados de alta periculosidade e capazes de provocar um efeito adverso grave ao meio ambiente e de ser responsável pela morte de seres vivos.

Neste item, será debatida a problemática socioambiental que envolve os dejetos oriundos das atividades de produção agropecuária, principalmente, de suínos e aves de corte. Estes resíduos, quando não tratados, são responsáveis por altos índices de degradação ambiental, causando problemas relacionados à saúde pública e impactos ambientais.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define no Artigo 1º da Resolução nº 001 de 23 de Janeiro de 1986, impacto ambiental 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, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Bartholomeu et al. (2007) relatam que a problemática na geração de resíduos relacionados aos dejetos acaba poluindo o ar, a água e o solo. Portanto, o aumento da produção agropecuária demanda alternativas que minimizem os impactos ambientais negativos.

A Lei nº 6.938/81, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, em seu Art. 3º define poluição como:

[...] a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) Prejudiquem a saúde, segurança e o bem-estar da população; b) Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) Afetem desfavoravelmente a biota; d) Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A degradação ambiental que afeta a qualidade das águas de rios e lagos é decorrente do acelerado e desorganizado desenvolvimento industrial. Outro fator alarmante está relacionado à falta de saneamento básico, situação dramática no Brasil, com maior gravidade e possibilidade de colapso nas regiões metropolitanas (PEREIRA; DEMARCHI; BUDIÑO, 2009).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (2008), apenas 55,2% dos municípios brasileiros possuem serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, sendo este sistema o mais adequado. Comparando com os dados da pesquisa de 2000, que apresentava cobertura de 52,2%, fica evidente que houve pouca evolução, pois em oito anos houve uma ampliação de 3% na quantidade de municípios que contam com rede coletora de esgoto. Além disso, é importante ressaltar que esses dados correspondem apenas ao acesso à rede de coleta, desconsiderando extensão da rede, ou se o esgoto é tratado depois de recolhido.

Segundos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) (IBGE, 2013), apenas 5,2% dos domicílios rurais do país estão conectados à rede de coleta de esgoto. De acordo com esta pesquisa, 28,3% utilizam fossa séptica como solução para tratamento dos

dejetos humanos, e os 66% restantes depositam os dejetos em covas rasas, cursos d'água, ou diretamente no solo a céu aberto.

Dejetos humanos podem ser veículos de germes patogênicos de várias doenças, entre as quais febre tifoide, diarreias infecciosas, amebíase, teníase, esquistossomose, etc. Por isso, se faz indispensável afastar as possibilidades de contato com pessoas, mananciais, vetores (moscas, baratas) e alimentos (DACACH, 1990).

A destinação inadequada dos dejetos humanos e de animais é uma realidade e um dos grandes problemas encontrados em áreas rurais. Além de ações para a disposição e tratamento adequado de dejetos de origem humana, também são necessárias ações para a disposição e tratamento de toneladas de dejetos oriundos de animais. Estes últimos, quando mal dispostos, não tratados ou lançados diretamente no solo e nos mananciais de água, geram impactos ambientais, como a contaminação do solo, lagos e rios, eutrofização de corpos d'água, proliferação de moscas e outros insetos, emissão de gases tóxicos e malcheirosos (CAMPOS, 1997; CAMPOS et al. 2002), trazendo também danos que podem prejudicar a saúde da população e gerar mais custos para o setor público (BARBOSA; LANGER, 2011).

A proliferação de insetos indesejados e a emergência de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos também são associados a formas inadequadas de disposição dos dejetos animais (PERDOMO; OLIVEIRA; KUNZ, 2003). Os efeitos da poluição de águas na saúde humana podem ser medidos pelo Quadro 1, que relaciona uma série de infecções que podem ser causadas pela falta de tratamento de dejetos de origem animal (GAMA, 2003).

Quadro 1: Classificação ambiental de infecções transmitidas por dejetos

Categoria	Infecção	Mecanismos de transmissão	Medidas de controle
I. Fecal/Oral (não bacteriana) Não latente Dose infecciosa pequena	Poliomielite (V) Hepatite A (V) Diarréia Rotavirus (V) Giardíase (P) Balantidíase (P) Enterobíase (H) Hymenolepíase (H)	Contato pessoal Contaminação doméstica	Abastecimento de água Melhoria habitacional Provisão sanitária Educação sanitária
II. Fecal/Oral	Diarréias	Contato pessoal	Abastecimento de água

(bacterial) Não latente Doses altas e médias de infecção persistente moderadamente e capacidade de multiplicação	Disenterias Enterite Campylobacteria (B) Cólera (B) Diarréia E. Coli (B) Salmonelose (B) Shigelose (B) Yerseniose (B) Febres entéricas: Tifóide (B) Paratifóide (B)	Contaminação doméstica de água e colheitas	Melhoria habitacional Provisão sanitária Tratamento de excreta antes da reutilização ou descarga Educação sanitária
III. Helminthos transmitidos pelo solo latente e persistente sem hospedeiro intermediário	Ascaris (H) Trichurius (H) Estrongiloidíase (H) Hook Worm (H)	Contaminação de quintal Solo contaminado na área comum de defecção Contaminação de colheitas	Provisão sanitária Tratamento de excreta antes de lançamento no solo
IV. Vermes do boi e porco latente e persistente Hospedeiros – boi e porco	Teníase (H)	Contaminação de quintal, campos e ração	Provisão sanitária Tratamento de excreta antes de lançamento no solo Inspeção na carne
V. Helminthos relacionados com água latente e persistente Hospedeiros aquáticos	Esquistossomose (H) Clonorchíase (H) Difilobotríase (H) Fasciolopsíase (H) Paragonimíase (H)	Contaminação da água	Provisão sanitária Tratamento de excreta antes de descarga Controle de infecção animal Controle do alimento
VI. Insetos relacionados com excreta	Filaríase (H) Infecção das categorias I a V,	Sobrevivência de insetos em locais contaminados por	Identificação e eliminação de locais contaminados

	especialmente I e II transmitidas por moscas e baratas (M)	fezes	Mosquiteiros
--	---	-------	--------------

Fonte: GAMA, 2003

Nota: B=bactérias; V=vírus; H=Helminto; M=Minscelânia; P=Protozoário.

Neste sentido, a coleta e o tratamento de dejetos são fundamentais para a qualidade de vida humana. Sua ausência, além de poluir os recursos hídricos, traz prejuízos à saúde da população, aumentando principalmente a mortalidade infantil. Assim, formas de disposição de dejetos, principalmente da agropecuária, têm sido objeto de atenção em diversos países do mundo em função da dificuldade de se estabelecer procedimentos para avaliar os impactos ambientais e para adotar padrões aceitáveis de poluição (FERNANDES, 2011).

Os principais impactos socioambientais relacionados aos dejetos são os seguintes:

a) Contaminação do solo

Resultado de processos físicos, químicos e biológicos sobre as rochas, o solo forma-se naturalmente na camada superficial da Terra e possui como principal característica sustentar o desenvolvimento da vegetação. A determinação do seu uso, bem como as características locais naturais como a vegetação, relevo, permeabilidade e zona saturada tem relação direta com a quantidade de solo.

O solo pode ser contaminado por meio do manejo inadequado dos dejetos na agricultura e do lançamento impróprio de resíduos orgânicos e industriais (líquidos ou sólidos). De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (2007), qualquer alteração de suas características naturais, onde ocorram eventuais mudanças na composição física do solo, pode ser resultado de fenômenos naturais como terremotos, vendavais e inundações ou de atividades humanas. No caso das atividades antropogênicas, a disposição de resíduos sólidos e líquidos, urbanização, ocupação do solo, atividades agropecuárias, extrativas e acidentes no transporte de cargas podem levar à poluição do solo.

A contaminação do solo pode ser de origem orgânica ou inorgânica, através de materiais contaminados ou em decomposição presentes no lixo, substâncias químicas perigosas, pesticidas empregados na produção agropecuária, etc. Alguns destes podem chegar ao corpo humano, não somente pela respiração, mas principalmente, através da água, que é contaminada pelo solo e que pode contaminar os alimentos produzidos (FUNASA, 2007).

De acordo Simioni et al. (2012), a principal forma de contaminação do solo é decorrente da aplicação de altas cargas de dejetos de animais como adubo e de sua infiltração no solo ou em lençóis freáticos, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas e superficiais. Nitrato (NO_3^-), Fósforo (P), metais pesados, Cobre (Cu), Zinco (Zn) e resíduos de antibióticos são substâncias usadas na pecuária e na agricultura, com potencial de contaminação das águas.

Segundo a FUNASA (2007), a disposição indiscriminada de resíduos no solo tem se mostrado inadequada em função da geração de líquidos e gases percolados e da presença de metais nos resíduos aplicados, provocando sua contaminação. Além disso, a agricultura tem contribuído para a poluição do solo² e das águas, através da utilização abusiva de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, causando a intoxicação e morte de diversos seres vivos presentes num ecossistema.

As características e tendências dos sistemas produtivos modernos apontam para um modelo de confinamento em unidades restritas e aumento na escala da produção, visando principalmente à redução de custos envolvendo a logística entre a produção e a industrialização. Isso gera problemas ambientais nas regiões produtoras em virtude da alta quantidade de resíduos que, na maioria dos casos, têm como destino a simples disposição no solo (KUNZ, 2007). A aplicação de elevadas quantidades de fertilizantes (orgânicos ou químicos), ocasiona o acúmulo excessivo de elementos no solo (nutrientes, metais, patógenos, entre outros), tornando a absorção pelo solo difícil (SEGANFREDO, 1999).

b) Contaminação de águas superficiais e subterrâneas

A água é um dos elementos essenciais à vida. A maior parte dos organismos vivos é constituída de água. Sua nutrição e suas excreções se dão sob forma de soluções aquosas. A água também é um grande solvente e reagente químico, executando papel essencial nos processos de intemperismo dos minerais da crosta terrestre, de lixiviação dos solos e de transporte de sais minerais em solução (SCHUBART, 1999).

O Brasil é possuidor de uma grande reserva de água superficial, entretanto, algumas regiões estão enfrentando a escassez hídrica, problema resultante da degradação dos mananciais de água. Essa deterioração da qualidade da água faz com que esse recurso apesar

² Poluição do solo: segundo a Fundação Nacional de Saúde (2007), o principal dano físico decorrente do uso do solo é a erosão, que ocorre pela ação das águas e dos ventos, removendo a camada superficial e fértil do solo. A erosão hídrica causa o empobrecimento dos solos de forma gradual, levando à redução da produtividade agrícola e perda de nutrientes, solo e água (PELES, 2007).

de renovável seja limitado, uma vez que a qualidade da água pode reduzir sua disponibilidade (PELES, 2007).

Resultado dos fenômenos naturais ocorrentes na bacia e da consecutiva atuação do homem, a qualidade da água é um elemento essencial à vida (VON SPERLING, 2005), podendo trazer riscos à saúde pelo fato de ser um veículo para o transporte e propagação de agentes biológicos e químicos. Desta forma, a melhoria nos serviços públicos de abastecimento de água reflete na melhoria na saúde da sua população (BARCELLOS et al., 2006).

A presença de nutrientes na água faz parte dos ciclos da natureza. O problema de contaminação fica restrito principalmente ao Nitrogênio (N) e ao Fósforo (P) e a alguns micronutrientes, como Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Manganês (Mn), em situações específicas de certas atividades agrícolas e, principalmente, industriais, podendo se concentrar ou acumular no solo e eventualmente atingir a água (RESENDE, 2002).

Segundo Saunitti, Fernandes e Bittencourt (2004), a qualidade da água está relacionada com o escoamento superficial, o qual fornece os materiais (sedimentos e nutrientes) que, ao serem transportados e depositados darão origem aos processos de assoreamento e eutrofização das águas. Já Martins et al. (2003), afirmam que a qualidade da água pode ser comprometida por dois processos distintos: o assoreamento e a eutrofização.

A contaminação das águas superficiais por excesso nutrientes é considerada um dos principais impactos que a agricultura vem ocasionando ao meio ambiente (PARRY, 1998). Diversas pesquisas envolvendo a qualidade da água em áreas com intensiva aplicação de resíduo animal têm sido realizadas devido ao grande potencial poluidor. Normalmente a aplicação de resíduos de origem animal em áreas agrícolas é baseada na necessidade de nitrogênio. Entretanto, o uso intensivo destes resíduos tem como consequência o aumento dos níveis de fósforo (P) acima das necessidades agronômicas, elevando o potencial de perdas e acelerando o potencial de eutrofização de mananciais hídricos (PELES, 2007).

Quando há ocorrência de chuvas, ou em áreas onde é utilizada irrigação, ocorre escoamento superficial de sedimentos de solo em suspensão, nutrientes e matéria orgânica, que pode chegar aos mananciais de águas superficiais. Em razão disso, é importante entender os mecanismos e as formas de saída da água e dos sedimentos das lavouras por meio do escoamento superficial, em decorrência do impacto que este fenômeno vem causando ao ambiente (PELES, 2007).

Quantidades elevadas de fósforo não levam a maiores problemas de saúde, pois não se trata de um elemento requerido em elevadas quantidades pelos animais. Por outro lado, o

enriquecimento das águas com fósforo causa desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos devido ao processo de eutrofização (RESENDE, 2002).

A eutrofização decorrente do excesso de nutrientes na água proporciona alto crescimento da biota aquática, limitada principalmente pelo fósforo em água doce. O nitrogênio (N) também está associado com o processo de eutrofização. No entanto, como a fixação biológica de nitrogênio também é realizada por algumas plantas aquáticas, a preocupação maior é dada ao fósforo (PELES, 2007).

Na natureza, o nitrogênio é encontrado em diferentes formas, porém, sua transformação em Amônia (NH_3) e em Nitrato (NO_3^-) podem ser causas de contaminação de corpos hídricos. A Amônia, quando presente na água em altas concentrações pode ser letal aos peixes pela toxicidade que representa para esse grupo da fauna. Contudo, a Amônia originada no solo ou aplicada via fertilizantes tende a ser rapidamente convertida em amônio (NH_4^+) e este, convertido em nitrato pelo processo microbiano da nitrificação. O Nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias (RESENDE, 2002), sendo também prejudicial à saúde humana (PELES, 2007).

A quantidade de Nitrato na água deve obedecer ao critério determinado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Quantidades excessivas de nitrato (NO_3^-) na água são capazes de provocar a metahemoglobinemia: uma alteração na oxigenação do sangue que, em caso extremo, pode provocar a morte humana (RESENDE, 2002; FERREIRA et al., 2003). Para resolver esse problema torna-se necessário que os agricultores utilizem os adubos nitrogenados de forma a manter a boa produtividade das culturas e, ao mesmo tempo, diminuir ao mínimo possível os teores de NO_3^- e Amônio (NH_4^+) no solo (FERREIRA et al., 2003), reduzindo assim a lixiviação de nitrogênio e perdas por escoamento superficial (PELES, 2007).

Peles (2007) afirmou que este problema vem se intensificando, visto que a água e os sedimentos perdidos com o escoamento superficial mostram-se enriquecidos em nutrientes. Com isso, a qualidade das águas de superfície fica progressivamente mais comprometida. Os dejetos de suínos apresentam altas concentrações de microrganismos, como é o caso dos coliformes termotolerantes (10 milhões em 100 mililitros de efluente), até 3.000 ovos de helmintos e 1.000 cistos de protozoários em um grama de dejetos secos (NISHI et al., 2000).

Dentre as variáveis da qualidade da água, pode-se destacar a temperatura (T), pH, oxigênio dissolvido (OD) e conteúdo matéria orgânica (MO). A temperatura da água interfere na concentração de outras variáveis, como OD e MO (PORTO; BRANCO; LUCA, 1991), sendo a radiação solar a principal variável que controla a temperatura da água de pequenos

rios (ARCOVA; CICCIO; SHIMOMICH, 1993). O pH fornece indícios sobre a qualidade hídrica (em águas superficiais o valor varia entre 4 e 9), o tipo de solo por onde a água circulou e aponta a acidez ou a alcalinidade da solução (MATHEUS et al., 1995). O teor de OD expressa à quantidade de oxigênio dissolvido presente no meio, sendo que a sua concentração está sujeita às variações diária e sazonal em função da temperatura, da atividade fotossintética, da turbulência da água e da vazão do rio (PALMA-SILVA, 1999), podendo reduzir-se na presença de sólidos em suspensão e de substâncias orgânicas biodegradáveis, como esgoto doméstico, vinhoto e certos resíduos industriais (MATHEUS et al., 1995). A decomposição da matéria orgânica (MO) nos cursos d'água pode diminuir o teor de OD, bem como o pH da água, pela liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico a partir deste (PALHARES et al., 2000). Assim, há uma relação entre elementos biológicos e físico-químicos presentes nas águas.

A qualidade da água é o reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS; MEYBECK, 2000). De acordo com Lima (2001), a qualidade da água não se representa apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema. Em 12 de dezembro de 2011, foi publicada a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). A qualidade da água para consumo humano, assim como o conceito de água potável e o seu padrão de potabilidade são definidos nos incisos I e II do artigo 5º (BRASIL, 2011, p 39):

Água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e a higiene pessoal, independente da sua origem;
Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos a saúde; padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria (Inciso I e II Art. 5º).

Para se identificar a contaminação da água é preciso: 1) conhecer os parâmetros de qualidade das águas definidos por lei para consumo animal e humano, para os diferentes tipos de substância; 2) coletas e análises periódicas das águas (monitoramento), para verificar se as substâncias estão fora dos parâmetros cujos valores máximos para consumo humano. Os valores definidos nesta Portaria são expressos na Tabela 1.

Tabela 1: Padrão microbiológico da água para consumo humano

Tipo de água		Parâmetro		VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano		Escherichia coli ⁽²⁾		Ausência em 100 mL
Água tratada	Saída do tratamento	Coliformes totais ⁽³⁾		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e redes)	Escherichia coli		Ausência em 100 ML
		Coliformes totais ⁽⁴⁾	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo.
		Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem mais de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.	

Fonte: BRASIL, 2011.

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Indicador de contaminação fecal.

(3) Indicador de eficiência de tratamento.

(4) Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Segundo a Portaria 2.914/11, a água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto na Tabela 1. No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, devem ser adotadas medidas corretivas e novas amostras devem ser coletadas até que se tenham resultados satisfatórios.

Existem várias técnicas para elaboração de índices de qualidade de água (parâmetros). A mais utilizada é o índice desenvolvido pela *National Sanitation Foundation Institution*, utilizado em diversos países como EUA, Brasil e Inglaterra (OLIVEIRA, 1993).

De acordo com Toledo e Nicoletta (2002), índices baseados em características físico-químicas da água ou ainda índices baseados em características biológicas, frequentemente associados ao estado trófico dos rios, também têm sido muito utilizados em diversos trabalhos. Por meio da avaliação da qualidade das águas, é possível identificar os

contaminantes e associá-los às fontes de contaminação, geralmente relacionadas às atividades produtivas, sejam elas agropecuárias, industriais ou domésticas.

Outro fator preocupante é o assoreamento que acontece nas áreas mais baixas como os fundos de vales, rios, mares ou qualquer outro lugar em que o nível de base de drenagem permita acúmulos, de forma gradual ou contínua (SAUNITTI; FERNANDES; BITTENCOURT, 2004). O assoreamento encontra-se intimamente relacionado ao escoamento superficial, que fornece os materiais (sedimentos) através da erosão do solo, que por sua vez são transportados pelas vertentes e depositados nas calhas fluviais (PELES, 2007). Esse processo ocorre devido ao desmatamento das matas ciliares, contribuindo para o assoreamento, o aumento da turbidez das águas, o desequilíbrio do regime das cheias e a erosão das margens dos cursos d'água (DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005).

c) Poluição do ar

O ar é um elemento essencial à vida da maioria dos organismos da Terra, é constituído de uma mistura de gases, oxigênio (20,95%), nitrogênio (78,08%), dióxido de carbono (0,03%) e ainda ozônio, hidrogênio e gases nobres como o neônio, o hélio e o criptônio, contendo ainda vapor d'água e partículas de matérias derivadas de fontes naturais e atividades humanas. A Constituição do ar se manteve estável por milhões de anos, mas o homem com suas atividades tem provocado alterações significativas cujos efeitos nocivos são gravíssimos (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

O ar age levando substâncias animadas ou não, em suspensão, dentre as substâncias inanimadas existem as poeiras, os fumos e os vapores, umas são naturais e outras resultantes das atividades humanas. Algumas dessas substâncias podem ser inócuas e, outras, podem tornar o ar prejudicial ao homem devido a sua composição química ou pela ação física. Além disso, existem substâncias animadas em suspensão no ar que podem provocar doenças quando introduzidas através da respiração no organismo do homem, como por exemplo, algumas bactérias e vírus patogênicos (FUNASA, 2007).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (2007), a poluição do ar está relacionada a qualquer atividade direta ou indireta que altere a qualidade do ar, que possam prejudicar a saúde, a segurança, o bem-estar da população, criando condições adversas às atividades sociais e econômicas afetando desfavoravelmente a qualidade do ar e lançando matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos por lei. Os principais causadores da poluição atmosférica de acordo com a Fundação Nacional de Saúde podem ser classificados como: de origem natural (vulcões, queimadas, etc.); resultante das

atividades humanas (indústrias, transporte, calefação, destruição da vegetação, etc.) e, em consequência dos fenômenos de combustão.

Dentre os problemas decorrentes da poluição atmosférica, o principal problema refere-se ao aumento da temperatura média da Terra, conhecido como “efeito estufa”, isto ocorre devido ao lançamento de alguns gases na atmosfera, principalmente, dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos halogenados.

Segundo Carvalho e Orsine (2011), o aumento de gás carbônico na atmosfera é um dos fatores que provocam o efeito estufa e, apesar de documentado e reconhecido na Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e reforçado pelo Protocolo de Quioto, nenhuma ação concreta foi realizada por resistência dos Estados Unidos.

A Fundação Nacional de Saúde (2007) aponta que as principais atividades humanas que contribuem para o aumento da concentração dos diversos gases na atmosfera, principalmente do CO₂ são decorrentes da: combustão de petróleo, gás, carvão mineral e vegetal; emissão de gases pela indústria; queimadas para o desmatamento dos campos e florestas; fermentação de produtos agrícolas; uso de fertilizantes na agricultura.

O aquecimento global tem relação com o aumento do consumo de combustíveis fósseis. Atividades para a produção de aço, cimento, energia termoelétrica causam danos ambientais e na saúde das populações (RATTNER, 2009).

Este problema é preocupante para os ambientalistas, pois a destruição da camada de ozônio causada por alguns gases muito ativos e o CFC (cloro-fluor-carbono) reagem quimicamente destruindo as moléculas de ozônio³ que se acumulam no espaço (na estratosfera).

A poluição do ar pela falta de tratamento e de manejo incorreto dos dejetos está associada ao lançamento do odor desagradável. A emissão de maus odores é composta por uma mistura de substância, podendo provocar as mais diversas reações, e por vezes caracterizam situações de desconforto ambiental afetando a qualidade de vida da população exposta (CARMO JR et al., 2010).

Segundo Nicell (2009), odores podem causar variáveis reações indesejáveis às pessoas, que podem variar desde simples incômodos, até efeitos sobre a saúde. Odores podem

³ Ozônio: A camada de ozônio, de acordo com Salgado (2000), situa-se numa faixa de 10 a 35 km da estratosfera. O oxigênio absorve a radiação ultravioleta UV-C, formando o ozônio, que absorve a radiação ultravioleta. A principal consequência da destruição da camada de ozônio é o aumento da incidência de câncer de pele, além de diminuição da defesa imunológica da saúde humana, e, pode, ainda, causar danos sobre algas e animais marinhos microscópicos que fornecem alimento para a população pesqueira. Além disso, provocam um impacto negativo sobre alguns dos principais cultivos agrícolas.

causar, ainda, desconforto, náusea, dores de cabeça, vômitos e problemas respiratórios quando em exposições prolongadas. Longas exposições podem acarretar problemas psicológicos e levar a sintomas como stress emocional, perda de apetite, insônia e alta irritabilidade.

Os odores são oriundos da emissão de gases tóxicos e poluentes, por meio de evaporação dos compostos voláteis. Os contaminantes do ar mais comuns nos dejetos são: amônia, metano, ácidos graxos voláteis, sulfeto de hidrogênio, óxido nitroso, etanol, propanol, dimetil sulfidro e carbono sulfidro (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Palhares e Kunz (2011) demonstram a concentração de gases oriundos dos resíduos avícolas e suas consequências na saúde humana, representado na Tabela 2.

Tabela 2: Concentração de gases oriundos dos resíduos avícolas e suas concentrações na saúde humana.

Tipo de gás	Sintomas
Amônia (irritante)	<ul style="list-style-type: none"> - 5-50 ppm: odor não detectável; - 100-500 ppm: irritação das mucosas superficiais em uma hora; - 400-700 ppm: irritação imediata dos olhos, nariz e garganta; - 2.000-3.000 ppm: severa irritação dos olhos, tosse intensa, pode ser fatal; - 5.000 ppm: espasmo respiratórios, asfixia, pode ser fatal; - 10.000 ppm: nível fatal.
Dióxido de carbono (asfixiante)	<ul style="list-style-type: none"> - 20.000 ppm: sem riscos; - 30.000 ppm: respiração acelerada; - 40.000 ppm: dores de cabeça; - 60.000 ppm: asfixia; - 300.000 ppm: pode ser fatal em exposições de 30 minutos.
Sulfeto de hidrogênio (venenoso)	<ul style="list-style-type: none"> - 0,01-0,07 ppm: odor não detectável; - 3-5 ppm: odor inofensivo; - 10 ppm: irritação dos olhos; - 20 ppm: irritação das mucosas e membranas; - 50-100 ppm: irritação dos olhos e do trato respiratório em 1h de exposição; - 150 ppm: nervo ofatório paralisado, fatal em 8 a 48 horas; - 200 ppm: depressão do sistema nervoso;

	- 500-600 ppm: náusea, excitação, inconsciência, fatal em 30 minutos de exposição; - 700-2.000 ppm: fatal.
Metano (asfixiante)	- 500.000 ppm: dores de cabeça

Fonte: PALHARES e KUNS (2011).

É possível compreender que há uma relação direta com o crescimento no Brasil e na região Sul, onde há maior predominância de empreendimentos de avicultura, tendo o odor como um dos principais impactos deste ramo de atividade.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 003/90 poluente atmosférico pode ser definido como:

Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (artigo 1º, parágrafo único).

O setor agropecuário é o segundo maior emissor de gases do efeito estufa, com 21,1% do total de gases emitidos, de acordo com a Segunda Comunicação Brasileira de Emissões de Gases do Efeito Estufa (BRASIL, 2009). Dentre as atividades que mais emitem esses gases, está a fertilização de solos agrícolas.

Os principais fatores que influenciam a produção de gases nos criatórios animais são má circulação do ar, superlotação e falta de higienização das instalações, com o acúmulo de fezes e urina nos pisos, além da deficiente limpeza periódica das canaletas de efluentes (BARCELLOS et al., 2008). A qualidade do ar nos sistemas de criação está relacionada ao metabolismo dos suínos, que libera calor, vapor d' água e dióxido de carbono provenientes da respiração, além de gases oriundos da digestão e poeira. Outros produtos oriundos da decomposição dos dejetos são indiretamente liberados para o ar (SAMPAIO; NAAS; NADER, 2005).

As emissões de óxidos de enxofre, nitrogênio (SOx e NOx), material particulado, monóxido de carbono (CO) e gás carbônico são geradas no processo de abate de aves, devido à queima ineficiente de combustíveis fósseis nas caldeiras para a geração de vapor. Para reduzir estas emissões, pode-se utilizar outros tipos de combustíveis para a operação de caldeiras, de modo a se ter uma combustão mais limpa (BORGHI, 2008).

Alguns autores afirmam que a exposição das aves a estas emissões pode ocasionar irritação nas membranas mucosas dos olhos e no aparato respiratório, aumentar a susceptibilidade a doenças respiratórias, além de reduzir o consumo de alimentos, afetando a taxa de crescimento (PINTO et al., 2015).

Os odores dos galpões são provenientes da degradação microbiana de compostos orgânicos presentes nos dejetos das aves (cama de aviário), inclusive suas fezes, e podem ser percebidos pelo método do limiar absoluto olfatométrico. Não existem evidências científicas que indiquem relação entre a emissão de amônia e/ou pó com os odores e, portanto, as emissões de odores em instalações avícolas não são reguladas pela maioria dos governos de diversos países (EBERT; SILVA; VILAS BOAS, 2009).

Os limites para emissões gasosas são diferentes para cada situação, visando atender aos padrões de qualidade do ar. A resolução CONAMA n° 382/06 estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, definindo valores máximos para os parâmetros de material particulado (MP), dióxido de nitrogênio e enxofre de acordo com o porte da indústria geradora, bem como os tipos de atividades que emitem os poluentes atmosféricos (PINTO et al., 2015).

3.2 Avicultura: Caracterização e Impactos

Segundo a União Brasileira de Avicultura (UBA, 2009), o Brasil concluiu o ano de 2009 como o terceiro maior produtor de frangos, com uma produção de 10,9 milhões de toneladas de carne, representando 15,3% da produção mundial. Desta quantia produzida, 66% foram enviados ao mercado interno e, 33% ao externo, de modo que o Brasil se tornou o maior exportador de carne de frango, com 3.634.503 toneladas.

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio Exterior e Serviços, o Brasil é o maior exportador de frangos há 10 anos, com vendas para 150 países. No terceiro trimestre de 2015, o Paraná foi o estado brasileiro que liderou as exportações de frangos para o mercado externo e apresentou a maior variação em números absolutos (+72.843,04 toneladas) na comparação com o mesmo trimestre de 2014. Na Tabela 3 são apresentadas comparações entre exportações de carne de frango *in natura*, por Unidade da Federação nos períodos dos terceiros trimestres de 2014 e 2015.

Tabela 3: Exportação de carne de frango in natura por Unidades da Federação – Brasil – 3^{os} trimestres de 2014 e 2015.

Unidades da Federação	3º trimestre 2014	3º trimestre 2015	Varição anual
	(kg)		(%)
Paraná	325.423;722	398.266.763	22,4
Santa Catarina	223.866.937	238.129.088	6,4
Rio Grande do Sul	178.516.938	189.772.716	6,3
São Paulo	60.903.638	63.356.544	4,0
Goiás	45.092.907	53.200.267	18,0
Minas Gerais	47.650.972	44.832.403	-5,9
Mato Grosso do Sul	43.985.068	44.435.697	1,0
Mato Grosso	24.369.875	29.186.151	19,8
Distrito Federal	19.204.288	22.950.005	19,5
Bahia	217.916	3.057.604	1303,1
Espírito Santo	291.000	324.000	11,3
Tocantins	27.000	135.000	400,0
Pernambuco	275.022	102.009	-62,9
Rondônia	270.542	34.722	-87,2
Paraíba	162.000	0	..
Brasil	970.257.825	1.087.782.969	12,1

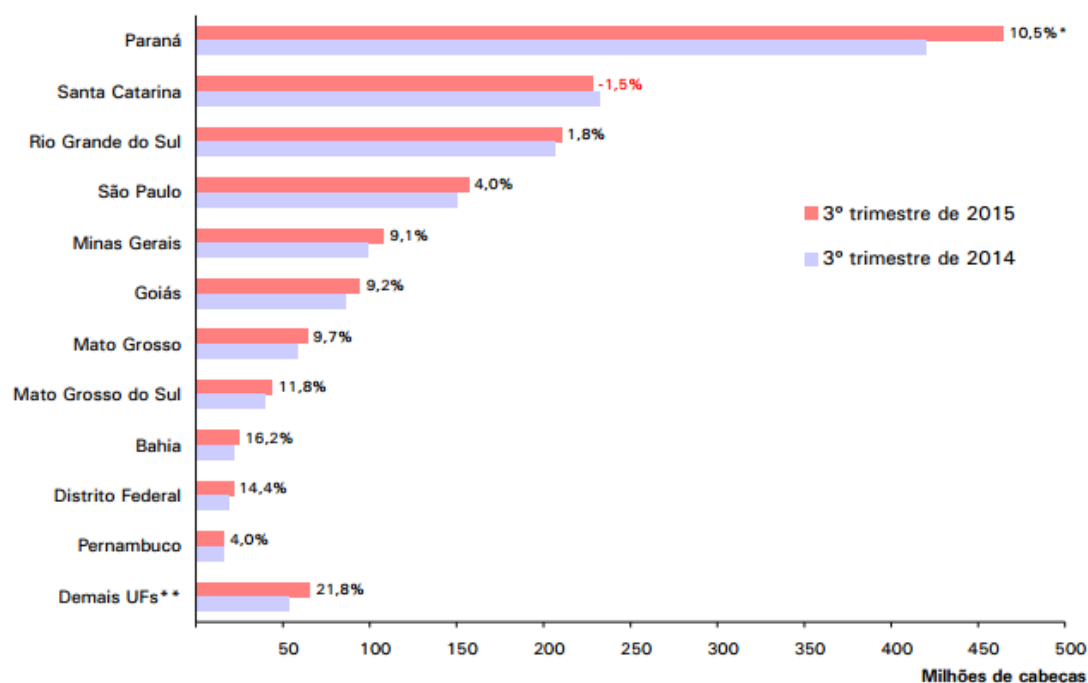
Fonte: Secretaria de Comércio Exterior, Secex/MDIC.

não se aplica – ausência de dados.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), no terceiro trimestre de 2015 foram abatidas 1,5 bilhão de cabeças de frango. A região Sul respondeu por 60,2% do abate nacional de frangos no mesmo período, seguida pelas Regiões Sudeste (19,2%), Centro-Oeste (15,0%), Nordeste (3,8%) e Norte (1,8%). O Estado do Paraná liderou as exportações de frango, elevando a participação da Região Sul no total exportado de 71,7% para 75,3% em comparação com o primeiro trimestre de 2014.

De acordo com o IBGE (2015), no comparativo entre os terceiros trimestres de 2014 e 2015, a Região Sul reduziu sua participação no abate nacional em 1%, mesmo com o acréscimo de 5,2% no número de cabeças de frangos abatidas, advindos principalmente do aumento do abate no Paraná e também no Rio Grande do Sul. O Gráfico 1 apresenta o ranking e a variação anual do abate de frangos entre esse período.

Gráfico 1: Ranking e a variação anual do abate de suínos entre 3^{os} trimestres de 2014/2015.



*Variação 2015/2014. **Agregado das Unidades da Federação com participação inferior a 1% do total nacional.

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, 2014.III e 2015.III.

Devido ao desenvolvimento acelerado do setor avícola houve uma maior produção de efluentes oriundos do processamento da carne de frangos. Esses efluentes são grandes poluidores, pelo fato de conter elevado teor de matéria orgânica e carga microbológica, que quando dispostos de maneira incorreta no meio ambiente podem causar graves problemas ambientais. Contudo, estes resíduos possuem capacidade de agregação de valor pela geração de biogás, biofertilizante ou composto (SUNADA, 2011).

Para Oviedo-Rondón (2008), os resíduos dos aviários podem ser tanto um recurso como um poluente. Porém, o manejo adequado destes resíduos com elevados teores de nutrientes proporciona um impacto ambiental mínimo. Medidas preventivas em manejo ambiental são muito mais fáceis de serem adotadas e incorporadas, pelos produtores, podendo apresentar menores custos de implementação e manejo se comparado às medidas corretivas. Quando restam apenas estas, os problemas ambientais já possuem dimensões excessivas, onde qualquer intervenção será acompanhada de choques culturais e econômicos traumáticos (OLIVEIRA; BIAZOTO, 2013).

A avicultura é responsável pela geração de resíduos diversos, trazendo prejuízos ao meio ambiente que, muitas vezes, são responsáveis pela descaracterização da paisagem,

alteração da cobertura vegetal e outros efeitos ambientais adversos relacionados aos meios físico, biótico e antrópico (MONTEIRO, 2009). Estes resíduos têm a capacidade de poluir as águas superficiais e o lençol freático. Os resíduos avícolas podem aumentar os nutrientes minerais, as substâncias orgânicas que demandam oxigênio, materiais em suspensão e, em alguns casos, micro-organismos patogênicos (SEIFFERT, 2000).

Um dos grandes impactos presentes na avicultura é o odor pela presença da amônia. Para Seifert (2000), a forma dominante de N orgânico no esterco de aves é o íon amônio (NH_4), que é convertido em amônia (NH_3) pela elevação do pH e pelas condições de umidade. Em forma de gás, a Amônia difunde-se do esterco para a atmosfera pela volatilização, conduzindo a presença de elevados níveis do gás amônia no interior dos galpões de aviários e de poluição da atmosfera. Esta volatilização da amônia causa decréscimo no desempenho das aves, riscos a saúde dos operadores, poluição atmosférica e redução do poder fertilizante do esterco pela perda de N para o ar.

Todas as etapas do processo industrial auxiliam para a carga de resíduos possivelmente impactantes ao meio ambiente. Entende-se por subprodutos, os produtos gerados pelo processo produtivo de outro produto principal. No entanto, os subprodutos podem possuir grande valor econômico e serem reaproveitados em outro processo industrial (PINTO et al., 2015).

Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2014), subprodutos de origem animal são todas as partes ou derivados oriundos de animais, não destinados à alimentação humana e resíduos como materiais, objetos ou bens descartados provenientes de atividades humanas (domésticas, industriais, comerciais, de serviços de saúde) que não podem ser descartados em redes públicas de esgoto ou corpos d'água sendo necessário o tratamento prévio para isso ou outras formas de destinação, como a reutilização. Os resíduos sólidos em que foram esgotadas as possibilidades de tratamento e recuperação, devem ter uma disposição final ambientalmente adequada, pois se tornam rejeitos (PINTO et al., 2015).

De acordo com a classificação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos gerados no processo de abate de aves podem ser classificados como “resíduos agressilvopastoris”. Os principais resíduos e os subprodutos resultantes do processo de abate de aves estão representados no Quadro 2. Os subprodutos estão indicados como “sp” de forma a diferenciá-los dos resíduos e são classificados a partir da análise de uma matriz de abate. O tipo de resíduo gerado é mais volumoso e diversificado quando se considera também as granjas nas quais são produzidas.

Quadro 2: Resíduos e subprodutos resultantes das etapas do processamento avícola.

Etapa do processo	Resíduo ou subproduto (sp)
Recepção	Fezes, penas, água de limpeza
Sacrifício	Sangue (sp), água de limpeza
Escalda/depenamento	Penas (sp), sangue/gordura, água de limpeza
Evisceração	Visceras (sp) sangue, gordura, pequenos pedaços de carne, água de limpeza
Resfriamento	Sangue, gordura, pequenos pedaços de carne, água
Classificação e empacotamento	Água de limpeza
Limpeza da planta	Água de limpeza
Recepção	Fezes, penas, água de limpeza

Fonte: NASCIMENTO et al. (2000).

A produção avícola é uma atividade importante econômica e socialmente. Os barracões de frango acabam se tornando uma grande estufa, onde se produz um gás incolor, com cheiro característico e pungente devido à amônia, muito solúvel em água, sintetizado a partir do nitrogênio e do hidrogênio. Com a contribuição de produtos químicos, acontece a liberação de gases com odor forte, os quais podem provocar riscos à saúde. Níveis de amônia até 50 ppm não são percebidos como nocivos pelos criadores. Teoricamente, o olfato humano não detecta a presença de amônia em níveis abaixo de 20 ppm. Além disso, os humanos perdem a sensibilidade olfativa depois de longas ou repetidas exposições ao mesmo odor. Desta forma, as aves são afetadas muito antes que o problema seja percebido ou identificado. (OLIVEIRA; BIAZOTO, 2013).

Os odores dos galpões de frango são resultados da degradação microbiana de diversos compostos orgânicos da cama dos frangos, incluindo as fezes (O'NEILL; STEWART; PHILLIPS, 1992). A emissão do gás amônia depende de vários fatores, incluindo, o tipo de ventilação, a idade da cama, a duração do ciclo de frangos, e o método de medição (OVIEDO-RONDÓN, 2008). O Controle deste gás não é simples, mas é considerado de baixo custo (OLIVEIRA; BIAZOTO, 2013).

Além disso, muitos dos aviários ficam próximos a rios, córregos e nascentes. Quando os aviários são lavados, a água contendo produtos químicos usados para limpeza escoam no sentido da declividade do terreno até chegar ao curso d'água (OLIVEIRA; BIAZOTO, 2013). Desta forma, ocorre a eutrofização através da contaminação via infiltração. Este processo é

caracterizado pelo crescimento excessivo das plantas aquáticas, causando interferências na vida e na composição química dos corpos d'água. Entretanto, o maior contaminante d'água do lençol freático é o Nitrogênio contido no Nitrato. O Nitrogênio, quando aplicado ao solo por adubações, pode ser convertido em Nitrato, forma preferentemente absorvida pelas plantas. Esta forma de N é solúvel em água e facilmente transportada pela solução do solo da zona das raízes para o lençol freático e, em diante, para a rede de drenagem, onde posteriormente, contamina suprimentos de água potável (SEIFFERT, 2000). Outro problema relacionado à água é que o fato da alta concentração de fósforo nas águas superficiais ocasiona a eutrofização, favorecendo o aumento da população de algas na água, que eleva a concentração de oxigênio dissolvido na água (OLIVEIRA; BIAZOTO, 2013).

As operações de produção de frango geram anualmente extensos volumes de resíduos na forma de esterco, efluentes, de camas de aves e de aves mortas. Sendo assim, é essencial e necessário adotar práticas adequadas de manejo dos resíduos para que a indústria avícola cresça, proporcionando desenvolvimento dentro das condições legais que hoje são exigidas (SEIFFERT, 2000).

Todavia, a avicultura gera uma quantidade significativa de resíduos. Outro resíduo importante no que diz respeito ao potencial contaminante e de transferência é a cama de aviário caracterizada pelo material distribuído sobre o piso dos galpões para servir de leito às aves (PAGANINI, 2004 apud SAGULA, 2012). A cama de aves é basicamente constituída de maravalha, serragem, casca de arroz, sabugo de milho triturado, capins e restos de cultura (GONÇALVES et al., 2013). Dentre as funções da cama do aviário, ela tem influência na qualidade ambiental do galpão avícola, tais como: temperatura, umidade e composição química do ar, pois absorve umidade, é isolante térmico e absorve o impacto do peso da ave (PAGANINI, 2004 apud SAGULA, 2012). Além disso, tem como função receber as excretas das aves (fezes e urina), penas, restos de alimentos e água provenientes dos comedouros e bebedouros e secreções (BRUMANO, 2008).

A cama de aviário possui alta carga microbiana e parasitaria, como vírus e fungos (PAGANINI, 2004 apud SAGULA, 2012), absorvendo diversos rejeitos do processo de criação de aves. O ideal é realizar uma análise da cama para que o manejo seja feito com maior precisão. A quantidade de carcaças geradas na avicultura irá depender da eficiência produtiva da criação. Quanto melhor o manejo, menores serão os índices de mortalidade e, conseqüentemente, uma menor quantidade de resíduos será gerada (BRUMANO, 2008).

Na produção, subprodutos são gerados, sendo eles: amônia, cama de aviário e a compostagem de animais. A compostagem é um processo biológico de decomposição e de

reciclagem da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal, formando um composto orgânico, que pode ser aplicado no solo para melhorar suas características.

Dentre os tipos de compostagem, existe a de aves mortas, que é considerada uma tarefa de execução complexa segundo a EMBRAPA. Neste processo, é utilizada uma mistura de esterco seco de aves (cama de aviário), carcaças de aves e uma fonte de carbono adequada, como capim seco, palhada, etc.

Segundo o Guia da EMBRAPA (2011), para operar uma compostagem de aves mortas, deve-se colocar 30 cm de esterco seco (cama de aviário) no fundo da composteira, adicionar 15 cm de palha, adicionar uma camada de carcaça de aves mortas, deixando um espaço de 15 cm entre as aves e as paredes e cobrindo as carcaças com cama de aviário. Podem ser formadas várias camadas de palha, aves e esterco durante um único dia. Isso depende do tamanho das aves mortas ou quando ocorre alta mortalidade.

Em seguida, deve-se adicionar água para umedecer a superfície. Quando a última camada de aves for adicionada na caixa, deve-se cobrir a pilha com uma camada dupla de esterco seco.

3.3 Suinocultura: Caracterização e Impactos

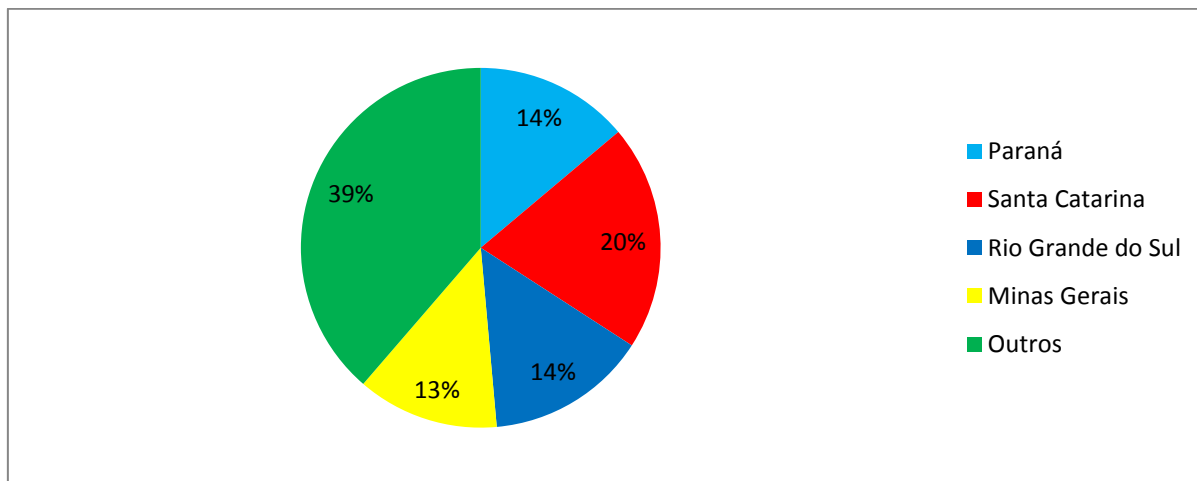
A suinocultura brasileira teve avanço significativo no contexto da cadeia produtiva no agronegócio nacional, devido ao volume de exportações da carne suína, que fez com que o Brasil passasse ter grande participação no mercado mundial. Além disso, a empregabilidade associada a todas as etapas da atividade suinicultora, promoveu empregos diretos e indiretos (GONÇALVES; PALMEIRA, 2006). No entanto, a suinocultura é uma atividade pecuária de alto impacto ambiental em virtude da quantidade de resíduos com alta carga de nutrientes, matéria orgânica, sedimentos, patógenos, metais pesados e antibióticos (AFONSO, PALHARES; GAMEIRO, 2015).

Atualmente, predomina no Brasil o sistema intensivo de criação de suínos, chamado confinamento. 81,7% da produção nacional de suínos provém de estabelecimentos rurais com até 100 hectares (FIALHO et al., 2001).

Em 2011, o rebanho brasileiro atingiu 39,3 milhões de cabeças, sendo o quarto maior do mundo. Na Região Sul, essa atividade é de extrema importância, representando cerca de 50% da produção nacional (Gráfico 2). Os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul apresentaram, entre 2007 e 2013, um incremento de 30% do seu rebanho (SEAB-PR, 2013).

O rebanho paraense é composto por 5,45 milhões de cabeças, distribuídas em todo estado, com maior concentração nos municípios de Toledo e Marechal Cândido Rondon, representando respectivamente 8,4% e 6,1% do total desse estado (SEAB-PR, 2013).

Gráfico 2: Distribuição da produção nacional de suínos em 2011.

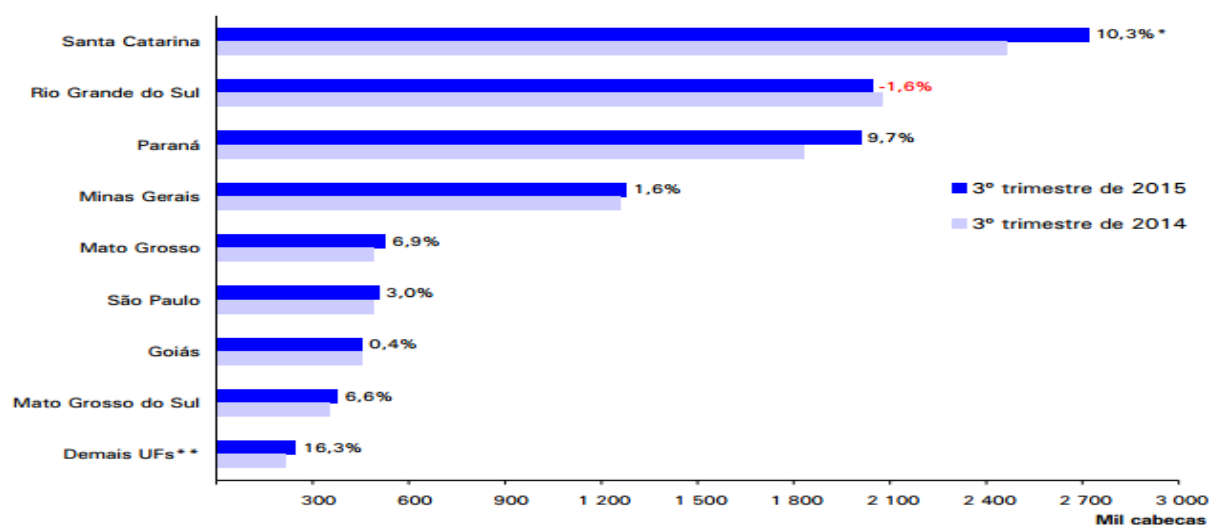


Fonte: SEAB-PR (2013).

De acordo com dados do IBGE (2015), no terceiro trimestre de 2015 foram abatidas 10.180.000 cabeças de suínos. A Região Sul representou 66,6% do abate nacional de suínos no mesmo período, seguida pelas Regiões Sudeste (18,2%), Centro-Oeste (14,0%), Nordeste (1,1%) e Norte (0,1%).

O Gráfico 3 apresenta o ranking e a variação anual do abate de suínos entre o período de 2014/2015.

Gráfico 3: Ranking e a variação anual do abate de suínos entre 3^{os} trimestres de 2014/2015.



*Variação 2015/2014. ** Agregado das Unidades da Federação com participação inferior a 1% do total nacional. Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, 2014. III e 2015. II

No comparativo entre os terceiros trimestres de 2014 e 2015, a Região Sul ampliou sua participação no abate nacional em 0,5 ponto percentual, graças ao aumento de 6,2% no número de cabeças abatidas, advindos dos incrementos em Santa Catarina e no Paraná. (IBGE, 2015).

Os dejetos da suinocultura são basicamente compostos por fezes, urina, restos de ração e água. Outros resíduos que também podem causar impactos são as carcaças dos animais mortos (PALHARES; JACOB, 2002). Contudo, a geração deste tipo de resíduo ocorre somente na fase de abate ou entre indivíduos que morrem durante o processo de engorda.

Como exemplo, é possível citar uma produção de suínos de ciclo completo, composta por 44 matrizes (porcas em lactação e gestação); 3 cachaços; 152 leitões na creche e 296 suínos com 25 a 100 quilos cada, que produz em média 3.148 litros de dejetos por dia (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998), conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4: Quantidade de dejetos líquidos de suínos produzidos por uma criação de 44 matrizes em ciclo completo, de acordo com a composição do rebanho.

Categoria	Nº animais/ categoria	Dejetos líquidos (litros/dia)	Total dejetos líquidos (litros/dia)
Porcas lactação⁽¹⁾	12	27	324
Porcas gestação	32	16	512

Cachaços	3	9	27
Leitões na creche	152	1,4	212,8
Suíños 25 a 100 kg	296	7	2.072
Total	495	---	3.147,8

Fonte: DARTORA; PERTOMO e TUMELERO (1998).

Notas:

- (1) Porcas lactação: Suínos na fase de amamentação, através da produção de leite.
- (2) Porcas gestação: É o período do suíno que vai desde a fecundação até o parto. Na porca, a gestação dura, em média, 115 a 120 dias.
- (3) Cachaços: Porco que não foi castrado, utilizado para reprodução.
- (4) Leitões na creche: Esta fase é composta por animais retirados da maternidade, que entram nas salas da creche com 28 dias e peso médio de 6 – 6,5 kg e saem com 63 – 70 dias e peso médio de 28 kg, permanecendo nesta fase por um período total de 25 – 30 dias.

Ao comparar a capacidade poluente dos dejetos suínos com os dejetos humanos, verifica-se a que quantidade de dejetos produzidos por um suíno equivale, em média, a 3,5 pessoas (DIESEL, MIRANDA; PERDOMO, 2002). Segundo Bertoncini (2011), o potencial poluidor dos dejetos de suínos é cerca de quatro vezes maior que o dos dejetos humanos. Portanto, uma granja com 600 animais possui um poder poluente semelhante ao de um núcleo populacional com aproximadamente 2.400 pessoas. Em termos de impactos ambientais para a produção do pequeno agricultor, é possível perceber que o mesmo sempre terá seu plantel composto por animais matrizes e reprodutores. Assim, junto com as indústrias e o esgoto doméstico, a suinocultura é considerada pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental, uma atividade altamente poluidora, devido ao elevado número de contaminantes contidos em seus dejetos (HOLTZ, 2010).

Na produção de suínos, tem-se buscado o máximo desempenho individual animal, com base em dietas formuladas apenas para ganho de peso, desconsiderando o que é excretado pelo animal (NRC, 1998). Como consequência, os dejetos de suínos apresentam alta carga orgânica, nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) e alguns metais como Ferro, Cobre e Zinco, que são incluídos na dieta dos animais. A concentração dos componentes pode variar largamente em função do sistema de manejo adotado e da quantidade de água e nutrientes em sua composição (KUNZ, 2006).

Kornegay e Harper (1997) estudaram as relações entre os teores presentes nas rações e os teores assimilados. A Tabela 5 apresenta os teores assimilados dos nutrientes absorvidos nos suínos submetidos a rações comumente comercializados. Em virtude disso, a taxa excretada dos nutrientes é de 45-60% do N, 50-80% do Ca e P, e 70 a 95% do K, Na, Mg, Mn, Zn, Cu e Fe.

Tabela 5: Teores assimilados dos nutrientes absorvidos nos suínos submetidos a rações comumente comercializados.

Nutrientes	Teores assimilados (%)
N	30-55
Ca	30-50
P	20-50
K	5-20
Na	10-25
Mg	15-30
Cu	5-30
Zn	5-30
Mn	5-10
Fe	5-30

Fonte: KORNEGAY; HARPER, 1997.

Uma parcela destes altos valores de nutrientes excretados pode ser depositada aos teores excessivos encontrados nas dietas alimentares. Como consequência disso, essas dietas com altas suplementações resultam em uma quantidade excessiva de nutrientes que são excretados nas fezes e urinas, ou seja, o processo de contaminação de tais nutrientes não é interrompido com o abate do animal.

3.3.1 Problemas vinculados ao manejo de dejetos gerados na produção confinada

O confinamento de suínos apresenta grande quantidade de dejetos produzidos em uma área reduzida, podendo exceder a capacidade de absorção dos ecossistemas locais, sendo considerada uma das atividades com maior potencial poluidor (CAMPOS et al., 2002; PEREIRA; DEMARCHI; BUDIÑO, 2009) e gerador de problemas de saúde relacionados com matéria orgânica, nutrientes, insetos, patógenos, odores e microrganismos gerados na atmosfera (PEREIRA; DEMARCHI; BUDIÑO, 2009).

O manejo dos dejetos é uma das partes que integra qualquer sistema de produção de animais. Ele deve ser incluído no planejamento da construção ou modificação das instalações. Na escolha do sistema de manejo dos dejetos, é necessário levar em conta diversos fatores, como por exemplo, potencial de poluição, necessidade de mão de obra, área disponível,

operacionalidade do sistema, legislação, confiabilidade e custos (SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2015). Neste sentido, não há como utilizar um único sistema de disposição e tratamento que atenda todas as situações. Cada sistema apresenta uma série de vantagens e desvantagens que devem ser consideradas na implantação do projeto (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Segundo Diesel, Miranda e Perdomo (2002), um dos principais problemas do manejo de dejetos é o alto grau de diluição, causado principalmente por vazamentos no sistema hidráulico, desperdício de água nos bebedouros e sistema de limpeza inadequados. Portanto, para que o uso de dejetos como adubo orgânico seja viável, deve-se reduzir o volume a ser destinado à lavoura e aumentar a concentração de nutrientes. Durante a fase de produção e coleta, a densidade dos dejetos, o tipo de piso, o tipo de bebedouro, a tipologia da edificação e o manejo da água para limpeza determinam o volume de dejetos líquidos produzidos. Nesta etapa deve-se evitar o desperdício de água. Uma pequena goteira num bebedouro com pressão de 2,8 kg/cm² significa uma perda de 26,5 litros/hora (0,63 m³/dia) e 150 litros/hora, caso o vazamento seja maior.

De acordo com Bertoncini (2011), o consumo de água para dessedentação de animais e lavagem de baias varia de 7 a 45 litros de água para cada animal por dia. A água de lavagem das baias é composta de fezes, urina, restos de ração, pêlos, fármacos e hormônios usados na criação dos animais. Assim, o motivo principal da poluição por dejetos de suínos é seu lançamento direto nos cursos de água e lagos. Essa atividade apresenta resultados extremamente negativos, tais como, desequilíbrios ecológicos em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água; alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e contaminação das águas potáveis com elementos tóxicos, como, por exemplo, amônia, sulfatos/sulfetos, metais pesados, metais alcalinos e alcalinos-terrosos (OLIVEIRA, 1993; DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Isto causa a morte de peixes e animais, toxicidade em plantas e eutrofização dos cursos d'água (BLEY JUNIOR, 1997 apud SILVA et al., 2010).

Os dejetos de suínos são usados em vários países para a alimentação de peixes, devido o baixo custo. A principal vantagem do dejetos na água é a produção de alimentos planctônicos que servem de alimento aos peixes. Os dejetos de suínos são mais utilizados no sistema de policultivo, onde as principais espécies de peixes são a carpa comum, a tilápia nilótica e as carpas chinesas. Entretanto, o dejetos de suíno deve ser aplicado com moderação nos ambientes aquáticos, pois, seu uso excessivo pode causar mortalidade de peixes, devido à falta de oxigênio na água. Deve-se procurar manter uma taxa de oxigênio dissolvido de 5 mg/litro. Recomenda-se utilizar uma quantia equivalente a 10% do peso vivo dos peixes,

quando a temperatura da água for superior a 20°C. Se a temperatura for menor, alimenta-se o tanque com dejetos na quantia de 3 a 5% do peso vivo dos peixes. (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Dentre as alternativas possíveis para destinação dos dejetos de suínos, a mais aceitável pelos agricultores tem sido sua utilização como fertilizante (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Segundo Bertoncini (2011), os dejetos da suinocultura, sem tratamento ou parcialmente tratados têm sido usados constantemente em áreas vizinhas à granja, pois o custo do seu transporte para áreas distantes é alto. Diesel, Miranda e Perdomo (2002) comentam que quando a distância é maior que 10 km entre a esterqueira e a lavoura, só é viável a aplicação se o transporte for realizado por tanques com grande capacidade de armazenamento. Entretanto, elevados teores de sódio podem ocorrer nos solos com dejetos, dificultando e até impedindo a absorção de água pela planta e prejudicando seu desenvolvimento (BERTONCINI, 2011).

Além disso, o nitrogênio presente nos dejetos de suínos tem sido indicado como um elemento altamente poluidor, em razão do mesmo estar presente em grande quantidade nos dejetos líquidos de suínos e, de possuir grande mobilidade no solo, sendo estimado pela volatilização de amônia, pelo escoamento superficial, lixiviação de nitrato e por desnitrificação (BASSO, 2003)

O dejetos de suíno, quando aplicado na forma líquida ao solo ou depositado em lagos sem revestimento, pode acarretar na redução da capacidade de filtração do solo e retenção de nutrientes ao longo dos anos. Assim, muitos nutrientes atingem águas subterrâneas, causando contaminação. Em solos arenosos o fósforo (P) orgânico dissolve-se mais rapidamente que o fósforo (P) mineral, pois o esterco favorece a solubilização dos fosfatos. O mesmo fator não ocorre em solos argilosos, porém é insignificante e não causa danos a lençóis profundos (OLIVEIRA, 1993).

Algumas pesquisas alertam que, apesar do dejetos influenciar positivamente na produtividade das culturas em curto prazo, esta utilização é problemática no médio prazo, pois existe um desequilíbrio entre a composição química dos dejetos e a quantidade requerida pela planta, resultando em acúmulo de nutrientes no solo e no ambiente. Sendo assim, as quantidades de nutrientes adicionadas não devem ser maiores que as quantidades possíveis de serem absorvidas pela planta (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Segundo Diesel, Miranda e Perdomo (2002), na maioria dos países da Europa a legislação de proteção ambiental é muito rígida com relação aos dejetos produzidos pelos suínos e outros animais, devido à dificuldade de distribuição dos mesmos. Contudo, no Brasil,

é recente a preocupação em tentar minimizar esses impactos. Somente a partir de 1991 começou-se a se dar uma maior importância a este assunto, passando o Ministério Público a cobrar o cumprimento da legislação, aplicando advertências, multas e mesmo o fechamento de granjas.

3.4 Aspectos Gerais do Processo de Licenciamento Ambiental

A Constituição Federal (1988) previu, em seu art. 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Com isso, o meio ambiente tornou-se direito fundamental do cidadão, cabendo tanto ao governo quanto a cada indivíduo o dever de resguardá-lo.

A defesa do meio ambiente apresenta-se também como princípio norteador e inseparável da atividade econômica na Constituição Federal. Desse modo, não são admissíveis atividades da iniciativa privada e pública que violem a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2009). Em se tratando de dejetos, a avicultura possui uma regulamentação mais branda, enquanto a suinocultura é mais exigente, visto que a mesma é considerada uma atividade com alto potencial poluidor. Esta é uma das razões pela qual a suinocultura está sujeita ao controle ambiental e deve ter licenciamento ambiental, cuja aplicação encontra-se prevista no art. 60 da Lei Federal (ZANELLA, 2012).

O licenciamento é também um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), cujo objetivo é agir preventivamente sobre a proteção do bem comum do povo – o meio ambiente – e compatibilizar sua preservação com o desenvolvimento econômico-social. Ambos, essenciais para a sociedade, são direitos constitucionais. A meta é cuidar para que o exercício de um direito não comprometa outro igualmente importante.

A previsão do licenciamento na legislação ordinária surgiu com a edição da Lei nº 6.938/81, que em seu art. 10 estabelece:

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento por órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.

Licenciamento Ambiental é o procedimento administrativo, onde os órgãos ambientais competentes regulamentam a localização, instalação e operação de uma atividade que utilize recursos ambientais, que possam causar algum dano ambiental ou que são potencialmente poluidoras. A licença ambiental é o ato administrativo, no qual o órgão ambiental estabelece condições, restrições, ou medidas de compensação para que dada empresa possa se adequar as questões ambientais, para assim desempenhar determinada atividade (BRASIL, 1997).

Toda atividade que pretende obter uma licença ambiental deve solicitar junto aos órgãos ambientais competentes, como IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Ambientais), e no Paraná, o IAP (Instituto Ambiental do Paraná), além de entidades municipais (MMA, 2009).

A Resolução CONAMA nº 237/97 estabelece que o processo de licenciamento ambiental é constituído de três tipos de licenças, sendo cada uma exigida em uma etapa específica do licenciamento. Assim, temos: a Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e a Licença de Operação (LO).

A LP, segundo o Art. 8º, § I, da resolução do CONAMA nº 237/97 estabelece no seu tocante, que será concedida na fase de planejamento e avaliação de viabilidade ambiental. Nela, devem ser levantados os possíveis impactos ambientais e sociais e a sua abrangência.

A expedição da LI pelos órgãos gestores autoriza a instalação do empreendimento e todas as fases de controle e planos ambientais. Deste modo, o gestor autoriza o empresário a iniciar a obra, implementar ações de controle e qualidade (MMA, 2009).

A LO autoriza o funcionamento da atividade, após aprovadas as duas licenças anteriores e analisa o cumprimento das especificações de controle e qualidade ambiental, considerando tudo o que está relacionada à operação do empreendimento. Quando houver alguma modificação no mesmo, deve ser solicitada uma nova licença.

O Art. 9º da resolução CONAMA nº 237/97, relata que o órgão ambiental poderá, no entanto, definir licenças ambientais específicas, observadas a natureza, características e peculiaridades da atividade ou empreendimento e, ainda, a compatibilização do processo de licenciamento com as etapas de planejamento, implantação e operação. No Estado do Paraná foram estabelecidas, além do procedimento normal de licenciamento, algumas modalidades de licenciamento ambiental, dentre elas a Licença Ambiental Simplificada (LAS) e a Declaração de Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual (DLAE), direcionadas a estabelecimentos rurais com atividades consideradas de baixo impacto ambiental. No entanto, seria importante avançar neste debate sobre o que caracteriza uma atividade de baixo impacto

ambiental. Considerando uma tendência recente de flexibilização de normas ambientais no Brasil, o conceito de atividade de baixo impacto deveria ser alvo de um amplo processo de discussão entre os setores envolvidos.

Segundo a Resolução Conjunta SEMA/IAP nº 009/10, a Licença Ambiental Simplificada consiste em um ato administrativo único, o qual aprova a localização e a concepção do empreendimento, atividade ou obra de pequeno porte e/ou que possua baixo potencial poluidor/degradador, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos. Ela também autoriza a instalação e operação de acordo com as especificações constantes dos requerimentos, planos, programas e/ou projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes determinadas pelo IAP.

Ficam passíveis de licenciamento ambiental simplificado os empreendimentos com as características constantes na Tabela 6, Artigo 5º da Resolução nº 70/09 do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEMA).

Tabela 6: Empreendimentos passíveis de licenciamento ambiental simplificado.

Empreendimento/Atividade	Volume de transformação ou produção (limite máximo)
Abatedouro de aves	3.000 aves/mês
Abatedouro de suínos	60 cabeças/mês

Fonte: Resolução nº 70/2009 - CEMA

Os sistemas de produção são enquadrados de acordo com o tamanho do plantel de cada empreendimento. Segundo o IAP, a Declaração de Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual (DLAE) é concedida para os empreendimentos cujo licenciamento ambiental não compete ao órgão ambiental estadual, conforme os critérios estabelecidos em resoluções específicas.

Conforme Resolução SEMA nº 51/09, alguns empreendimentos ficam passíveis de Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual - DLAE, sem prejuízo ao Licenciamento Ambiental Municipal, em função de seu reduzido potencial poluidor/degradador, como:

- a) Os empreendimentos de avicultura, com área construída em confinamento de no máximo 1.500 m² em área rural, de acordo com o estabelecido na Resolução SEMA nº 24/08;
- b) Os empreendimentos de suinocultura com até 10 animais em terminação ou até 03 matrizes, com sistema de criação de confinamento ou mistos.

Em relação à localização de aviários, a Resolução SEMA nº 24/08 no Art. 10, estabelece as seguintes exigências:

I-As áreas devem ser de uso rural e estar em conformidade com as diretrizes de zoneamento do município; II-A área do empreendimento, incluindo armazenagem, tratamento e disposição final de esterco, deve-se situar a uma distância mínima de corpos hídricos, de modo a não atingir áreas de preservação permanente, conforme estabelecido no Código Florestal; III-A área do empreendimento, incluindo armazenagem, tratamento e destinação final de esterco, deve-se situar a uma distância mínima conforme estabelecido no Código Sanitário do Estado.

No Capítulo II da Resolução CEMA nº 65/08, que trata das disposições gerais sobre Licenciamento e Autorização Ambiental de atividades potencialmente poluidoras, degradadoras e/ou modificadoras do meio ambiente, é determinado que:

A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos, atividades ou obras utilizadoras de recursos ambientais no Estado do Paraná consideradas efetiva e/ou potencialmente poluidoras e/ou degradadoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento ou autorização ambiental do IAP e quando couber, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis (Artigo 59).

No Art. 2º da Res. CEMA nº 65/08, é definido autorização ambiental como sendo:

Aprova a localização e autoriza a instalação, operação e/ou implementação de atividade que possa acarretar alterações ao meio ambiente, por curto e certo espaço de tempo, de caráter temporário ou a execução de obras que não caracterizem instalações permanentes, de acordo com as especificações constantes dos requerimentos, cadastros, planos, programas e/ou projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambientais e demais condicionantes determinadas pelo IAP.

A Res. SEMA nº 24/08 que trata sobre o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Avicultura no Estado do Paraná estabelece que ficam passíveis da Declaração de Dispensa de Licenciamento Ambiental os empreendimentos com área construída de confinamento de, no máximo, 1.500 m² em área rural.

Para a Dispensa de Licenciamento Ambiental, a Res. SEMA nº 24/08 Art. 4º exige:

I- Requerimento de Licenciamento Ambiental; II- Cadastro de Empreendimentos de Avicultura, detalhando ou anexando croqui de localização do empreendimento contendo distância dos corpos hídricos,

indicando as áreas de preservação permanente, vias de acesso principais e pontos de referências; III- Documentos de propriedade ou justa posse rural, conforme o artigo 57 da Resolução CEMA nº 065, de 01 de julho de 2008; IV- Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental.

A mesma Resolução determina que a Dispensa do Licenciamento Ambiental não exime o dispensado das exigências legais quanto à preservação do meio ambiente e, que qualquer alteração na área construída de confinamento para os empreendimentos de Avicultura, deverá ser solicitada a respectiva Licença Ambiental.

Segundo a Instrução Normativa (IN) SEMA nº 105.006/04, que trata sobre os empreendimentos da suinocultura, os critérios de licenciamento ambiental levam em consideração aspectos locais e técnicos a serem observados e adotados.

Quanto à localização, o empreendimento de suinocultura deverá atender no mínimo, os seguintes critérios:

a) As áreas devem ser de uso rural e estarem em conformidade com as diretrizes de zoneamento do município; b) A área do empreendimento, incluindo armazenagem, tratamento e disposição final de dejetos, deve situar-se a uma distância mínima de corpos hídricos, de modo a não atingir áreas de preservação permanente, conforme estabelecido no Código Florestal; c) A(s) área(s) de criação, bem como de armazenagem, tratamento e disposição final de dejetos, deve(m) estar localizada(s), de acordo com o Decreto Estadual nº 5.503, de 21 de março de 2002, no mínimo, nas distâncias e condições abaixo especificadas: c.1 50 (cinquenta) metros das divisas de terrenos vizinhos, podendo esta distância ser inferior quando da anuência legal dos respectivos confrontantes; c.2 12 (doze) metros de estradas municipais; c.3 15 (quinze) metros de estradas estaduais; c.4 55 (cinquenta e cinco) metros de estradas federais; e c.5 50 (cinquenta) metros de distância mínima, em relação a frentes de estradas – exigida apenas em relação às áreas de disposição final dos dejetos; d) na localização das construções para criação de animais, armazenagem, tratamento e disposição final de dejetos – devem ser consideradas as condições ambientais da área e do seu entorno, bem como, a direção predominante dos ventos na região, de forma a impedir a propagação de odores para cidades, núcleos populacionais e habitações mais próximas; e e) não será permitida a implantação de novos empreendimentos de suinocultura à montante de pontos de captação de água para fins de abastecimento público.

De acordo com a I.N. SEMA 105.006/04, o licenciamento se dará conforme o porte do empreendimento, representado no quadro abaixo:

Quadro 3: Licenciamento ambiental de acordo com o porte do empreendimento.

Porte	Licenciamento ambiental			Autorização
	Prévia	De instalação	De operação	

Mínimo	Não	Não	Não	Sim
Pequeno	Sim	Sim	Sim	Não
Médio	Sim	Sim	Sim	Não
Grande	Sim	Sim	Sim	Não
Excepcional	Sim	Sim	Sim	Não

Fonte: I.N SEMA 105.006/04

No caso do porte mínimo para empreendimentos de suinocultura, a Res. SEMA nº 31/98 destaca que é necessário o pedido de Autorização Ambiental, devendo conter no mínimo os seguintes documentos:

- a) Requerimento de Licenciamento Ambiental; b) Cadastro de Empreendimentos de Suinocultura; c) Anuência Prévia do Município, expedida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente ou outra área responsável pelas questões municipais ambientais, em relação ao empreendimento, declarando a inexistência de óbices quanto a lei do uso do solo, Lei Orgânica e demais legislação ambiental municipal; d) Comprovante de recolhimento de taxa de licenciamento; e) Projeto Simplificado de Tratamento e Disposição Final de Dejetos, conforme diretrizes deste IAP; e f) No caso de disposição de dejetos no solo para fins agrícolas, em áreas em que o interessado não é o proprietário, apresentar “Termo de Compromisso” firmado em Cartório entre os interessados (Art. 110, SEMA, 2004).

A Res. SEMA nº 31/98 também define três tipos de sistema, segundo o porte do empreendimento: a) Sistema 1 – até 50 (cinquenta) matrizes; b) Sistema 2 – até 20 (vinte) matrizes; c) Sistema 3 – até 200 (duzentos) animais (Art. 96 SEMA, 1998).

Desta forma, após verificar o cumprimento das exigências impostas para o licenciamento do empreendimento, o IAP emitirá a Autorização Ambiental para funcionamento do empreendimento, com validade de 01 (um) ano.

O interessado deverá solicitar a autorização ao IAP, que realizará vistoria na área em questão, estabelecendo, através do Relatório de Inspeção, as exigências mínimas necessárias, visando o tratamento e/ou destinação final adequada dos dejetos, conforme preconizado na IN nº 105.006/04.

3.5 Legislação para a Destinação, Tratamento e Reaproveitamento de Dejetos Suínos e de Aves

No Brasil, enquanto os recursos se apresentavam em abundância, sua utilização não representava um problema. A partir da constatação de impactos ambientais, normas e ações para a proteção do meio ambiente foram sendo aplicadas. A partir do século XX, o país passou a considerar os prejuízos causados ao meio ambiente criando leis específicas (BURATO, 2009).

A suinocultura, reconhecida como atividade potencialmente poluidora, não tem em nível nacional uma legislação específica aplicável ao setor. O que existe são normas e recomendações que interferem na produção da atividade (HARDLICH, 2004). De acordo com a Lei nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais), o suinocultor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais.

Segundo Harlich (2004), os principais pontos abordados em leis são os que dizem respeito: à localização das instalações, emissão de efluentes líquidos e ao destino final dos dejetos. Esses três elementos são os fatores mais observados para que uma propriedade esteja de acordo com legislação ambiental.

3.5.1 Localização de Atividades Pecuárias

Além das limitações relacionadas às Áreas de Preservação Permanentes (APPs) definidas no Código Florestal (Lei nº 12.651/12), existem outras exigências específicas para empreendimentos de criação de animais. É válido lembrar que muitas áreas de criação foram diminuídas conforme diminuíram as APPs.

A resolução nº 31/98 da SEMA/IAP, estabelece algumas instruções normativas em relação aos aspectos locacionais, válidas para a instalação de empreendimentos de avicultura e suinocultura no estado do Paraná. As áreas dos criatórios e de armazenamento e de tratamento de dejetos devem estar localizadas em áreas rurais e de acordo com as diretrizes de zoneamento do município. A(s) área(s) de criação, bem como de armazenagem, tratamento e disposição final de dejetos, deve(m) estar localizada(s), de acordo com o Decreto Estadual nº 5.503, de 21 de março de 2002, que define as seguintes distâncias e condições:

- a) 50 (cinquenta) metros das divisas de terrenos vizinhos, podendo esta distância ser inferior quando da anuência legal dos respectivos confrontantes;
- b) 12 (doze) metros de estradas municipais;
- c) 15 (quinze) metros de estradas estaduais;
- d) 55 (cinquenta e cinco) metros de estradas federais;
- e) 50 (cinquenta) metros de distância mínima, em relação a frentes de estradas - exigida apenas em relação às áreas de disposição final dos dejetos;
- f) Deverão estar localizados de modo a não permitir a propagação de odores para cidades, núcleos populacionais e habitações mais próximas;
- g) Não será permitida a implantação de novos empreendimentos de suinocultura à montante de pontos de captação de água para fins de abastecimento público (PARANÁ, 2002).

Para o registro de estabelecimentos avícolas, a Instrução Normativa n. 56/07 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) exige que seja apresentada uma planta de localização da propriedade, croqui ou o levantamento aerofotogramétrico, assinada por técnico profissionalmente habilitado, indicando todos os cursos d'água presentes, além de um memorial descritivo das medidas higiênico-sanitárias e de biossegurança que serão adotadas com a água (MAPA, 2007).

Além de aspectos locacionais, a legislação prevê a realização de processo técnico administrativo que discipline e controle todo o empreendimento de avicultura, que é o licenciamento ambiental.

4 AVICULTURA

4.1 Definição do porte e caracterização dos empreendimentos da avicultura

De acordo com a Resolução SEMA nº 24/08 que estabelece condições e critérios para o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Avicultura no Estado do Paraná e engloba atividades de avicultura comercial, como granjas, incubatório, postura comercial, postura de ovos férteis e avicultura de corte, avestruz, peru e frangos, faz-se necessário um processo de licenciamento ambiental que varia conforme a tipologia, porte e sistema de criação. Os tipos de empreendimentos são os seguintes: Incubatório; Postura comercial; Postura de ovos férteis; Avicultura de corte.

Em relação ao porte do empreendimento, a definição se dá pela área de confinamento, ou seja, do aviário, conforme indicado na Tabela 7.

Tabela 7: Definição do porte de empreendimento

Porte do empreendimento	Área de confinamento
Micro	Até 1.500 m ²
Mínimo	Até 2.500 m ²
Pequeno	2.501 a 5.000 m ²
Médio	5.001 a 10.000 m ²
Grande	10.001 a 40.000 m ²
Excepcional	Maior que 40.000 m ²

Fonte: Res. SEMA nº 24/08.

Segundo o artigo 4º da Res. SEMA nº 24/08, ficam passíveis de Dispensa de Licenciamento Ambiental os empreendimentos de avicultura, com área construída de confinamento com até 1.500 m², situados em área rural. Já os empreendimentos de avicultura com área construída de confinamento de 1.501 a 2.500 m² devem requerer e possuir a Licença Ambiental Simplificada (LAS).

4.2 Geração de dejetos conforme o porte – quantidade gerada

Em termos de legislação tanto federal quanto estadual, não há nenhum item específico quanto à geração de dejetos conforme o porte para empreendimentos de avicultura, ou seja, não há parâmetros mínimos e máximos.

4.3 Disposição e armazenamento de dejetos

Em relação à avicultura, estudos relacionados ao impacto ambiental da avicultura nos solos ainda são muito escassos devido à falta de sensibilização para sua importância. A forma mais comum de poluição e contaminação do solo em regiões avícolas está relacionada ao uso abusivo de dejetos como fertilizantes. Sempre que possível, a aplicação dos resíduos não deve ocorrer de forma superficial, devendo estes ser incorporados ao solo, principalmente no sistema de produção de pastagem (PALHARES; KUNZ, 2011).

Para Bonato (2011), entre as alternativas utilizadas como forma de armazenagem de resíduos, tem-se a cama sobreposta ou cama de aviário, também conhecida como “*deep bedding*”.

4.3.1 Cama sobreposta

Este sistema fundamenta-se, basicamente, na absorção do material excretado pelos animais (fezes e urina) por um composto absorvente, transformando o material em um composto pastoso ou sólido, utilizado posteriormente como fertilizante orgânico.

A cama sobreposta foi desenvolvida no Brasil pela Embrapa Suínos e Aves e consiste na utilização de uma camada profunda de substrato que atua como absorvente de dejetos orgânicos dos animais no período em que permanecem no local. Simultaneamente ao processo de absorção, ocorre a decomposição do material orgânico, por meio de um tratamento biológico, estabilizando o material para posterior uso como fertilizante (BONATO, 2011).

A cama sobreposta tem por objetivo reduzir os investimentos em edificações, minimizar os riscos de poluição e melhorar a valorização agrônômica do composto como adubo orgânico. Entretanto, sua disposição e uso requerem alguns cuidados em relação à construção das edificações, tais como: maior altura do pé-direito e maior ventilação; maior

disponibilidade de água; disponibilidade de material de boa qualidade para a cama; e um plantel de matrizes com bom estado sanitário (COSTA et al., 2006).

As vantagens da disposição de dejetos em camas estão na redução de cerca de 50% do volume de dejetos, aumento de matéria seca, menor emissão de NH_3 (reduzindo odores desagradáveis característicos da criação de suíno), melhor balanço d'água, evitando acúmulo e necessidade de armazenamento dessa água e melhor produção de calor. Há ainda outros fatores que podem ser citados como vantagens, como a maior facilidade na operacionalidade no manejo dos dejetos, menor dependência de grandes áreas cultivadas e maior facilidade na disposição e transporte do material (ARNS, 2004).

Quanto à escolha do material para fazer a cama, alguns aspectos devem ser observados, como:

- (i) possuir uma boa capacidade de absorção e serem biodegradáveis; (ii) apresentarem características específicas em relação à modificação do meio, em relação ao conforto dos animais, temperatura da cama (evitando oscilações) e considerar o contato direto dos animais com as excreções;
- (iii) apresentar tamanho de partículas de média a grande, com alto teor de carbono (celulose e lignina), com boa condutividade térmica, com boa capacidade higroscópica, facilidade de liberação da umidade absorvida, menor custo e não promover a multiplicação de patógenos (ARNS, 2004, p.35).

A escolha dos materiais utilizados para formar a cama está geralmente associada à disponibilidade dos mesmos na região e ao custo de aquisição. Os materiais mais utilizados são maravalha, serragem, palha de cereais, sabugo de milho triturado, casca de arroz, palha de soja, casca de café e bagaço de cana triturado (FERREIRA et al., 2010). A qualidade do material utilizado para formar a cama é considerada muito importante, pois ela refletirá decisivamente no desempenho produtivo e nas condições sanitárias dos lotes e no seu efeito fertilizante (ARNS, 2004).

O tempo de permanência do material nas edificações depende de vários aspectos, entre eles, das condições climáticas de cada local, do tipo de manejo adotado no sistema, profundidade do leito, regime de alimentação dos animais e características do material utilizado (KUNZ et al., 2005). Durante a permanência da cama nas baias, troca-se os lotes de animais e apenas parte da cama é substituída ou adicionada em cima da parte mais molhada (em função dos dejetos), conservando-se a parte mais seca, que em geral é a mais próxima dos comedouros (ROPPA, 2003). O tipo de material utilizado como cama apresenta tempos de

permanência diferentes, variando de acordo com o tipo de material e fase de produção (KUNZ, 2005).

Alguns fatores devem ser levados em consideração para o máximo desempenho permitido pelo potencial genético dos animais. Para preservar a qualidade e prolongar a vida útil de uma cama é necessário que o ambiente no qual os animais são criados represente uma interação entre as variáveis interdependentes, como qualidade do ar, temperatura, umidade, ventilação, número de animais por metro quadrado, etc. A qualidade do ar é influenciada pelas condições da cama e esta pelo tipo de material utilizado, que, juntamente com o grau de umidade e temperatura irão determinar os níveis de amônia presentes no meio. Além desses fatores inerentes ao ambiente interno, existem influências externas, como a própria temperatura ambiente, a época do ano e a localização da instalação (AVILA; MAZZUCO; FIGUEIREDO, 1992).

O material utilizado para receber os dejetos deve contribuir para o conforto aos animais, de forma a evitar oscilações de temperatura no interior da instalação e o contato direto das aves com as fezes e com o piso. O material considerado deve absorver a umidade do piso e diluir a excreta para proporcionar as práticas de manejo que maximizem a vida útil da cama e seu posterior aproveitamento no final da criação. As determinações, buscando a preservação ecológica, indicam a redução da disponibilidade dos materiais comumente utilizados com o objetivo de servir como cama, principalmente a raspa de madeira (maravalha), que tende a se tornar escassa. É, portanto, imprescindível e urgente a procura de materiais alternativos e a adoção das práticas de reutilização da cama na criação de lotes subsequentes (AVILA; MAZZUCO; FIGUEIREDO, 1992). Na Figura 1 é representada uma imagem de cama de aviário.

Figura 1: Cama de aviário.



Fonte: SCHEMAQ, 2016.

A principal causa da poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos é seu lançamento direto sem o devido tratamento nos cursos d'água, o que ocasiona desequilíbrios ecológicos e poluição da água, disseminação de patógenos e contaminação das águas potáveis com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos. Devido a estas características, o manejo dos dejetos deve ser realizado de forma a minimizar os impactos ambientais. Cabe salientar, porém, que o tipo de manejo adotado pelos produtores dependerá do sistema de produção utilizado e da quantidade de dejetos produzida (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015).

4.4 Parâmetros dos dejetos brutos para lançamento ou disposição

Segundo o Art. 11 da Resolução SEMA nº 24/08, para o lançamento de efluentes líquidos de empreendimentos de avicultura em Corpos Hídricos ficam estabelecidos os seguintes padrões:

I-pH entre 5 a 9; II- temperatura inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C; III- materiais sedimentáveis: até 1 ml/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; IV- regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do empreendimento. V- óleos e graxas: óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l; VI- ausência de materiais flutuantes; VII- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) até 50 mg/l; VIII- DQO (Demanda Química de Oxigênio) até 150 mg/l; IX- Cobre: 1,0 mg/l de Cu; X- Zinco: 5,0 mg/l de Zn; XI- Nitrogênio amoniacal total: 20 mg/l de N.

O Ofício Circular Conjunto do Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários (DFIP) nº 1/08, do Ministério da Agricultura e Pecuária, define os parâmetros de qualidade de água que devem ser monitorados em estabelecimentos avícolas, representados na Tabela 8.

Tabela 8: Parâmetros de qualidade da água monitorados em estabelecimentos avícolas.

Parâmetro	Nível
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
Ph	6 a 9
Dureza total	< 110 mg/L
Cloreto	< 250 mg/L
Nitrato	< 10 mg/L
Sulfato	250 mg/L

E. Coli	0 a 100 mL
----------------	------------

Fonte: DSA nº 1/08.

De acordo com Von Sperling (2005), os principais parâmetros que devem ser analisados para atividades de matadouros, frigoríficos e abatedouros são: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos em suspensão (SS), óleos e graxas, nitrogênio total (N), fósforo total (P) e pH. A Tabela 9 apresenta os padrões de lançamentos e valores máximos permitidos, de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/11 e Instrução Normativa IAP/DIRAM 105.006/04.

Tabela 9: Padrões de lançamentos de efluentes e valores máximos permitidos.

Parâmetro	Valo máximo CONAMA n° 430/2011	Instrução Normativa IAP/DIRAM 105.006
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	120,0 mg/L (Redução mínima de 60%)	Até 50,0 mg/L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Não legislado	Até 150,0 mg/L
Detergentes	Não legislado	Não legislado
Fósforo total	0,15 mg/L	Não legislado
Nitrogênio total	Não legislado	20,0 mg/L
Óleos e graxas	Até 20,0 mg/L minerais Até 50,0 mg/L de óleos minerais e gorduras animais	Até 50,0 mg/L
O _{Ph}	5 a 9	5 a 9
Temperatura	Inferior a 40°C com ΔT não excedente 3°C	Inferior a 40°C com ΔT não excedente 3°C
Sólidos sedimentáveis	Até 1,0 ml/L	Até 1,0 ml/L
Sólidos suspensos totais	Não legislado	Ausência de materiais flutuantes
Regime de lançamento	Não legislado	vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do empreendimento
Cobre	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Zinco	5,0 mg/L	5,0 mg/L

Fonte: CONAMA (430/11); IAP/DIRAM 105.006.

O MAPA, por meio da Instrução Normativa 36/2012 também exige que seja apresentado documento comprobatório da qualidade microbiológica da água de consumo das aves, conforme os padrões definidos pela legislação vigente (MAPA, 2012). Os principais meios de captação de água para as granjas avícolas são poços artesiano e semi-artesiano (águas subterrâneas) e fontes naturais (águas superficiais) (MACARI; SOARES, 2012). Do ponto de vista microbiológico, as águas superficiais estão mais sujeitas à contaminação do que as águas subterrâneas, apesar destas últimas também estarem susceptíveis a este tipo de contaminação (AMARAL, 2004).

O efluente gerado da avicultura é caracterizado por conter grandes quantidades de sangue, gordura, excrementos, substâncias do trato digestório dos animais, etc. Portanto, ele é considerado potencialmente poluente devido a sua grande capacidade de dispersão e por conter resíduos com elevada concentração de matéria orgânica (BEUX, 2005).

4.5 Tratamento dos dejetos

Quando a cama de aviário é aplicada de forma desordenada no solo, sem o devido tratamento, contamina o solo com amônia, presente em alta quantidade, que é gerada a partir da decomposição microbiana dos dejetos das aves (OLIVEIRA; BIAZOTO, 2013). Além disso, o fósforo é encontrado em altas quantidades nas excretas das aves, porém, a aplicação excessiva na adubação pode saturar a capacidade do solo e plantas de utilizar este nutriente, acarretando na lixiviação e posterior contaminação do lençol freático (OVIDO-RONDÓN, 2008). A preocupação pelo seu uso como fertilizante é crescente. Deste modo, é necessário desenvolver medidas que possam mitigar os riscos de contaminação (BLAKE, 1996).

Segundo Hardoim (1999), um sistema de tratamento de dejetos excelente deve ser projetado para reduzir o impacto ambiental e potencializar a recuperação dos recursos, com a finalidade de aproveitá-los para o aumento da produtividade.

Utembergue, Afonso e Pereira (2012) analisam que as técnicas de tratamento de dejetos são alternativas viáveis que visam à redução da poluição ambiental. A utilização dos produtos gerados a partir de diferentes técnicas pode trazer lucros, como por exemplo, através da comercialização dos resíduos tratados (adubo) ou geração de biogás; e reduzir custos, como é o caso da utilização em lavouras como adubo nos estabelecimentos rurais com avicultura. Deste modo, é importante ressaltar que o destino adequado dos dejetos reduz significativamente os potenciais de contaminação, seja do solo, água ou ar. Assim, é de suma importância um manejo adequado visando minimizar impactos produzidos.

Para Seiffert (2000), o tratamento refere-se a qualquer sistema usado para reduzir o potencial poluente de resíduos, ou a alteração de sua composição original. Os sistemas de tratamento contemplam lagoas de tratamento, compostagem e geradores de biogás. Além disso, existem também sistemas de tratamento que envolvem aeração mecânica e tanques de oxidação, porém, eles têm sido pouco utilizados, devido aos custos elevados de instalação e operação. Para as alternativas de tratamento para dejetos avícolas, destacamos aqui a compostagem e o uso do biogás.

4.5.1 *Compostagem*

A compostagem é uma prática bastante utilizada para decomposição e bioestabilização dos resíduos orgânicos sólidos, sendo um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem (SILVA et al., 2007). Essa técnica permite obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica. A compostagem é um processo de digestão aeróbia da matéria orgânica por microrganismos em condições favoráveis de temperatura, umidade, aeração, pH e qualidade da matéria-prima disponível (REBONATO, 2012).

Segundo Silva (2007), a compostagem é um processo ambientalmente seguro, devido que ocorre a eliminação de patógenos e microrganismos nocivos. A matéria orgânica neutraliza várias toxinas e imobiliza metais pesados reduzindo assim a absorção destes materiais indesejáveis às plantas. Além de impedir que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou alcalinidade.

Para Sartori et al. (2015), a região Sul do Brasil é caracterizada pela criação intensiva de frangos. Durante o período de crescimento e engorda, as aves são mantidas em galpões, cujo assoalho é coberto por uma camada espessa de serragem, chamada de cama de aviário”, servindo de suporte para os lotes de frangos. Esta cama permanece no galpão por aproximadamente 300 dias, e resulta no final deste período, em um material rico em nutrientes, principalmente Nitrogênio, além de restos de ração e excretas dos animais. Normalmente, este material quando retirado dos galpões, é levado para o campo, permanecendo armazenado, ocasionado a perda do material, provocada pela solubilização e lixiviação dos nutrientes, além de representar contaminação para as águas e solo com altas concentrações de nutrientes.

A cama de aviário sem passar pelo processo de compostagem, é considerada um dos principais resíduos utilizados de maneira incorreta na agricultura.

Para a realização de uma compostagem bem sucedida, é necessário um processo de pré-compostagem, que envolvem as seguintes etapas: determinação da relação carbono/nitrogênio, escolha dos materiais de mistura, granulometria, pesagem e mistura, local adequado, dimensionamento das pilhas ou leiras, controle de mistura e aeração, temperatura, odor, maturação, qualidade do composto orgânico final e beneficiamento (AUGUSTO; KUNZ, 2011).

O ideal é que a compostagem seja realizada em local próximo da produção do dejetos. Locais muito distantes das granjas são economicamente desaconselháveis, pois o transporte onera os custos e pode inviabilizar o processo. O pátio disponível para a compostagem pode ser arquitetado para pequenos e grandes projetos e irá depender da quantidade de dejetos produzidos. O solo deve ser compactado e impermeabilizado evitando a infiltração de água de chuva contaminada com dejetos às águas subterrâneas (AUGUSTO; KUNZ, 2011).

A compostagem apresenta algumas vantagens, as quais podemos são relatadas por Sartori et al. (2015): Aumento da saúde do solo – a matéria orgânica compostada se liga com as partículas do solo, ajudando na retenção da água e drenagem do solo, melhorando sua aeração; Redução da erosão do solo – o composto aumenta a capacidade de infiltração da água, reduzindo a erosão; Redução de doenças de plantas – o composto aumenta a população de microrganismos desejáveis; Manutenção da temperatura e estabilização do pH do solo – o composto favorece a atividade biológica no solo; Ativação da vida do solo – o composto favorece a reprodução de microrganismos benéficos às culturas agrícolas; Processo ambientalmente seguro – a compostagem reduz o impacto e a poluição do ambiente; e Economia de tratamento de efluentes – o composto se solubiliza lentamente e é absorvido pelas plantas, não sendo carregado para o lençol freático.

Para a realização da compostagem, há algumas condições necessárias, sendo elas: O local escolhido deve ser de fácil acesso; Estar próximo de onde está armazenado o material palhoso, que será usado em grande quantidade; Estar próximo a uma fonte de água, uma vez que o material será molhado à medida que as camadas vão sendo colocadas e também quando o material será revolvido, visto que acontece várias vezes durante o processo de compostagem; Estar em local com baixa declividade, até 5% para facilitar o preparo e o manejo da pilha de composto, permitindo a drenagem da água da chuva; O composto pode ser feito em campo aberto, em chão batido, sendo desnecessário piso cimentado (SARTORI et al., 2015).

Na cartilha de compostagem para os agricultores, Sartori et al. (2015) descrevem os passos de como fazer o composto, devendo seguir os seguintes passos:

a) Distribuir a camada de palha e/ou capim no solo com 20 centímetros de altura e 1,8 a 2,0 metros de largura ou mais, podendo o comprimento variar de acordo com a quantidade de material a ser compostado, além de molhar bem antes de colocar outros materiais em cima;

b) Misturar e umedecer os materiais a serem compostados: para cada 1 m³ de materiais (0,5 m³ de dejetos sólidos e 0,5 m³ de palhadas);

- c) Formar a pilha até 1,20 m a 1,5 m de altura, com a mistura umedecida a 60% (ao apertar a massa do composto com a mão não deve escorrer água);
 - d) Cobrir com palhada seca a pilha pronta, para manter a umidade e a temperatura;
- Na figura 2, é possível observar o manejo de uma compostagem.

Figura 2: Compostagem de cama de aviário.



Fonte: Santos (2005).

Além disso, é importante salientar que a forma e o tamanho da pilha de compostagem influenciam a velocidade da compostagem, pelo efeito que tem sobre o arejamento e a dissipação do calor da pilha. O tamanho ideal da pilha pode variar, porém, o volume de 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m tem sido considerado bom para vários materiais. Em locais muito frios, pode-se utilizar pilhas mais altas que 1,5 m (SARTORI et al., 2015).

Um dos quesitos importantes na compostagem é em relação ao tempo para que ocorra a decomposição da matéria orgânica, dependendo de vários fatores. Para Sartori et al. (2015) quanto maior for o controle das condições da temperatura e umidade, mais rápido será o processo. Se as necessidades nutricionais da pilha forem adequadas, os materiais adicionados em pequenas proporções, mantendo a umidade adequada e a pilha misturada todas as semanas, o composto será estabilizado dentro de 30 a 60 dias, e curado após 90 a 120 dias, estando pronto para ser utilizado após este período.

Uma das formas de analisar se o composto está pronto para ser utilizado é quando não ocorre a perda de água, estando solto e com cheiro de terra, esfregando o composto entre as mãos elas não se sujam.

Sartori et al. (2015), salienta que há alguns fatores que influenciam no processo de compostagem, sendo:

a) Umidade: No processo de decomposição da matéria orgânica, a umidade garante a atividade microbiana, devido que toda atividade metabólica e de reprodução dos microrganismos e dos outros organismos que atuam no processo de compostagem dependem da água.

b) Aeração: O oxigênio é essencial para os microrganismos que realizam a decomposição dos resíduos orgânicos, pois a decomposição é um processo de oxidação biológica das moléculas ricas em carbono, com liberação de energia, essa energia é consumida pelos organismos, e os nutrientes liberados são consumidos pelas plantas.

c) Temperatura: Na compostagem de resíduos orgânicos, o calor desenvolvido se acumula, e a temperatura pode chegar à cerca de 80° C. Porém, é desejável que a temperatura varia de 60° C a 70° C nos primeiros 25 dias e depois venha a diminuir naturalmente. Para isso, a temperatura pode ser controlada através de uma barra de ferro de construção colocada na pilha, ao retirar a barra deve-se observar se está quente e molhada (não haverá necessidade de molhar a pilha do composto) e se estiver seca (molhar bem a pilha, até aparecer água por baixo).

d) Relação C:N: Na compostagem é necessário criar condições e dispor em local adequado as matérias-primas ricas em nutrientes orgânicos e minerais, que contenham uma relação C:N favorável. Esta relação deve ser em torno de 30/1, ou seja, para cada parte de Nitrogênio na forma de esterco, devem estar presentes 30 partes de Carbono na forma de palhada.

e) Tamanho das partículas: As partículas dos materiais não devem ser muito pequenas, para evitar a compactação durante o processo, comprometendo a aeração.

O composto orgânico gerado no processo é de excelente qualidade, em volume concentrado que permite inclusive menor custo de transporte e distribuição nas lavouras, além de apresentar outra grande vantagem que é a redução dos odores, comparado com os sistemas tradicionais, como lagoas anaeróbias e facultativas (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

A compostagem é utilizada no solo como corretivo orgânico, principalmente em solos pobres em matéria orgânica como os argilosos e arenosos. Pode ser utilizado em pomares, hortas, jardins e na agricultura em geral. A aplicação dos composto deve ser sobre o solo antes ou depois do plantio das sementes e mudas.

Os estudos envolvendo compostagem têm se orientado na busca do aumento da capacidade de absorção de dejetos por diferentes materiais e com baixo custo. A otimização dos parâmetros do processo e das construções (plataformas de compostagem) foi recentemente estudada, (NUNES, 2003). Os resultados apresentaram altas taxas de

incorporação do dejetos, usualmente maiores que 1:8 (substrato/dejeto) em substratos como maravalha e serragem, durante um mês de incorporação do dejetos com matéria seca de cerca de 3% (OLIVEIRA et al., 2003), sendo, na maioria dos casos, superiores à capacidade de absorção do material (KUNZ et al., 2004), o que evidencia a alta capacidade de evaporação do sistema proposto.

Já no processo de compostagem de aves mortas, são necessários cerca de 90 dias para a produção de um composto orgânico de alta qualidade como fertilizante. Porém, algumas penas, ossos maiores e bicos podem ser encontrados. Assim, recomenda-se um beneficiamento final, para separação dessas partes (AUGUSTO; KUNZ, 2011).

O manejo deve ocorrer diariamente para que todas as aves tenham destino adequado em menos de 24 horas após a morte, evitando o risco de contaminação do ambiente, problemas sanitários e animais vetores de doenças (aves, roedores, moscas e cães). Após o recolhimento das aves mortas, a pilha de compostagem deve ser preparada em local coberto e fechado. O manejo ideal é fundamental para que a compostagem desenvolva corretamente e se evite a liberação de chorume e odores. A presença de moscas é um bom indicativo do manejo incorreto. Os principais passos da compostagem de aves mortas estão descritos a seguir (AUGUSTO; KUNZ, 2011):

- a) Disposição das aves em área exclusiva à compostagem - baias ou galpões de altura máxima de 1,6 m, dependendo da largura;
- b) Confecção inicial de uma pilha com espessa camada (mínimo de 15 cm) de material vegetal seco (palhas, cascas, serragens, bagaço de cana de açúcar ou capim seco);
- c) A segunda cama deve ser composta pelo dejetos seco ou composto oriundo da compostagem dos dejetos, em quantidade suficiente para cobrir toda a camada anterior;
- d) A seguir, as aves mortas são acomodadas na parte superior do dejetos espalhado, de forma a não sobrepor umas às outras, e não encostarem às paredes das baias ou galpões;
- e) Outra camada de dejetos ou composto orgânico deve ser acondicionada acima das aves, cobrindo-as por completo, de modo que as aves não fiquem expostas;
- f) A última cama é a de separação das camadas de aves mortas, ou a de cobertura final da pilha. Grande quantidade de material vegetal seco deve cobrir toda a camada anterior. A distância da última camada e a cobertura da baia ou galpão deve ser de, no mínimo, um metro, para facilitar o trabalho do funcionário (Figura 3).

Figura 3: Baia de compostagem de mortalidade.



Fonte: AUGUSTO; KUNZ, 2011.

Paiva, Souza e Grings (2011), relatam que a composição do adubo produzido no processo de compostagem diferencia de uma composteira para outra, em razão de fatores que incluem: a quantidade de carcaças colocadas a compostar, o tipo da fonte de carbono, a idade da cama de aviário usada como material aerador e fonte de carbono, a temperatura atingida durante a compostagem, a forma de estocagem do composto, etc.

De acordo com Palva, Souza e Grings (2011), quando comparados os métodos de compostagem sugeridos pela Embrapa com fossas sépticas, tem-se um custo fixo inicial menor para a construção da fossa séptica. Entretanto, ao projetar a vida útil de 10 anos ou mais para a composteira padrão Embrapa, os custos finais são menores.

4.5.2 *Biogás*

A biodigestão ou digestão anaeróbia mostra-se como uma alternativa eficaz para o tratamento de cama de aviário. Neste processo, as bactérias anaeróbias degradam a matéria orgânica, gerando como subprodutos o biogás e o biofertilizante. Esses dois subprodutos possuem alto valor como fontes energéticas (BRUMANO, 2008).

O biodigestor é uma estrutura por onde os dejetos são conduzidos e percorrem durante o processo de tratamento biológico dos dejetos, onde a matéria orgânica contida no efluente é metabolizada por bactérias anaeróbias (que se desenvolvem em ambiente sem oxigênio), transformando-a em biogás (REBONATO, 2012). O produto gerado (biogás) é armazenado,

podendo servir como fonte de energia elétrica. Além disso, o dejetos estabilizado pode ser usado como fertilizante orgânico (BONATO, 2011).

O processo de fermentação anaeróbia é um processo sensível, podendo ser dividido em quatro fases (KUNZ et al., 2004). Na primeira fase, denominada fase hidrolítica, ocorre a degradação das enzimas hidrolíticas extracelulares das moléculas complexas dos substratos solúveis em pequenas moléculas, que são transportadas para as células dos microrganismos metabolizados (OLIVEIRA, 2004). Nessa fase, as proteínas são transformadas em amoníacos, os carboidratos em açúcares solúveis e os lipídeos em ácidos graxos de cadeia longa (SOUZA, 2005). Na segunda fase, a fase de fermentação ácida, também conhecida como acidogênese, os produtos gerados na primeira fase são metabolizados em ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico, isobutírico, fórmico, hidrogênio (H_2) e dióxido de carbono (CO_2)) (OLIVEIRA, 2004). Na terceira fase, fase de acetogênese, as bactérias acetogênicas (produtoras de hidrogênio), convertem os produtos gerados na acidogênese em dióxido de carbono, hidrogênio, acetato e ácidos orgânicos de cadeia curta (SOUZA, 2005). Na quarta fase, fase metanogênica, os ácidos orgânicos de cadeia curta, o dióxido de carbono (CO_2) e o hidrogênio (H_2) são metabolizados pelas bactérias metanogênicas em metano (CH_4) e dióxido de carbono (OLIVEIRA, 2004).

Para que a biodigestão ocorra com êxito, é necessário que ocorra o balanceamento entre as bactérias que produzem gás metano (CH_4) a partir dos ácidos orgânicos e, este, é dado pela carga diária (sólidos voláteis), alcalinidade, pH, temperatura e qualidade do material orgânico. Qualquer variação entre eles pode comprometer o processo. A entrada de antibióticos, inseticidas e desinfetantes no biodigestor também pode inibir a atividade biológica, reduzindo a capacidade do sistema em produzir biogás (KUNZ et al., 2004).

Para Cervi, Esperancini e Bueno (2010), a composição do biogás pode variar de acordo com alguns fatores como o tipo e a quantidade de biomassa empregada, fatores climáticos, dimensões do biodigestor, entre outros. Segundo Seixas, Folle e Marchetti (1980), quando as condições ambientais para o processamento de dejetos pelos microrganismos são atendidas, o biogás obtido deve ser composto de uma mistura de gases, com cerca de 60 ou 65% do volume total consistindo em metano, enquanto os 35 a 40% restantes consistem, principalmente, de gás carbônico e quantidades menores de outros gases, como hidrogênio, nitrogênio amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (WEREKO-BROBBY, 2000).

De acordo com Rebonato (2012), a digestão anaeróbia que acontece pela utilização de biodigestores rurais é certamente o processo mais viável para a conversão de esterco em energia e biofertilizante.

A utilização dos biodigestores nas propriedades rurais necessita destaque devido aos aspectos de saneamento e energia, além de estimularem a reciclagem orgânica e de nutrientes. O aspecto do saneamento surge no instante em que isolam os resíduos do homem e dos animais, proporcionando diminuição de moscas e odores, permitindo também a redução da contaminação do solo e da água. (LUCAS; SANTOS, 2000, p.142)

Brumano (2008) relata que o biogás produzido a partir da biodigestão da cama de frango pode ser utilizado para o aquecimento dos pintinhos através da queima do biogás e consequentemente a produção de calor, essencial para sobrevivência nas duas primeiras semanas de vida destes animais. Também pode substituir a energia elétrica na iluminação, no aquecimento da água, em fogões, moagem de grãos, entre outros.

Embora existam diversos tipos de biodigestores, todos apresentam o mesmo fundamento funcional, sendo que o mesmo apresenta como vantagens a redução de odor, baixo custo operacional e de implantação; simplicidade operacional, de manutenção e controle; adequada eficiência na remoção das diversas categorias de poluentes (matéria orgânica biodegradável, sólidos suspensos, nutrientes e patogênicos); pouco ou nenhum problema com a disposição do lodo gerado no sistema; baixos requisitos de área; possibilidade de aplicação em pequena escala (sistemas descentralizados) com pouca dependência da existência de grandes interceptores; fluxograma simplificado de tratamento; elevada vida útil; ausência de problemas que causem transtorno à população vizinha; possibilidade de recuperação de subprodutos úteis, como biofertilizante, visando sua aplicação na fertilização de culturas agrícolas; e o biogás, um gás combustível de elevado teor calorífico (PERCORA, 2006). Entretanto apresenta algumas desvantagens, como: a suscetibilidade a mudanças de manejo, como uso de antibióticos e desinfetantes e o investimento financeiro elevado na sua implantação (KUNZ et al., 2005).

Em resumo, o biodigestor é composto por três partes distintas (REBONATO, 2012, p 5):

1 - Caixa de entrada – Esta é a parte do biodigestor em que é feito o carregamento dos resíduos animais e vegetais. 2 - Biodigestor propriamente dito – Parte interna do biodigestor, onde ocorre a biodigestão anaeróbia pelas bactérias, e como resultado desse processo é produzido o biogás. 3 - Caixa de saída - A cada volume de carga na entrada corresponde à saída do mesmo

volume de líquido do biodigestor. Este líquido deve ser armazenado em condições aeróbicas para que posteriormente possa-se usá-lo como biofertilizante.

O tipo de biodigestor a ser construído depende dos seguintes parâmetros: quantidade e tipo de dejetos disponíveis, necessidade de energia, necessidade de fertilizante e necessidade de tratamento de dejetos. A construção de um biodigestor tem alguns benefícios: ser um processo natural para tratar rejeitos orgânicos; requerer menos espaço que aterros sanitários; diminuir o volume de resíduo a ser descartado; ser considerado uma fonte de energia renovável; produzir um combustível de alta qualidade e ecologicamente correto, entre outras (MOREIRA et al., 2014).

Para Denagutti et al. (2002), atualmente existem grandes modelos de biodigestores, sendo que cada um é adaptado para uma realidade e necessidade de biogás.

No Brasil, o modelo indiano foi o mais difundido pela sua simplicidade e funcionalidade (OLIVEIRA, 2011). Este modelo de biodigestor tem por característica possuir uma campânula metálica como gasômetro em sua parte superior, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. O modelo indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantendo a pressão no interior deste constante (GASPAR, 2003).

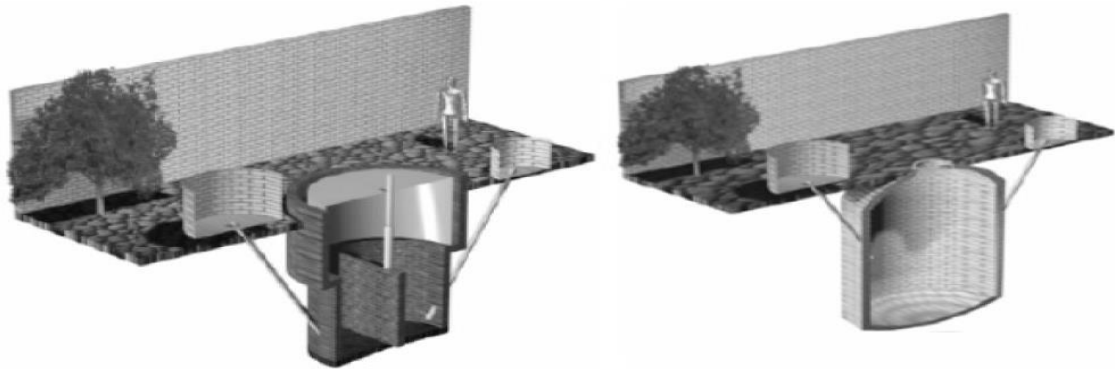
Este modelo é considerado mais eficiente para a produção de biogás devido ao fato de o gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água, reduzindo as perdas durante o processo de produção do biogás. Todavia seu custo é mais elevado em função da fabricação da campânula, que deve ser feita toda em ferro e dificilmente pode ser produzida na propriedade (TURDERA; YURA, 2006).

Do ponto de vista construtivo, o sistema é de fácil construção, porém, o gasômetro de metal pode encarecer o custo final, além da distância da propriedade, podendo dificultar o transporte inviabilizando a implantação deste tipo de biodigestor (REFOSCO, 2011).

Outro modelo de biodigestor é o Chinês, que é construído quase que totalmente em alvenaria. Nesse modelo, não é utilizado o uso de gasômetro, reduzindo assim os custos de implantação. Entretanto, podem ocorrer problemas com vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada. Neste tipo de biodigestor uma parcela do gás

formado na caixa de saída é liberada para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás. Por este motivo, as construções de biodigestor tipo chinês não são utilizadas para instalações de grande porte (GASPAR, 2003). A Figura 4 apresenta a representação tridimensional em corte dos biodigestores indiano e chinês.

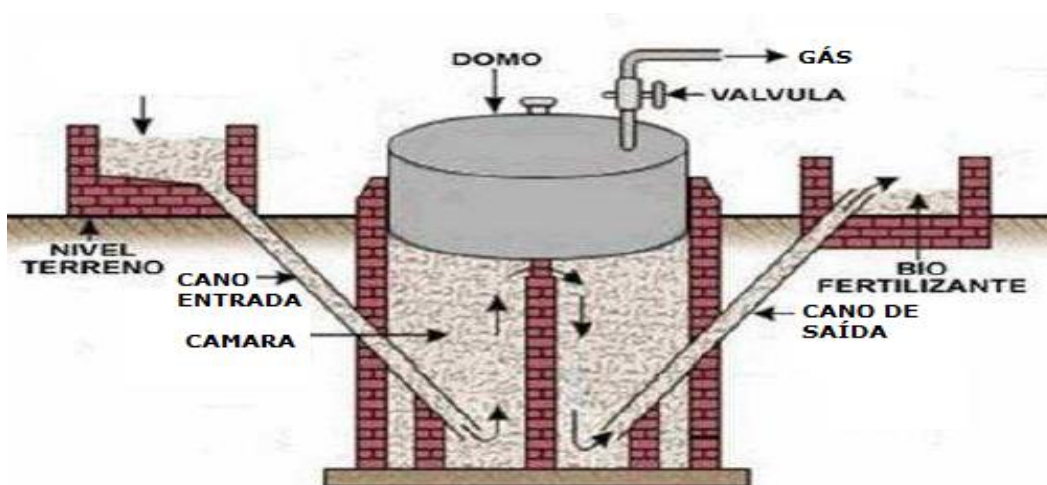
Figura 4: Representação tridimensional em corte dos biodigestores indiano e chinês.



Fonte: TURDERA; YURA, 2006.

O biogás liberado pela atividade de fermentação anaeróbia do dejetos tem um alto poder energético e sua composição varia de acordo com a biomassa. No meio rural, pode atender quase que totalmente às necessidades energéticas básicas, tais como: cozimento, iluminação e geração de energia elétrica para diversos fins (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO 2002). A Figura 5 mostra o esquema de funcionamento de um modelo de biodigestor indiano.

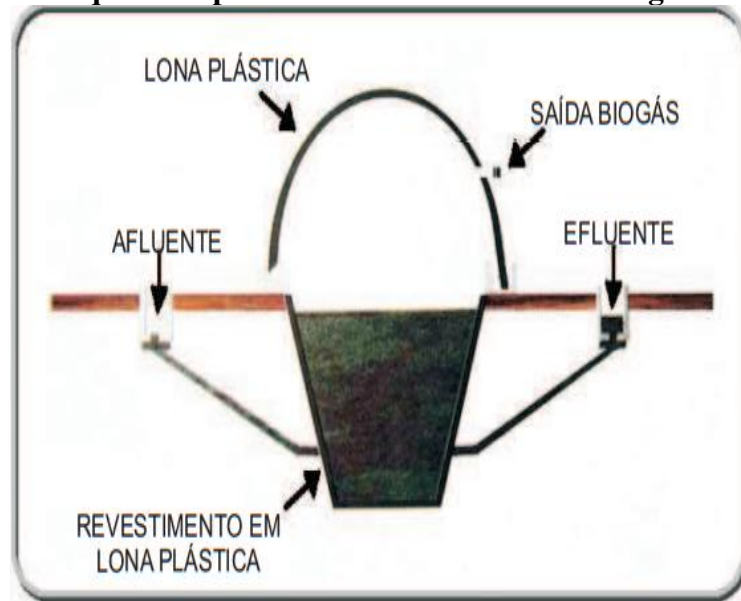
Figura 5: Biodigestor modelo “indiano” (representação esquemática).



Fonte: Adaptado de Universo Porcino, 2008.

Nos últimos anos cresceu o uso de biodigestores de lona, conhecido como modelo canadense, no qual apresenta duas saídas, com duas válvulas em que os dejetos orgânicos são despejados. A Figura 6, apresenta um esquema representativo deste modelo de biodigestor.

Figura 6: Esquema representativo do modelo de biodigestor de lona.



Fonte: KUNZ, 2006.

Neste modelo, 90% do aquecimento do biodigestor é feito pelos raios solares através da manta de PVC flexível, que absorve o calor e ao mesmo tempo, acumula o biogás. Outra característica deste biodigestor é que existe uma melhor integração do equipamento no solo, auxiliando o aproveitamento do calor da terra, resultando em uma maior eficiência de produção de biogás, devido aos raios solares que aquecem as milhares bactérias que participam da decomposição do material e da produção do biogás (REFOSCO, 2011).

Este modelo de biodigestor possui uma estrutura simplificada, sua construção é em formato horizontal com a câmara de biodigestão podendo ser construída abaixo do nível do solo ou não, contém um gasômetro feito de material de plástico, que infla quando a quantidade de biogás aumenta.

Na figura 7, é representado um biodigestor de PEAD e um tanque de coleta e armazenagem de dejetos.

Figura 7: Biodigestor e tanque de coleta e armazenagem dos dejetos estabilizados.



Fonte: PUJOL, 2008.

De acordo com Refosco (2011) para o funcionamento deste modelo de biodigestor, a câmara superior recebe o efluente já tratado em sua parede superior onde o gás se acumula formado pela metabolização anaeróbia do dejetos. O efluente tratado da câmara superior passa a ser fluído para uma caixa de visita e desta para o exterior do biodigestor, sendo direcionado para a próxima unidade de tratamento. Desta forma, o gás é coletado e pode ser utilizado diretamente, ou armazenado para futuro uso.

Os benefícios atribuídos ao uso do biogás estão vinculados ao tipo de aproveitamento a que ele será destinado. As duas principais alternativas para o aproveitamento energético do biogás são: conversão em energia elétrica e o aproveitamento térmico (PERCORA, 2006).

Ao substituir os adubos convencionais pelos biofertilizantes, é proporcionado ao agricultor redução de custos de produção, aumento do rendimento das culturas, além de diminuir a extração de reservas naturais de nutrientes do planeta, fato que contribui para a preservação ambiental e sustentabilidade da propriedade agrícola (FACTOR; JAIRO; VILELLA JÚNIOR, 2008). Apesar do grande benefício dos digestores anaeróbicos para a melhoria da fertilidade do solo e para a produção agrícola, tem-se uma preocupação quanto à concentração de patógenos presentes neste material e a segurança que este método oferece aos usuários finais (MATA-ALVAREZ et al., 2003). Os agentes patogênicos tais como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Shigella spp.*, *Klebsiella spp.*, entre outros, podem contaminar a lama dos biodigestores. Algumas das bactérias são resistentes e não são destruídas durante o período de digestão. Alguns agentes patogênicos sobrevivem melhor em

condição úmida e estes organismos podem ainda estar presentes neste material, mesmo após a digestão (KARKI et al., 2005). Assim, seu uso agrícola deve seguir os mesmos preceitos de balanço de nutrientes utilizado nas esterqueiras de dejetos suínos, ou seja, aguardar a estabilização da matéria orgânica e a inativação de patógenos, que gira em torno de 120 dias (KUNZ et al., 2005).

De acordo com Craveiro et al. (1982), o local para a construção dos biodigestores deve atender alguns requisitos: fácil acesso durante todo o ano, próximo ao local de coleta dos dejetos e aos pontos de consumo de biogás; o terreno para a construção do biodigestor deve apresentar uma pequena declividade, para facilitar o escoamento do biofertilizante; deve-se evitar áreas sujeitas às inundações e devem ser distantes do lençol de água. O volume do biodigestor deve ser de acordo com a produção diária de dejetos e o tempo de retenção hidráulica, levando em consideração ainda, as necessidades energéticas da propriedade (OLIVEIRA, 2004). Oliver et al. (2008), descreve que o volume pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$VB = VC \times TRH$$

Onde: VB: volume do biodigestor (m³); VC: volume de carga diária (m³/dia); e TRH: Tempo de retenção hidráulico (dias).

A produção energética em um biodigestor é variável em função do tamanho de cada propriedade, devido ao dimensionamento do biodigestor e também em função da quantidade de animais e do sistema de criação de cada propriedade. Para o cálculo da quantidade de toneladas métricas de biogás/ano provenientes da decomposição anaeróbica do esterco, leva-se em consideração o volume de esterco que cada unidade animal gera por dia, o volume de biogás que esse dejetos gera por dia e a massa específica do biogás. Assim, temos a seguinte equação (BARRERA, 1993):

$$\frac{Ton. biogás_{ano}}{1000} = QTA_{un} \cdot T_{dias} \cdot BGM_{dia} \cdot M. esp_{biogás}$$

Onde: QTA_{un}: quantidade total de animais

T_{dias}: tempo em dias

BGM_{dia}: biogás gerado por matriz por dia

M.esp_{biogás}: massa específica do biogás

Chiabai Junior et al. (2013) avaliaram a produção de biogás utilizando a biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura e verificaram a viabilidade técnica de uma granja energeticamente sustentável. Os substratos foram preparados com os resíduos das aves, inóculo e água de modo a conter 2, 4, 6 e 8% de Sólidos Totais. O inóculo foi digerido durante 43 dias para fornecer uma população microbiana adaptada aos resíduos e, então, auxiliar a partida dos biodigestores. A melhor produção de biogás foi obtida com o substrato de 8% de ST com produção média de 21,03 L. Essa quantidade de biogás equivale a 57,363 kW/h por mês, possibilitando suprir 57% de toda a energia gasta pela granja ou auxiliá-la em momentos de falha de fornecimento de energia.

A eficiência do aproveitamento do biogás pode ser comprometida devido à presença de alguns componentes no biogás, como o gás sulfídrico (H_2S), da seguinte maneira: o dióxido de carbono e a presença de vapor da água diminuem seu poder calorífico; o gás sulfídrico, por ser altamente corrosivo, reduz a vida útil dos dispositivos eletromecânicos utilizados para aproveitamento do mesmo; a amônia torna-se corrosiva na presença da umidade, diminuindo também a vida útil dos dispositivos eletromecânicos. Com isso, se faz necessário a purificação do metano contido no biogás, por meio da remoção de compostos indesejados (POSSA, 2013). De acordo com a FAO (2012), o gás sulfídrico corrói diversas partes de motor, sistema de escape e vários rolamentos. A corrosão se intensifica por partidas frequentes, curtos tempos de funcionamento e temperaturas baixas, devido à ação corrosiva do gás. Desta forma, são necessários cuidados especiais nos equipamentos, para evitar a corrosão e possíveis gastos para reversão.

4.6 Utilização dos dejetos de aviários

A cama de aviário vem sendo amplamente utilizada como adubo orgânico, não apenas para adubação de pastagens, mas para áreas com hortaliças, milho, algodão, café, entre outros. Chega-se a utilizar o adubo duas vezes por ano, nas culturas de inverno e nas culturas de verão. Este uso faz com que o produtor minimize ou até zere seus custos com adubação. Frequentemente, a utilização da cama de aviário como adubo não é orientada por técnicos através da interpretação de análise do solo (MARONEZI, 2011).

Entretanto, a cama de aviário antes de ser utilizada como fertilizante nas lavouras, deve passar pelo processo de fermentação. Esse processo deve ser feito como o uso de lona, para que o dejetos não fique ao ar livre nem em contato com o solo. Essa técnica garante que a reutilização da cama de aviários seja segura, pois, reduz significativamente a carga bacteriana,

inclusive Salmonelas. Porém, observa-se que muitos produtores não utilizam esta técnica, deixando-a exposta em contato com o solo, a chuva e o ar, contribuindo para o impacto ambiental no local onde a cama está armazenada (MARONEZI, 2011).

Na Res. SEMA nº 24/08 é definido que para o uso agrícola dos resíduos de cama de aviário, devem ser considerados os seguintes aspectos:

I-A cama de aviário deverá sofrer processo de fermentação por no mínimo 10 (dez) dias. A armazenagem deve ser realizada em local adequado, com adoção de medidas que evitem a proliferação de vetores; II- Taxa de aplicação no solo (quantidade/área) – deve ser calculada com base nas características físico-químicas do resíduo, da interpretação da análise química do solo e da necessidade da cultura, conforme recomendação agrônômica. III- Fica vedada a utilização de material para substrato de cama de aviário com presença de resíduos de produtos químicos para tratamento de madeira.

Os animais mortos deverão ser dispostos adequadamente, utilizando tecnologias de disposição específicas. Em caso de queima a céu aberto dos animais mortos, só é permitido quando ocorra grande mortandade de animais ou quando for determinado o sacrifício dos animais pelas autoridades sanitárias competentes.

4.7 Análise dos métodos, técnicas e sugestões para estabelecimentos de pequeno porte

Das análises dos métodos de armazenamento e técnicas de tratamento para a avicultura de pequeno porte, podemos concluir que a Compostagem é a que representa uma série de vantagens em relação ao biodigestor, por apresentar baixo custo de implantação, facilidade de operação e manutenção, além de ser ambientalmente segura, pois este processo em condições adequadas transforma a matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem, ocorrendo à redução de odores e eliminação dos patógenos e microrganismos nocivos. Além de ser de alta qualidade, o material oriundo da compostagem, apresenta uma significativa redução no seu volume, facilitando o transporte e reduzindo custos até a distribuição nas lavouras.

Em conversas com pequenos agricultores da região foi possível concluir que um aviário de 250 m² abriga 33.000 aves, sendo depositada cerca de 900 m³ de maravalha. Segundo a EMBRAPA, uma ave gera em torno de 0,09 kg/dia ou 0,01 m³/dia de dejetos, usando como base essa média (0,01) e a capacidade de um aviário de 250 m² (33.000 aves), temos um total de 330 m³ de dejetos/dia, e 9.900 m³ em um mês de dejetos.

Tendo em média a geração de dejetos de 9.900 m³ mais 900 m³ de maravalha que é depositada, gera-se em torno um composto final de cerca de 10.800 m³. Se respeitada todas as condições para o processo de compostagem, o resultado final é um fertilizante orgânico de alta qualidade, onde o produtor reutiliza na lavoura ou vende para fins lucrativos.

5 SUINOCULTURA

5.1 Definição do porte e caracterização dos empreendimentos da suinocultura

Segundo a Instrução Normativa nº 105.006/04 IAP/DIRAM os empreendimentos de suinocultura diferem-se em virtude do número de animais, porte, sistema de criação e sistema de produção.

Desta forma, podem apresentar-se de acordo com a produção:

a) Relação matriz/número de animais

Considerar a correspondência entre o número de matrizes e o número de suínos produzidos, estabelecendo-se assim a seguinte relação:

* 01 (uma) matriz corresponde a 10 (dez) animais.

b) Sistema criatório

* O sistema de criação pode ser classificado da seguinte forma: 1) Ar livre; 2) Confinamento; 3) Misto.

c) Sistema de produção

Para o sistema de produção, é levado em conta a categoria de animais previstas na criação, de acordo com as tabelas abaixo:

Tabela 10: Sistema 1 – Produção de Leitões

Fase	Categoria
Cobertura/reprodução	Reprodutor Fêmea para reposição Matriz em gestação
Maternidade	Matriz em lactação
Creche	Leitão até 25 kg

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP.

Tabela 11: Sistema 2 – Ciclo Completo

Fase	Categoria
Cobertura/Reprodução	Reprodutor Fêmea para reposição Matriz em gestação
Maternidade	Matriz em lactação

Creche	Leitão até 25 kg
Crescimento e Terminação	Suíños com peso acima de 25 kg

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP.

Tabela 12: Sistema 3 – Terminação

Fase	Categoria
Crescimento e Terminação	Suíños com peso acima de 25 kg

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP.

Já perante a classificação do porte, é adotada a classificação de acordo com o sistema de produção, conforme mostra-se a as tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13: Sistema 1 – Produção de Leitões

Nº de Matrizes	Porte
Até 50	Mínimo
51 a 100	Pequeno
101 a 300	Médio
301 a 500	Grande
Acima de 500	Excepcional

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP.

Tabela 14: Sistema 2 – Ciclo Completo

Nº de matrizes	Porte
Até 20	Mínimo
21 a 50	Pequeno
51 a 150	Médio
151 a 400	Grande
Acima de 400	Excepcional

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP.

Tabela 15: Sistema 3 – Terminação

Nº de animais	Porte
Até 200	Mínimo
201 a 500	Pequeno
501 a 1500	Médio
1501 a 4000	Grande

Acima de 4000	Excepcional
---------------	-------------

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP

5.2 Geração de dejetos conforme o porte – quantidade gerada

Quanto à geração de dejetos (efluentes líquidos e resíduos sólidos) a Instrução Normativa nº 105.006 IAP/DIRAM divide-se em consumo de água, características físico-químicas e produção de dejetos por categoria. Sendo:

a) Consumo de água

Na tabela abaixo é relacionado à exigência de água dos suínos, de acordo com a fase do ciclo de produção:

Tabela 16: Exigência de água dos suínos – Ciclo de produção

Categoria do suíno	Litros de água/suíno/dia
Leitão em andamento	0,1 a 0,5
Leitão (7 a 25 kg)	1,0 a 5,0
Suíno (25 a 50 kg)	4,0 a 7,0
Suíno (50 a 100 kg)	5,0 a 10,0
Porcas na maternidade	20,0 a 35,0
Reprodutor	10,0 a 15,0

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP.

b) Características físico-químicas

A composição dos dejetos varia em função da quantidade de água consumida, tipo de alimentação e idade dos animais. Na tabela 17 é apresentado os valores mínimo, máximo e médio dos parâmetros de dejetos bruto de suínos. Já na Tabela 18 estão apresentadas as características físico-químicas encontradas em literatura.

Como consequência, observa-se uma generalizada poluição hídrica (alta carga orgânica, nutrientes e presença de micro-organismos patogênicos). Este cenário apresentado acaba por acarretar preocupação com a poluição ambiental causada por resíduos animais, principalmente das águas, sendo uma das principais ameaças aos produtores de determinadas regiões, bem como da ampliação da produção nos pólos produtivos, como é o caso da Região Sul do Brasil, responsável por cerca de 80% do volume no país (KUNZ et al., 2005).

Tabela 17: Parâmetros de dejetos líquidos de suíno em relação às suas características físico-químicas.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média
pH ⁽¹⁾	6,5	9,0	7,75
DQO total ⁽²⁾	12.500	38.750	25.625
DBO ₅ total ⁽³⁾	5.000	15.500	10.250
NTK ⁽⁴⁾	1.660	3.710	2.374
P total ⁽⁵⁾	320	1.180	578
Sólidos Totais ⁽⁶⁾	12.697	49.432	22.399
Sólidos Voláteis ⁽⁷⁾	8.429	39.024	16.389

Fonte: Res. SEMA nº 31/98.

Notas:

(1) pH: Potencial de Hidrogênio - índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um determinado meio. Sua escala varia entre 0 e 14. Se o valor do pH for igual a 7, o meio será neutro. Se for menor que 7, será ácido e se for maior que 7, básico.

(2) DQO: Demanda Química de Oxigênio - é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica e inorgânica oxidável da água.

(3) DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio - é a quantidade de oxigênio necessário para que as bactérias possam digerir as cargas poluidoras na água.

(4) NTK: Nitrogênio Total - é a soma da amônia e do nitrogênio orgânico. Este composto aponta o grau de poluição originada de fertilizantes nitrogenados.

(5) P total: Fósforo Total - um dos principais elementos responsáveis pela poluição dos recursos hídricos, pois quando ultrapassa a sua capacidade passa a ser lixiviado alcançando o lençol freático.

(6) Sólidos Totais: este elemento equivale à matéria sólida contida nos dejetos permanecendo após a umidade.

(7) Sólidos Voláteis: define a quantidade de material orgânico presente em um determinado meio.

Tabela 18: Composição química média dos dejetos de suínos observada por diferentes autores.

Parâmetro	Duarte et al. 1992 (Portugal)	Sevrin-Reyssac et al. 1995 (França)	Medri 1997 (SC/Brasil)	Zanotelli 2002 (SC/Brasil)	Kunz et al. 2004 (SC/Brasil)
Ph	7,46	-	6,90	6,87	7,30
DQO total	21.640	80.000	21.647	26.387	65.090
DBO ₅ total	7.280	40.000	11.979	-	34.300
NTK	2.150	8.100	2.205	2.539	4.530
NH ₃ ⁽¹⁾	1.420	3.400	-	-	2.520
P total	-	7.100	633	1.215	1.600
Sólidos Totais	-	82.000	17.240	22.867	-
Sólidos	-	66.000	10.266	16.855	39.220

Voláteis					
-----------------	--	--	--	--	--

Fonte: KUNZ, 2006.

Nota:

- (1) NH_3 : Amônia - encontra-se na forma de gás e expande-se para a atmosfera, é detectada através do odor.

Na Coletânea de Tecnologias sobre Dejetos Suínos da EMBRAPA, Diesel, Miranda e Perdomo (2002), destacam as características dos elementos apontados nos dejetos como:

pH: O pH dos esterco fermentados deve ser superior a 6,5 principalmente quando o material for colocado em cobertura nas pastagens ou culturas anuais.

NTK: O Nitrogênio total é a soma da amônia livre e do nitrogênio orgânico. Sua presença indica o grau de poluição do aquífero ocasionada por despejo de água rica em fertilizantes nitrogenados.

DBO: É a principal unidade de medição de poluição dos efluentes. Corresponde a quantidade de oxigênio necessário para que as bactérias depuradoras possam digerir cargas poluidoras na água. Quanto maior é a DBO maior é a poluição causada.

DQO: É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica e inorgânica oxidável, ou seja, a quantidade de oxigênio consumida por diversos compostos sem a intervenção de microorganismos.

Fósforo: Está presente na forma de compostos orgânicos, enquanto que a urina contém apenas traços do elemento. No esterco manejado de forma líquida há necessidade de homogeneização da biomassa, isto porque o Fósforo pode ser fixado no fundo das lagoas e esterqueiras.

Potássio: Contido em grande parte da urina dos animais, é altamente solúvel em água e prontamente disponível, pois encontra-se na forma mineral. Deve-se evitar perdas de K solúvel por vazamentos nas esterqueiras, pois pode fluir juntamente com a água.

Sólidos Totais: Corresponde a matéria sólida contida nos dejetos e que permanece após a retirada da umidade.

Sólidos Voláteis: Caracterizam a fração de material orgânico, assim como o teor de sólidos fixos indicam o teor de sólidos minerais.

Ao compararmos a composição química dos dejetos de suínos da Legislação Estadual (Resolução nº 31/98 SEMA) com os parâmetros da literatura (KUNZ, 2006), usando os dados do Paraná (Res. SEMA) e os dados de Santa Catarina (literatura), é possível verificar que o pH ambos estão em conformidade. Já o DQO (Demanda Química de Oxigênio) enquanto no PR seu valor máximo permitido é 38.750, em Santa Catarina esse valor é de 65.090, ficando

evidente o acúmulo de matéria orgânica neste estado. O mesmo acontece com a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), seu valor máximo estipulado pelo PR é de 15.500, em Santa Catarina esse valor é mais alto que o dobro, mostrando uma maior presença de poluição. Em termos de NTK, no PR seu valor máximo é de 3.710 e em SC é de 4.530, revelando uma maior poluição ocasionada por fertilizantes.

Na tabela 19, é representado os valores de carga poluidora orgânica diária em função do peso e do ciclo produtivo dos suínos:

Tabela 19: Carga poluidora orgânica dos suínos.

Categoria animal	Peso (kg/animal)	Carga poluidora (kg DBO/animal/dia)
Reprodutor	160	0,182
Porca gestação	125	0,182
Porca com leitão	170	0,340
Leitões desmamados	16	0,032
Suínos em crescimento	30	0,059
Suínos em terminação	68	0,136

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP.

c) Produção de dejetos por categoria

A quantidade de dejetos produzida é variada de acordo com a categoria dos animais, tipo de alimentação, quantidade de água e tipo de manejo adequado, conforme a tabela abaixo:

Tabela 20: Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos

Categoria	Dejetos líquidos (litros/dia)
Suínos 25 a 100 kg	7
Porcas gestação	16
Porcas lactação + leitões	27
Cachaço	9
Leitões na creche	1,4
Média	8,6

Fonte: DARTORA; PERTOMO e TUMELERO (1998). Adaptado pela autora

Conforme a tabela 20 percebe-se que mais que qualquer outro animal, a fase de desenvolvimento do suíno impacta diretamente no volume de resíduo gerado, mais do que qualquer fase do suíno.

Em termos de impacto ambiental, a geração de dejetos suínos apresenta-se como uma problemática relevante (AFONSO; PALHARES; GAMEIRO, 2015). Segundo Dartora, Perdomo e Tumelero(1998) um suíno produz em média 8,6 litros de dejetos por dia, variando entre 1,4 a 27 litros/dia, conforme a fase em que se encontra o suíno dentro do ciclo de produção.

5.3 Disposição e armazenamento de dejetos

Em relação à suinocultura, um marco na evolução da legislação ocorreu com a criação da Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Essa Lei objetiva preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental, além de inserir uma penalização por ato danoso ao meio ambiente.

De acordo com a Instrução Normativa IAP/DIRAM nº 105.006/04, a taxa de aplicação no solo (quantidade/área) deve ser calculada com base nas características físico-químicas do resíduo, da interpretação da análise química do solo e da necessidade da cultura, conforme recomendação agrônômica.

Para disposição de dejetos no solo, deverão ser atendidos os seguintes requisitos (IAP, 1998): Sistemas de armazenamento, na forma líquida e ou na forma sólida.

- Sistemas de Armazenamento

Nos sistemas de armazenamento são destinados aos dejetos provenientes da área de criação, para posterior aplicação no solo para fins agrícolas, devendo atender aos seguintes critérios, segundo o item 5.3.2 da Instrução Normativa nº 105.006 IAP/DIRAM:

De acordo com as características do solo, o mesmo pode ser compactado, desde que atinja o coeficiente de permeabilidade de no mínimo $K = 10^{-7}$ cm/s. Solos de textura arenosa e/ou com lençol freático em profundidade inferior a de 4,0 m deverão ser obrigatoriamente revestidos; Devem ser dimensionados de acordo com a produção diária de dejetos e, no caso de disposição no solo, de acordo com a área disponível para aplicação, tipo de cultura e período de aplicação; Deve sempre ser mantido inócuo quando da limpeza desses sistemas; e Caso ocorra esgotamento do sistema, o fundo deverá ser compactado novamente (IAP, 1998).

Segundo Guivant e Miranda (2004), um dos problemas ambientais mais graves ocasionados pela suinocultura é resultante das dificuldades de manejo dos dejetos produzidos com a crescente concentração geográfica da produção animal.

Alguns métodos de armazenamento dos dejetos acabam provocando diversos tipos de impactos negativos ao meio ambiente, por meio da contaminação do solo e dos cursos d'água, através de vazamentos comuns nestes depósitos, e do ar, decorrente da emissão de gases, como metano e amônia (BARTHOLOMEU et al., 2006).

Os exemplos mais utilizados de armazenagem dos dejetos de suinocultura é a Armazenagem de dejetos na forma líquida e a Armazenagem de dejetos na forma sólida.

5.3.1 Armazenagem de dejetos na forma líquida

Atualmente, o sistema de manejo dos dejetos provenientes da atividade suinícola consiste em retirar os dejetos das instalações e armazená-los em depósitos escavados na terra (esterqueiras revestidas de lona plástica, alvenaria ou pedra), durante um determinado período, para que sejam fermentados e estabilizados para posterior transporte para as áreas agrícolas (MIRANDA, 2006). Embora a legislação determine um mínimo de 120 dias para que os dejetos mantenham-se nos depósitos, este tempo varia de acordo com a capacidade de armazenagem da esterqueira, disponibilidade de máquinas e a existência de áreas agrícolas disponíveis para sua aplicação. Logo após a conclusão do processo de anaerobiose, os dejetos são aplicados nas áreas de lavoura de milho, concentrando sua aplicação nos meses que antecedem a implantação da cultura. A concentração destes dejetos até a época de sua aplicação pode ocasionar transbordamentos nas esterqueiras, e, a consequente contaminação do solo e da água (BARTHOLOMEU et al., 2006).

Em muitas propriedades, os dejetos são amontoados ou não seguem para tratamento, perdendo seu poder de fertilização do solo nos estabelecimentos rurais. De acordo com Daga (2005), o armazenamento dos dejetos é uma das fases mais importantes do sistema de tratamento e utilização dos dejetos. Dentre os diversos sistemas e formas de armazenamento, esterqueiras e lagoas são os modelos mais comuns.

O manejo dos dejetos de suínos na sua forma líquida é considerado pelos órgãos ambientais como de alto potencial de impacto ambiental, devido ao risco de poluição das águas superficiais e subterrâneas por nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos, e do ar pelas emissões dos gases CH₄, NH₃, CO₂, N₂O e H₂S (OLIVEIRA, 2013).

Os sistemas de produção animal têm uma participação relativamente grande nas emissões de amônia (NH_3), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) na atmosfera, seja durante o armazenamento dos dejetos animais ou pela aplicação de biofertilizante em solos agrícolas (OENEMA et al., 2001).

A utilização de esterqueiras para armazenar dejetos suínos é uma alternativa de baixo custo frente a outras alternativas, visando impedir que o dejetos lixivie pelo solo e seja carregado para os cursos d'água subterrâneos e superficiais. As esterqueiras constituem-se em depósitos que têm como objetivo principal o armazenamento de dejetos líquidos provenientes da produção de suínos (KUNZ et al., 2004).

A esterqueira permite a fermentação do esterco, reduzindo seu poder poluidor e possibilitando seu aproveitamento como fertilizante em lavouras, pastagens e pomares. Outro grande benefício desse processo é que durante a fase de curtimento ou cura (tempo necessário para a ação das bactérias e posterior mineralização dos materiais), a elevada temperatura proveniente da fermentação destrói a maioria das sementes de pragas e germes causadores de doenças (FREITAS, 2008). Por possuírem baixo custo e facilidade de construção em relação aos outros sistemas de armazenamento e tratamento de dejetos, a esterqueira é a infraestrutura mais viável para o pequeno produtor (REBONATO, 2012).

Geralmente, as esterqueiras possuem formato cilíndrico, trapezoidal ou retangular. Enquanto as de formato trapezoidal e retangular apresentam maior facilidade de construção, as de formato cilíndrico proporcionam melhor distribuição da carga nas paredes laterais, sendo menos susceptíveis a rachaduras. É recomendável que haja o revestimento interno das esterqueiras para evitar a infiltração do dejetos no solo, mesmo em solo com grande capacidade de impermeabilização (KUNZ et al., 2004).

O cálculo de volume de armazenagem deve levar em consideração alguns aspectos, dentre os quais, o número de animais que estarão alimentando o sistema, tipo de produção e o período mínimo de estocagem e estabilização que este material deve ser submetido (BONATO, 2011). De acordo com Daga (2005), o tempo de retenção dos dejetos nas esterqueiras se dá em função da temperatura. Em regiões com ampla variedade sazonal da temperatura, recomenda-se que a esterqueira tenha uma profundidade mínima de 2,5 metros, pois a temperatura afeta a velocidade de degradação da matéria orgânica. A recomendação é de que a esterqueira seja dimensionada para armazenar os dejetos por um período de 120 dias.

A construção da esterqueira começa pela escavação do local onde será instalada. A mesma pode ser construída de diferentes formas, tamanhos e materiais. Os depósitos para o armazenamento de dejetos são construídos preferencialmente no formato de tronco de

pirâmide invertido, podendo também ser usados os formatos cilíndrico ou retangular (REBONATO, 2012). Os materiais mais comuns, utilizados pelos produtores para revestimento e impermeabilização das esterqueiras, são as pedras argamassadas, a alvenaria de tijolos e as geomembranas em PVC ou PEAD⁴ (OLIVEIRA, 2006). A Figura 8 mostra esterqueiras construídas com lona de PVC, em funcionamento ao lado a granja de suínos. Os dejetos chegam a elas por gravidade.

Ao comparar a vida útil das lonas de PVC e PEAD é possível concluir que as lonas comuns têm vida útil de aproximadamente dois anos, enquanto as de PEAD, de 10 a 15 anos. Portanto, as lonas de PEAD são mais indicadas em virtude da relação custo-benefício.

Figura 8: Esterqueiras construídas com lona de PVC ao lado de granja de suínos.



Fonte: OLIVEIRA, 2006.

Visando à redução do custo de implantação, as esterqueiras podem ser construídas com diversos materiais. Kunz et al. (2005), realizaram um estudo comparativo entre os custos de implantação de esterqueiras para dejetos suínos, apresentado na Tabela 21. O PEAD, em todas as dimensões avaliadas apresentou o menor custo de implantação. Embora as duas primeiras apresentem maior durabilidade, a presença de rachaduras é um problema que frequentemente acomete este tipo de material, causando vazamento e, conseqüente, contaminação no solo. (KUNZ et al., 2004).

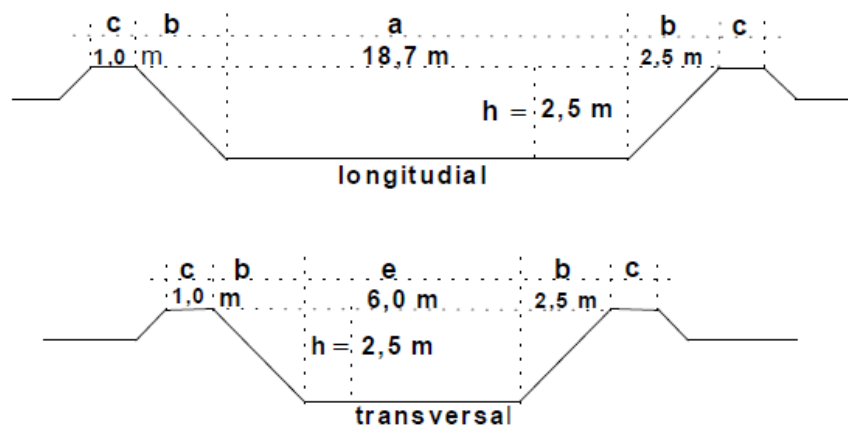
⁴ PEAD: Polietileno de Alta Densidade, densidade igual ou superior a 0,941 g/cm³

Tabela 21: Custos de implantação de esterqueiras para dejetos suínos.

Dimensão (m ³)	Custo de implantação (R\$)		
	Alvenaria	PVC	PEAD
50	7.552,60	3.088,15	2.976,15
100	10.762,36	4.071,30	3.917,70
200	16.428,40	5.695,08	5.481,48
300	21.135,75	7.318,85	7.045,25
500	28.773,25	10.161,505	9.786,65
900	41.127,23	15.613,90	15.047,50

Fonte: KUNZ et al., 2005.

De acordo com Dartora, Perdomo e Tumelero (1998), para evitar infiltração nas esterqueiras, deve-se construir um sistema de drenagem, principalmente em terrenos onde o lençol freático seja superficial. Os depósitos revestidos com manta plástica devem ser construídos considerando-se uma relação de 1:1 entre a profundidade e a inclinação do talude (Figura 3). Em terreno com presença de pedra ou cascalho, no leito e nas paredes do depósito, deve-se colocar uma camada de 0,10 m de terra, para evitar rompimento da manta plástica. A Figura 3, apresenta os desenhos esquemáticos de um depósito de dejetos líquidos dimensionado para uma criação de ciclo completo, que corresponde a 495 animais, que geram cerca de 3,74 m³/dia; tempo de retenção hidráulico de 120 dias e estocagem de 449 m³. Na Tabela 22, apresentam-se as dimensões em metros e a relação entre a profundidade e inclinação do talude, indicadas na Figura 8, de acordo com a capacidade de estocagem.

Figura 9: Corte esquemático de uma esterqueira para estocagem de dejetos.

Fonte: DARTORA, 1998.

Tabela 22: Dimensões e relação entre a profundidade e inclinação do talude recomendadas para as esterqueiras e lagoas de acordo com a capacidade de estocagem.

Capacidade de estocagem (m ³)	Dimensões (m)				
	A	B	C	D	E
449	18,7	2,5	1,0	6,0	2,5
378	25	2,0	1,0	5,0	2,0
309	26	1,5	1,0	6,0	1,5
240	18	2,0	1,0	4,0	2,0
180	17	1,5	1,0	5,0	1,5
119	13	1,5	1,0	4,0	1,5

Fonte: DARTORA, 1998.

Bonato (2011), recomenda a construção de duas esterqueiras em cada estabelecimento produtivo ou uma esterqueira divisória, para facilitar a exigência de estocagem de 120 dias para estabilização após cheia, antes de ser utilizado o material como fertilizante orgânico. Recomenda ainda que cada esterqueira possua uma folga volumétrica de 20% como margem de segurança, que deve ser levado em conta no cálculo de dimensionamento da estrutura, para evitar eventuais transbordamentos que podem ocorrer. Na Figura 10 é apresentada uma esterqueira para armazenagem de dejetos líquidos gerados na suinocultura.

Figura 10: Esterqueira para armazenagem de dejetos líquidos de suinocultura.



Fonte: BONATO, 2011.

5.3.2 Armazenagem de dejetos na forma sólida

Para Bonato (2011), entre as alternativas utilizadas como forma de armazenagem de resíduos, tem-se a cama sobreposta. Este sistema fundamenta-se, basicamente, na absorção do

material excretado pelos animais (fezes e urina) por um composto absorvente, transformando o material em um composto pastoso ou sólido, utilizado posteriormente como fertilizante orgânico.

Este método, desenvolvido no Brasil pela Embrapa Suínos e Aves, consiste na utilização de uma camada profunda de substrato que atua como absorvente de dejetos orgânicos dos animais no período em que permanecem no local. Simultaneamente ao processo de absorção, ocorre a decomposição do material orgânico, por meio de um tratamento biológico, estabilizando o material para posterior uso como fertilizante (BONATO, 2011).

As informações atinentes a cama sobreposta já foram discutidas no item referente a disposição e tratamento de dejetos de aves.

A Figura 11 apresenta a criação de suínos em cama sobreposta.

Figura 11: Criação de suínos em cama sobreposta.



Fonte: OLIVEIRA, 2001.

Para o dimensionamento da cama para suínos, a EMBRAPA recomenda área de 1,20 m² por suíno alojado na fase de terminação e volume de cama na ordem de 0,48 a 0,60 m³ por suíno, além da diferença de idade máxima entre os animais de uma semana. Não existe restrição quanto ao número mínimo de animais que podem ser criados neste sistema. A Figura 12 é uma representação de dimensionamento para cama sobreposta, de acordo com a EMBRAPA.

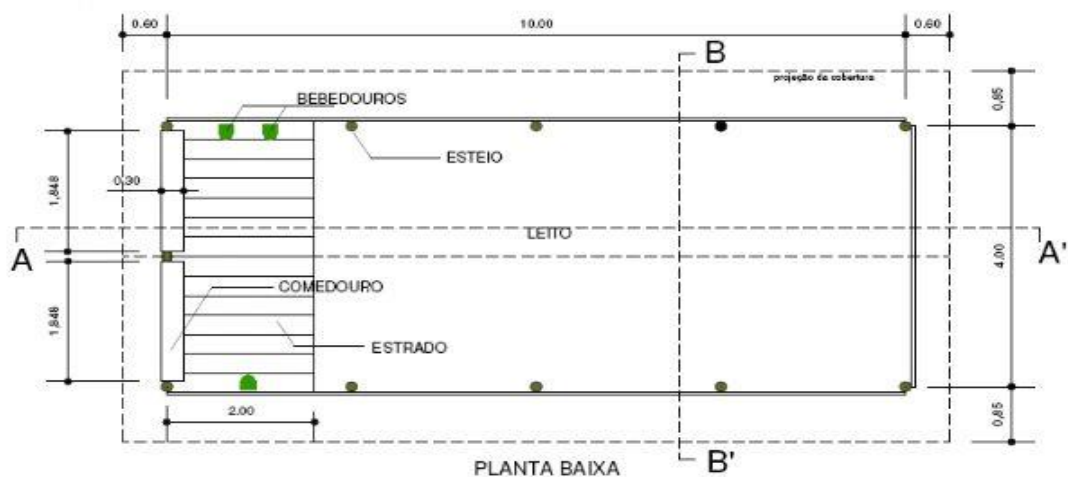
Figura 12: Representação de dimensionamento para cama sobreposta.



Fonte: EMBRAPA, 2016.

Todo material da cama sobreposta pode ser aproveitado como adubo orgânico para a agricultura (ROPPA, 2003). O valor de adubo pode estar diretamente relacionado ao tempo de permanência do material na baía, onde quanto maior o período de permanência, maior será a quantidade de excreções depositada sobre ela, e, conseqüentemente, melhor é a relação entre as dejeções e a matéria prima, trazendo benefícios quanto o seu valor fertilizante (OLIVEIRA, 2001 apud ARNS, 2004). Na Figura 13 estão apresentados o desenho e detalhes construtivos da edificação para a produção de suínos em cama sobrepostas.

Figura 13: Planta baixa da edificação para a produção de suínos em cama sobreposta com capacidade para 25 animais, nas fases de crescimento e terminação.



Fonte: COSTA et al., 2006.

5.4 Parâmetros dos dejetos brutos para lançamento ou disposição

A Instrução Normativa IAP/DIRAM n° 105.006/04 estabelece valores máximos admissíveis para o lançamento de efluentes de suinocultura em corpos hídricos.

Em termos de parâmetros para a disposição de dejetos no solo agrícola, deverão ser atendidos os seguintes requisitos:

a) Área de aplicação

As terras de classe de risco ambiental⁵ I, II, III são indicadas para utilização dos dejetos, em condições de uso intensivo, as de classe IV, para as áreas com culturas perenes, mediante projeto técnico específico.

b) Metais pesados

Os valores máximos admissíveis para o dejetos, são representados na tabela 23 a seguir:

Tabela 23: Valores máximos admissíveis de metais pesados.

Elemento	Teor limite no dejetos (mg de matéria seca)
Zinco	2.500
Cobre	1.000

Fonte: IAP, 1998.

⁵ As Classes de Risco Ambiental das Terras são classificadas segundo os critérios estabelecidos no Sistema de Classificação de Terras para Disposição Final de Dejetos de Suínos, adaptado por Paula Souza e Fowler no Sistema de Classificação de Terras par Disposição Final de Lodo de Esgoto, desenvolvido por Souza; Andreoli; Pauletti e Gioppo (1994). Essas classes representam o nível mais generalizado do sistema e considera cinco classes representadas por algarismos romanos, aos quais estão relacionadas com o grau de risco ambiental no possível uso do dejetos, quanto menor o grau de risco ambiental da terra, maior será seu potencial agrícola. I – Terras sem risco ambiental aparente, pressupõe que os graus de risco ambiental das terras são nulos, portanto se manejadas adequadamente não correm risco ambiental de degradação pela contaminação; II – Terras de baixo risco ambiental, são terras com limitações ligeiras, que com práticas simples de manejo de solo, poderão ser utilizadas para a disposição final de resíduo líquido; III – Terras de médio risco ambiental, são terras com uma ou mais limitação moderada, necessitando de práticas complexas de manejo de solo para serem utilizadas para a disposição final de resíduo líquido; IV – Terras de alto risco ambiental, apresentam pelo menos um aspecto ambiental com grau de risco forte, ou um conjunto de 3 ou mais aspectos com risco ambiental moderado, somente podem ser utilizadas em casos especiais, com culturas permanentes, pastagem ou reflorestamento; V – Terras inaptas, apresentam algum risco ambiental de grau muito forte ou conjunto de riscos ambientais fortes que não as recomendam para o uso com dejetos de suínos, sob alto risco ambiental de contaminação.

a) Taxa de aplicação (m³/ha)

A taxa de aplicação é calculada em função da caracterização do dejetos, da análise de fertilidade e granulométrica do solo e da recomendação de adubação para as culturas utilizadas; considera-se os elementos limitantes para o uso agrícola dos dejetos o nitrogênio (N) e o fósforo (P).

- Caracterização dos dejetos: A concentração de nutrientes e de matéria seca dos dejetos pode ser determinada através da sua caracterização em laboratório ou pela sua densidade, através do método do densímetro (MIRANDA, 1999).

- Análise do solo: É utilizada para diagnosticar a necessidade de corretivos de acidez e de fertilizantes, especialmente em relação ao teor de fósforo do solo. As determinações são de rotina: fertilidade e granulometria. Para tanto, são utilizados os seguintes parâmetros para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Tabela 24).

Tabela 24: Interpretação geral dos resultados de análise do solo para o RS e SC

TEOR NO SOLO	DETERMINAÇÕES					
	pH água	Matéria orgânica %	Cátions trocáveis			
			Ca	Mg	Ca + Mg	K mg/l
			cmol/l			
LIMITANTE	-	-	-	-	-	≤20
MUITO BAIXO	≤5,0	-	-	-	-	21-40
BAIXO	5,1-5,5	≤2,5	≤2,0	≤0,5	≤2,5	41-60
MÉDIO	5,6-6,0	2,6-5,0	2,1-4,0	0,6-1,0	2,6-5,0	61-80
SUFICIENTE	-	-	-	-	-	81-120
ALTO	>6,0	>5,0	>4,0	>1,0	>5,0	>120

Fonte: IAP (1998).

A tabela 25 indica a interpretação dos resultados da determinação de fósforo “extraível” do solo para as principais culturas no RS e SC.

Tabela 25: Interpretação dos resultados da determinação do fósforo “extraível” do solo

FAIXA DE TEOR DE P NO SOLO	CLASSE DE SOLO			
	1	2	3	4
	mg/l			

LIMITANTE	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$
MUITO BAIXO	1,1-2,0	1,6-3,0	2,1-4,0	3,1-6,0
BAIXO	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-9,0	6,1-12,0
MÉDIO	4,1-6,0	6,1-9,0	9,1-14,0	12,1-18,0
SUFICIENTE	$>6,0$	$>9,0$	$>14,0$	$>18,0$
ALTO	$>8,0$	$>12,0$	$>18,0$	$>24,0$

Fonte: IAP, 1998.

Classe 1: $>55\%$ de argila

Classe 2: 41 a 55% de argila

Classe 3: 26 a 40% de argila

Classe 4: 11 a 25% de argila

Os limites de teores de fósforo em solos para o estado do Paraná encontram-se na tabela 26.

Tabela 26: Limites de interpretação de teores de fósforo em solos

TEOR	PRODUÇÃO RELATIVA %	P Resina mg/l			
		FLORESTAS	PERENES	ANUAIS	HORTALIÇAS
MUITO BAIXO	0-70	0-2	0-5	0-6	0-10
BAIXO	71-90	3-5	6-12	7-15	11-25
MÉDIO	91-100	6-8	13-30	16-40	26-60
ALTO	>100	9-16	31-60	41-80	61-120
MUITO ALTO	>100	>16	>60	>80	>120

Fonte: Inst Norm. 105.006 IAP/DIRAM.

A Instrução Normativa nº 105.006/04 IAP/DIRAM indica que:

- Independente do tipo de solo e da cultura, serão considerados teores críticos quanto ao uso de resíduo de suínos, aqueles que ultrapassarem de 2 vezes os valores considerados “alto” na tabela 33, e “muito alto” na tabela 26. Os solos que se enquadrarem nesta situação, somente poderão receber dejetos de suínos após avaliação prévia da assistência técnica habilitada.

5.5 Tratamento dos dejetos

O tratamento é um conjunto de procedimentos que tem como finalidade reaproveitar os dejetos de forma a minimizar os riscos de poluição ambiental e potencializar o

aproveitamento dos nutrientes para fins de adubação agrícola (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015). Vários são os processos de tratamento para os dejetos com alta concentração de matéria orgânica, como os provenientes da criação de suínos. A escolha do processo a ser adotado dependerá de fatores como: características do dejetos (quantidade de dejetos e de nutrientes) e do local, operacionalização e recursos financeiros. O mais importante é que o tratamento atenda à legislação ambiental vigente (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Em relação aos tratamentos dos dejetos, destacam-se: Tratamento primário e Tratamento secundário. Sendo:

a) Tratamento Primário

São sistemas destinados para tratamento preliminar dos dejetos, tais como:

Decantação;

Peneiramento;

Centrifugação;

Coagulação;

Floculação;

Outros afins.

b) Tratamento Secundário

Trata-se de sistemas destinados à estabilização biológica da matéria orgânica, tais como:

Compostagem;

Lagoas de estabilização;

Digestores;

Biodigestores;

Outros afins.

Dentre as alternativas de tratamento para dejetos de suínos, destacamos aqui a compostagem, lagoas de estabilização e biodigestores.

5.5.1 Compostagem

A compostagem é uma prática bastante utilizada para decomposição e bioestabilização dos resíduos orgânicos sólidos, sendo um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem (SILVA et al., 2007). Essa técnica permite obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica. A

compostagem é um processo de digestão aeróbia da matéria orgânica por microrganismos em condições favoráveis de temperatura, umidade, aeração, pH e qualidade da matéria-prima disponível (REBONATO, 2012).

Segundo Silva (2007), a compostagem é um processo ambientalmente seguro, devido que ocorre a eliminação de patógenos e microrganismos nocivos. A matéria orgânica neutraliza várias toxinas e imobiliza metais pesados reduzindo assim a absorção destes materiais indesejáveis às plantas. Além de impedir que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou alcalinidade.

Para a compostagem, recomenda-se os sistemas automatizados em grandes unidades produtoras de suínos para produzir e comercializar os fertilizantes orgânicos gerados. Já para pequenas unidades produtoras, sugerem-se implantar estruturas mais simples como a compostagem em leiras montadas manualmente (OLIVEIRA, 2004).

As unidades de compostagem mecanizadas consistem em estruturas com coberturas de PVC transparente, com a finalidade de aproveitar a radiação solar incidente para aumentar a evaporação da água contida nos dejetos e, aumentar a temperatura no processo da compostagem. Para garantir a ventilação necessária para remover o vapor de água gerado, as paredes devem ser abertas. O material do piso pode ser de concreto ou solo compactado, sendo que as unidades devem prever sistemas de drenagem e um depósito para chorume filtrado pelo leito de compostagem, para a coleta e recirculação do mesmo dentro da unidade caso este venha a ocorrer (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Para a realização de uma compostagem bem sucedida, é necessário um processo de pré-compostagem, que envolve as seguintes etapas: determinação da relação carbono/nitrogênio, escolha dos materiais de mistura, granulometria, pesagem e mistura, local adequado, dimensionamento das pilhas ou leiras, controle de mistura e aeração, temperatura, odor, maturação, qualidade do composto orgânico final e beneficiamento (AUGUSTO; KUNZ, 2011).

Para o preparo do composto é necessário um local adequado para a construção, de preferência próximo a uma fonte de água situado em terreno plano ou levemente inclinado, protegido de ventos, insolação e que tenha boa drenagem. Para se obter uma compostagem eficiente dos resíduos orgânicos é necessário observar algumas condições importantes como material apropriado com tamanho de partículas de 1 a 5 cm, relação C/N em torno de 30/1 a 25/1, umidade em torno de 60% e temperatura variando de 60 a 70°C (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

O ideal é que a compostagem seja realizada em local próximo da produção do dejetos. Locais muito distantes das granjas são economicamente desaconselháveis, pois o transporte onera os custos e pode inviabilizar o processo. O pátio disponível para a compostagem pode ser arquitetado para pequenos e grandes projetos e irá depender da quantidade de dejetos produzidos. O solo deve ser compactado e impermeabilizado evitando a infiltração de água de chuva contaminada com dejetos às águas subterrâneas (AUGUSTO; KUNZ, 2011).

O composto orgânico gerado no processo é de excelente qualidade, em volume concentrado que permite inclusive menor custo de transporte e distribuição nas lavouras, além de apresentar outra grande vantagem que é a redução dos odores, comparado com os sistemas tradicionais, como lagoas anaeróbias e facultativas (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

Os estudos envolvendo compostagem têm se orientado na busca do aumento da capacidade de absorção de dejetos por diferentes materiais e com baixo custo. A otimização dos parâmetros do processo e das construções (plataformas de compostagem) foi recentemente estudada, (NUNES, 2003). Os resultados apresentaram altas taxas de incorporação do dejetos, usualmente maiores que 1:8 (substrato/dejetos) em substratos como maravalha e serragem, durante um mês de incorporação do dejetos com matéria seca de cerca de 3 % (OLIVEIRA et al., 2003), sendo, na maioria dos casos, superiores à capacidade de absorção do material (KUNZ et al., 2004), o que evidencia a alta capacidade de evaporação do sistema proposto.

Paillat et al. (2005), em um estudo para avaliar as emissões de gases em sistema de tratamento dos dejetos suínos via compostagem, observou que 65% do total de carbono inicial são perdidos, sendo 57% sob a forma de dióxido de carbono, 6% sob a forma de metano, e 2% como composto orgânico volátil. O autor concluiu que do total inicial do nitrogênio, 60% são perdidos, sendo 10% sob a forma de amônia, 6% sob a forma de óxido nitroso e 44% sob a forma de nitrato.

Mazé, Théobald e Potocky (1999), verificaram a viabilidade dos sistemas de compostagem para o tratamento dos dejetos líquidos de suínos. Foram observados resultados que demonstraram que é possível atingir absorção relativa entre 8 e 14 litros de dejetos líquido para cada quilograma da mistura de maravalha e palha, respectivamente.

Hsu e Lo (2001) compostaram os dejetos de suínos em pilhas de aproximadamente 1,5 m³, com aeração forçada, por 122 dias. Os autores observaram reduções no teor de C e na relação C:N (de 21,9 para 6,8) e incrementos superiores à 50% nas concentrações de matéria mineral e N.

No intuito de avaliar os benefícios do processo Zhu *et al.* (2004), efetuaram a compostagem dos dejetos de suínos, coletados por raspagem, em associação com palha de arroz, nas proporções de 66 e 14%, respectivamente. As leiras foram manejadas em três diferentes sistemas de aeração: aeração contínua, 4 horas por dia, a partir do 4º dia, aeração passiva e aeração induzida, sempre a temperatura na leira atingia valores superiores à 60° C, a partir do 4º dia de compostagem. Aos 49 dias do início da compostagem foram observadas reduções de 61,88, 48,07 e 50,53% nas quantidades de matéria seca enleirada, em leiras manejadas com aerações contínua, passiva e induzida, respectivamente. As maiores temperaturas foram alcançadas em leiras com aeração induzida e, as menores, em leiras com aeração passiva. A partir do terceiro dia de compostagem não foi detectada a presença de *E. colie* após 63 dias do início do processo não foram encontrados ovos de helmintos. A maturação do composto foi verificada aos 49 dias.

5.5.2 Lagoas de Estabilização

Segundo Medri (1997), o tratamento de dejetos por meio de lagoa de estabilização é uma das alternativas consideradas econômica e eficiente. Essas lagoas possuem vantagens quanto à eficácia na remoção de matéria orgânica, dos sólidos, dos nutrientes e de coliformes fecais, além da facilidade de implantação e manutenção. Porém, uma de suas desvantagens é o dimensionamento da lagoa para o tratamento dos resíduos e, uma área para sua instalação.

Estes sistemas são basicamente bacias terrestres de pequena profundidade envoltas por diques de terra, nos quais as águas residuais são submetidas a degradação por meio de processos naturais: físicos, químicos e biológicos, denominados de autodepuração ou estabilização. As lagoas podem ser classificadas em anaeróbia, facultativa ou aeróbia, e tem sido muito recomendadas para as condições brasileiras devido ao custo relativamente baixo; clima favorável com temperaturas elevadas e período de insolação prolongado; necessidade de pouco ou nenhum equipamento e; disponibilidade de área na maioria dos estabelecimentos rurais (SILVA, 2003).

Nas lagoas anaeróbias, há existência de condições estritamente anaeróbias, ou seja, a ausência de ar é essencial. O processo de estabilização nesta condição é lento, devido à taxa de reprodução destas bactérias serem lentas (VON SPERLING, 2005). Azevedo (1980) alerta que quantidades excessivas de alguns compostos orgânicos ou inorgânicos, como amônia, íons amônio, sulfetos solúveis e sais solúveis de metais como cobre, zinco e níquel podem

interromper o processo de fermentação anaeróbia, comprometendo o desempenho da lagoa anaeróbia.

Para Von Sperling (2005), a implantação de uma única lagoa anaeróbia geralmente não é suficiente para remover a matéria orgânica e os coliformes em sua totalidade (a eficiência de remoção varia entre 50 a 60%). Esse tratamento demanda, ainda, consumo elevado de nutrientes pelos organismos anaeróbios, e por isso há necessidade de mais de uma unidade de tratamento.

Outra categoria de lagoa são as facultativas que depuram os efluentes por processos aeróbios e anaeróbios comitantemente. Nestas lagoas, a estabilização da matéria orgânica é resultado da ação conjunta de algas e bactérias aeróbias, bactérias facultativas e bactérias anaeróbias (SILVA, 2003). Dentre as vantagens das lagoas facultativas estão: satisfatória resistência a variações de carga orgânica; requisitos energéticos praticamente nulos; eficiência na remoção de organismos patogênicos, satisfatória eficiência na remoção de matéria orgânica particulada e solúvel; reduzido custo de implantação e operação (VON SPERLING, 2005).

As lagoas facultativas são importantes como alternativas de tratamento, principalmente quando associadas a uma lagoa anaeróbia. Von Sperling (2005) afirma que este sistema apresenta capacidade de remoção de matéria orgânica entre 70 e 90% e, remoção de coliformes variando de 60 a 99,9%.

As lagoas de maturação⁶ têm como função remoção de organismos patogênicos (em torno de 99,9%), por possuírem condições ambientais desfavoráveis à sobrevivência de organismos patogênicos, como: radiação solar; elevado pH (>8,5); elevada concentração de oxigênio dissolvido (favorecendo comunidade aeróbia mais eficiente por alimento e a eliminação de patogênicos) (SILVA, 2003).

Para evitar problemas, alguns fatores devem ser analisados na fase de projeto das lagoas. As questões que devem ser consideradas são: efeitos provocados pelos ventos, má distribuição do afluente, formação de curto-circuitos e, vegetação emergente (NETTO, 1985).

Se, por um lado, os ventos são necessários ao funcionamento das lagoas, por outro eles podem causar inconveniências de duas naturezas: a formação de ondas que podem danificar os taludes e o deslocamento e concentração de matérias flutuantes em partes das lagoas. Por outro lado, a má distribuição dos afluentes impossibilita o melhor aproveitamento de todo o

⁶ Lagoas de maturação: Lagoas de baixa profundidade, entre 0,5 a 2,5 metros, que faz a remoção de bactérias e vírus de forma mais eficiente devido à incidência da luz solar, já que a radiação ultravioleta atua como um processo de desinfecção.

volume das lagoas pela falta de uniformidade na aplicação das cargas orgânicas, podendo causar odores (NETTO, 1985).

Os curtos-circuitos constituem um grave problema, pois fazem com que a água saia das lagoas em tempo muito mais curto do que o previsto. Eles são causados pela estratificação térmica do líquido e pelo projeto inadequado das entradas e saídas, ou seja, formam caminhos preferenciais, comprometendo a eficiência do tratamento do efluente. Os curto-circuitos são prejudiciais para o processo fotossintético e auxiliam para a elevação do número de bactérias. (NETTO, 1985).

Em lagoas com profundidades pequenas (inferior a 0,6 e 0,7 m), plantas aquáticas (macrófitas) são capazes de desenvolver raízes ao fundo, causando florescimentos aquáticos. A presença dessas plantas é prejudicial para o processo. Entretanto, lagoas com profundidades maiores podem desenvolver as macrófitas junto às margens, nas partes menos profundas (NETTO, 1985).

5.5.3 Biogás

A fim de combater o uso inadequado dos recursos naturais, alternativas para fins energéticos foram criadas, dentre elas o aproveitamento de biomassa, isto é, uma forma de promover a substituição das formas de energia não renováveis pelas renováveis (COUTO *et al.*, 2004). Desde então, os biodigestores são uma tecnologia que aos poucos vem tornando-se realidade em várias propriedades, destacando-se no reaproveitamento dos dejetos suínos (CIVARDI *et al.*, 2014).

O biodigestor é uma estrutura por onde os dejetos são conduzidos e percorrem durante o processo de tratamento biológico dos dejetos, onde a matéria orgânica contida no efluente é metabolizada por bactérias anaeróbias (que se desenvolvem em ambiente sem oxigênio), transformando-a em biogás (REBONATO, 2012). O produto gerado (biogás) é armazenado, podendo servir como fonte de energia elétrica. Além disso, o dejetos estabilizado pode ser usado como fertilizante orgânico (BONATO, 2011).

O processo de fermentação anaeróbia é um processo sensível, podendo ser dividido em quatro fases (KUNZ *et al.*, 2004). Na primeira fase, denominada fase hidrolítica, ocorre a degradação das enzimas hidrolíticas extracelulares das moléculas complexas dos substratos solúveis em pequenas moléculas, que são transportadas para as células dos microorganismos metabolizados (OLIVEIRA, 2004). Nessa fase, as proteínas são transformadas em amoníacos, os carboidratos em açúcares solúveis e os lipídeos em ácidos graxos de cadeia

longa (SOUZA, 2005). Na segunda fase, a fase de fermentação ácida, também conhecida como acidogênese, os produtos gerados na primeira fase são metabolizados em ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico, isobutírico, fórmico, hidrogênio (H₂) e dióxido de carbono (CO₂) (OLIVEIRA, 2004). Na terceira fase, fase de acetogênese, as bactérias acetogênicas (produtoras de hidrogênio), convertem os produtos gerados na acidogênese em dióxido de carbono, hidrogênio, acetato e ácidos orgânicos de cadeia curta (SOUZA, 2005). Na quarta fase, fase metanogênica, os ácidos orgânicos de cadeia curta, o dióxido de carbono (CO₂) e o hidrogênio (H₂) são metabolizados pelas bactérias metanogênicas em metano (CH₄) e dióxido de carbono (OLIVEIRA, 2004).

Para que a biodigestão ocorra com êxito, é necessário que ocorra o balanceamento entre as bactérias que produzem gás metano (CH₄) a partir dos ácidos orgânicos e, este, é dado pela carga diária (sólidos voláteis), alcalinidade, pH, temperatura e qualidade do material orgânico. Qualquer variação entre eles pode comprometer o processo. A entrada de antibióticos, inseticidas e desinfetantes no biodigestor também pode inibir a atividade biológica, reduzindo a capacidade do sistema em produzir biogás (KUNZ et al., 2004).

Para Cervi, Esperancini e Bueno (2010), a composição do biogás pode variar de acordo com alguns fatores como o tipo e a quantidade de biomassa empregada, fatores climáticos, dimensões do biodigestor, entre outros. Segundo Seixas, Folle e Marchetti (1980), quando as condições ambientais para o processamento de dejetos pelos microrganismos são atendidas, o biogás obtido deve ser composto de uma mistura de gases, com cerca de 60 ou 65% do volume total consistindo em metano, enquanto os 35 a 40% restantes consistem, principalmente, de gás carbônico e quantidades menores de outros gases, como hidrogênio, nitrogênio amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (WEREKO-BROBBY, 2000).

De acordo com Rebonato (2012), a digestão anaeróbia que acontece pela utilização de biodigestores rurais é certamente o processo mais viável para a conversão de esterco em energia e biofertilizante.

A utilização dos biodigestores nas propriedades rurais necessita destaque devido aos aspectos de saneamento e energia, além de estimularem a reciclagem orgânica e de nutrientes. O aspecto do saneamento surge no instante em que isolam os resíduos do homem e dos animais, proporcionando diminuição de moscas e odores, permitindo também a redução da contaminação do solo e da água (LUCAS; SANTOS, 2000, p.142).

Apesar do alto custo de manutenção, os biodigestores são considerados uma alternativa tecnológica muito promissora, levando em consideração que haja o eficiente gerenciamento dos dejetos suínos, permitindo assim a agregação de valor na suinocultura, através do aproveitamento dos resíduos por meio da utilização do biogás para a geração de energia (PERDOMO; OLIVEIRA; KUNZ, 2003).

Os dados na Tabela 27 mostram as diferentes produções de biogás de acordo com a biomassa utilizada. Nota-se que a biomassa com melhor rendimento de biogás por tonelada é oriunda de dejetos de suínos, com cerca de 560 m³ de biogás por tonelada.

Tabela 27: Estimativa de produção de biogás por quantidade de biomassa.

Biomassa utilizada (dejetos)	Produção de biogás (a partir de material seco em m ³ por tonelada)
Suínos	560
Aves	285
Bovinos	270
Equinos	260
Ovinos	250

Fonte: CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010. Adaptado de SGANZERLA, 1983.

Os dejetos gerados na suinocultura podem disponibilizar/gerar energia correspondente a 86,4% do total médio demandado em uma propriedade rural, demonstrando o potencial existente de geração energética neste material, possibilitando inclusive tornar muitos estabelecimentos rurais, auto-suficientes (BONATO, 2011). Pujol (2008), afirma que os biodigestores anaeróbios utilizados no tratamento de dejetos suínos são utilizado sob dois enfoques principais: produção de gás combustível e venda de crédito de carbono, embora o emprego deste processo para produção de biofertilizante também seja importante e ainda ocorra. Santos (2000), determinou a produção de biogás para cada fase de terminação de suíno, representados na Tabela 28.

Tabela 28: Produção de biogás a partir de resíduos da suinocultura.

Espécie pecuária	Unidade de referência	Produção específica de biogás (m ³ kg ⁻¹ SV ^{**})	Produção diária (m ³ animal ⁻¹ dia ⁻¹)
Suínos*	Porca reprodutora em ciclo fechado	0,45	0,866
	Porca reprodutora em	0,45	0,933

	criações de leitões		
	Porca em exploração de engorda	0,45	0,799

Fonte: SANTOS, 2000.

*Chorume diluído com águas de lavagem

**SV – Sólidos voláteis

A biomassa proveniente do processo de biodigestão possui alto poder fertilizante. Segundo Nogueira (1986), os nutrientes presentes nos resíduos não são degradados. Após a digestão, 50% do nitrogênio presente se transforma na forma de amônia dissolvida, que é assimilada pelas plantas.

Perdomo (1998) apresenta a quantidade de biogás que pode ser produzida diariamente em condições ideais, de acordo com o tamanho do rebanho de suínos e o volume do biodigestor (Tabela 29).

Tabela 29: Produção de biogás utilizando dejetos de suíno.

Nº de matrizes	Volume do biodigestor (m ³)	Produção de biogás (m ³ /dia)
12	25	12
24	50	25
36	75	37
60	125	62

Fonte: PERDOMO, 1998.

Para Cervi, Esperancini e Bueno (2010), a produção de biogás depende diretamente das condições de manutenção e operação do biodigestor e do resíduo. Souza *et al.* (2004), em um estudo de uma propriedade rural típica contendo aviário, pocilga, fábrica de ração e residência, foi estimado o consumo em 39 kWh, constatando que seriam necessárias 258 matrizes de suínos com capacidade de gerar, cada uma, 0,775 m³ de biogás por dia, para instalação de um grupo gerador com potência de 40 kW. Os autores concluíram que, para uma tarifa de energia elétrica de R\$ 0,19 kWh⁻¹, o tempo de recuperação do investimento é de 5,4 anos. Também indicaram que o retorno do investimento depende da tarifa de energia paga pelo produtor e do período de utilização da planta.

Coldebella (2006) destaca que o custo de m³ de biogás produzido na propriedade está diretamente relacionado com a capacidade de produção de biogás em função do investimento

necessário. Desta forma, a tabela 30, mostra a utilização do sistema, seu custo médio de biogás produzido e a função de investimento necessário.

Tabela 30: Custo médio de biogás produzido x Função de investimento necessário

Utilização do sistema (h dia ⁻¹)	Custo (R\$/m ⁻³)	Tarifa de energia elétrica (R\$/ kWh ⁻¹)	Retorno de investimento (anos)
10	0,063	0,30	2,7

Fonte: Adaptado pela autora.

Cervi, Esperancini e Bueno (2010) estimaram a viabilidade econômica de um sistema biointegrado para geração de eletricidade a partir do aproveitamento de dejetos de suínos. Os dados para este estudo foram coletados em uma agroindústria, onde eram realizadas diversas atividades agrícolas. Entretanto, a suinocultura foi selecionada para o processo de análise de biodigestão anaeróbia, pelo fato de gerar uma grande quantidade de dejetos, com dificuldade de disposição no meio ambiente. O biodigestor analisado foi de um modelo tubular contínuo, com calha de água em alvenaria e com uma manta plástica como gasômetro, onde foram depositados diariamente os dejetos de 2.300 suínos em fase de terminação, conforme a tabela 31.

Tabela 31: Viabilidade econômica de um sistema biointegrado para geração de energia elétrica a partir do aproveitamento de dejetos suínos

Investimento inicial (R\$)	Custos anuais (R\$)	Consumo energia elétrica (kWh)	Valor presente líquido (R\$)	Taxa interna de retorno (%/ano)
51.537,17	5.708,20	35	9.494,90	9,34

Fonte: Adaptado pela autora.

O investimento inicial para implantação foi estimado em R\$ 51.537,17, e os custos anuais do sistema foram de R\$ 5.708,20 com manutenção, R\$ 4.390,40 com depreciação e R\$ 1.366,77 com juros. Os autores concluíram que o sistema de produção de biogás é viável do ponto de vista econômico, se o consumo de energia elétrica for de 35 kWh por dia, em média, onde o valor presente líquido (VLP) é de R\$ 9.494,90, e a taxa interna de retorno (TIR) é de 9,34% ao ano.

5.6 Utilização dos dejetos

O emprego de dejetos deve ser programado levando em conta as características do solo e do clima, exigência das culturas, declividade, taxa e época de aplicação, formas e equipamentos de aplicação. Desta forma, faz-se necessário o incentivo às pesquisas e manejo técnico, no sentido de eliminar estas fontes de contaminação ambiental, encaminhando para uma destinação econômica, rentável e sustentável a estes (KONZEN, 2003). Dentre as alternativas de reutilização, destacamos a seguir o uso de dejetos para fins agrícolas e na alimentação animal e como biofertilizante.

5.6.1 Para fins agrícolas

Em termos de utilização dos dejetos, tem-se a aplicação no solo para fins agrícolas. A Instrução Normativa nº 105.006 IAP/DIRAM dispõe que essa aplicação é uma forma adequada de disposição final dos dejetos de suínos, desde que passem pelo processo de estabilização. Para a aplicação dos dejetos no solo, para fins agrícolas, devem ser atendidos, no mínimo, os seguintes critérios:

a) Disponibilidade de área para aplicação

O interessado deve possuir área agrícola disponível e com aptidão para disposição dos dejetos no solo. Para casos de aplicação de dejetos em áreas de terceiros, a mesma deverá ser avaliada e classificada como de Risco Ambiental I, II, III ou IV, devendo ser apresentado termo de compromisso entre as partes, com firma reconhecida em cartório.

b) Área de aplicação

A escolha da área para disposição dos dejetos de suínos deve considerar os aspectos ambientais das terras, sua classe de risco ambiental e as características físico-químicas do solo. Para a definição de áreas aptas, deverá ser seguido os critérios estabelecidos no “Sistema de classificação de risco ambiental das terras para uso agrônômico de dejetos de suínos”. Desta forma, estas áreas deverão adotar obrigatoriamente técnicas ou práticas de uso manejo e conservação do solo compatíveis com a sua classificação de risco.

c) Época de aplicação

O dejetos deve ser aplicado em período compatível com o uso e manejo do solo e da cultura.

d) Forma de aplicação

A aplicação dos dejetos deve ser em sulcos, linhas de plantio ou em cobertura total. Os dejetos devem ser dispostos no solo de forma que não causem contaminação dos cursos de água e do lençol freático pelo escoamento superficial e/ou percolação da água.

e) Culturas recomendadas

Para o cultivo com aplicação de dejetos, são indicados:

- Grandes culturas: Principalmente aqueles produtos que são consumidos após a industrialização ou alimentos não consumidos “*in natura*”, tais como: milho, feijão, soja, sorgo, canola, trigo, aveia, cevada, forrageiras para adubação verde.

- Reflorestamento: na implantação.

- Produção de grama: incorporado ao solo.

- Fruticultura

- Pastagens: o dejetos poderá ser utilizado em pastagem, desde que determinado um período de carência mínima de 30 dias para utilização da área para pastejo.

f) Monitoramento

- O monitoramento deve ser realizado uma vez por ano, através de análise de fertilidade do solo, antes da aplicação do resíduo.

- Os parâmetros Cobre total e Zinco total devem ser analisados a cada dois anos.

- A profundidade de amostragem deve variar com método de preparo de solo: Plantio convencional – 0 a 20 cm de profundidade; Plantio sem revolvimento ou pastagem - 0 a 5 e 5 a 20 cm de profundidade são recomendadas com objetivo de verificar o acúmulo de nutrientes em superfície, passíveis de escoamento superficial.

- Em caso de suspeita de acúmulo de nitrato em profundidade, deve-se analisar os teores de Nitrato e Amônio em profundidade com amostragem nas profundidades de 0-20 e 20-60 cm.

O volume de dejetos produzidos por uma criação e a concentração de nutrientes no efluente são os aspectos básicos para se definir a melhor forma de utilização dos mesmos. Para determinar a quantidade de dejetos produzidos numa criação, sugere-se utilizar os dados médios de produção de dejetos líquidos diários apresentados na Tabela 31, considerando o número de suínos presentes nas diferentes fases produtivas ou elaborando a composição do rebanho, conforme a capacidade de alojamento da instalação e cronograma de produção (DARTORA, PERDOMO e TUMELERO, 1998).

Tabela 32: Produção de dejetos por categoria.

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (l/dia)
25 – 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas reposição cobrição e gestantes	3,60	11,00	16,00
Porcas em lactação com leitões	6,40	18,00	27,00
Macho	3,00	6,00	9,00
Leitões	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Res. nº 31/98 SEMA/IAP.

A utilização dos dejetos como adubo orgânico exige instalações, equipamentos e manejo adequado para torná-lo economicamente competitivo com o fertilizante mineral. Para essa análise, deve-se considerar a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) nos dejetos e o custo de distribuição que, por sua vez, está relacionado com a distância entre o depósito e a lavoura, velocidade de deslocamento (depende da topografia e condições do terreno), volume anual aplicado e o custo horário do trator mais o do sistema de distribuição. Além disso, deve-se considerar aspectos ambientais tais como: disponibilidade de área, tipo de solo, distância de mananciais e dose de aplicação (DARTORA, PERDOMO e TUMELERO, 1998).

A quantidade de dejetos a ser aplicada depende do valor fertilizante, do resultado da análise do solo e das exigências da cultura a ser implantada. Dependendo da escala de produção, o gerenciamento deste dejetos pode levar à exaustão do solo. Para a aplicação dos dejetos no solo, deve-se utilizar equipamentos que permitam a distribuição da quantidade recomendada. Os sistemas mais usados são: conjunto de aspersão com canhão e conjunto trator e tanque distribuidor (PERDOMO, 2001).

Os dejetos contêm grandes quantidades de micro-organismos potencialmente perigosos. Os órgãos ambientais recomendam que a utilização do dejetos como fertilizante se dê somente após a retenção em tanque de 120 dias, visando à estabilização e redução do poder poluente do composto. A retenção pode eliminar grande parte da carga microbiana, além da redução da DBO e eliminação de odores desagradáveis (GAMA, 2003).

Cada cultura exige uma quantidade e um tempo determinado no uso de fertilizante. Portanto, cabe orientação técnica do órgão avaliar a quantidade necessária para sua plantação.

Análises em laboratório auxiliam na determinação das quantidades exatas de fertilizantes que devem ser adicionadas ao cultivo (BARROS, 2014).

5.6.2 *Uso de dejetos na alimentação animal*

A necessidade de se descobrir novas fontes de alimentos alternativos em substituição aos ingredientes tradicionais das rações provém do crescente aumento no custo da alimentação animal, uma vez que os ingredientes tradicionais usados em grandes quantidades para a fabricação de rações aumentam os gastos com a alimentação dos animais de produção (VIEIRA et al., 1991). Os dejetos animais que, a princípio, eram utilizados apenas como adubo vêm sendo aproveitados na alimentação animal (COLL et al., 1989).

Smith (1973) considera que a prática de utilização de dejetos suínos para a alimentação é mais aplicada para as espécies ruminantes, devido à capacidade que esses animais possuem em aproveitar alimentos mais grosseiros. O dejetos suíno vem sendo difundido como complemento na alimentação dos bovinos de corte e peixes, devido ao seu alto valor nutritivo (12 a 18% de proteína bruta), além de ser um volumoso de boa aceitabilidade pelo bovino. Pesquisas realizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI/SC) mostraram que os dejetos suínos peneirados e prensados podem ser incluídos até o nível de 66% na dieta dos bovinos de corte. No entanto, sua utilização para bovinos de leite não é recomendada devido aos riscos sanitários (DIESEL; MIRANDA e PERDOMO, 2002).

Para Garcia (2004), o uso de dejetos na alimentação dos próprios suínos vem sendo pesquisado há muito tempo, porém, nem sempre apresenta resultados satisfatórios. Lima, Oliveira e Gomes (1993) determinaram que o valor dos dejetos suínos processados de diferentes formas não foi superior a 1.294 kcal de energia digestível e, o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca esteve ao redor de 33%, o que classifica este tipo de produto como alimento de baixo valor nutritivo.

A fertilização de tanques de piscicultura também é uma possibilidade de uso, já que sua principal finalidade é fornecer um alimento barato aos peixes, permitindo uma maior agregação de renda na propriedade. O principal benefício do dejetos na água é a produção de organismos planctônicos que servem de alimentos para os peixes (DIESEL; MIRANDA e PERDOMO, 2002). Porém, deve-se observar a quantidade de oxigênio dissolvido na água dos tanques, para que não haja perigo de mortandade geral de peixes (GAMA, 2003). É necessário manter uma taxa de oxigênio dissolvido de no mínimo 5 mg/litro. A dosagem de dejetos a ser

aplicada depende basicamente da temperatura da água. Recomenda-se de uma maneira geral, utilizar uma quantidade equivalente a 10% do peso vivo dos peixes, quando a temperatura da água for superior a 20°C. Caso a temperatura seja menor, alimenta-se o tanque com dejetos na quantidade de 3 a 5% do peso vivo dos peixes (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Contudo, é preciso monitorar as carnes dos peixes ou de outros animais alimentados com dejetos, para verificar se não se encontram contaminadas.

O policultivo de peixes é o principal sistema de criação que usa dejetos suínos, sendo a carpa comum, a tilápia nilótica e as carpas chinesas, as principais espécies utilizadas.

O método de policultivo consiste na criação simultânea de duas ou mais espécies de peixes em um mesmo local, com a finalidade de potencializar a produção, utilizando organismos com hábitos alimentares e distribuição espacial diferentes, possibilitando o aumento da produtividade e lucratividade dos cultivos (KESTEMONT, 1995).

Segundo Diesel, Miranda e Perdomo (2002), a dosagem de dejetos a ser aplicada depende basicamente da temperatura da água. É recomendado utilizar uma quantidade equivalente a 10% do peso vivo dos peixes, quando a temperatura da água for superior a 20°C. Se a temperatura for menor coloca-se uma quantidade de 3 a 5% do peso vivo dos peixes.

5.7 Análise dos métodos, técnicas e sugestões para estabelecimentos de pequeno porte

Dentre os métodos de tratamento de dejetos de suínos para implantação em pequenos produtores em sistemas de produção com cama sobreposta, do ponto de vista econômico este método apresenta baixo custo de implantação, facilidade de manutenção, operação, além de produzir um adubo de alta qualidade através da transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, pelo processo de compostagem. Entretanto, requer maiores áreas para implantação. Além disso, há perdas significativas principalmente dos gases que são volatilizados ocorrendo à liberação de odores e cheiros desagradáveis e consumo.

No caso de sistemas onde os dejetos são retirados na forma líquida, o método mais utilizado em pequenas propriedades é o uso de esterqueira, que apresenta algumas vantagens, como baixo custo de implantação, operação e manutenção. Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados, como por exemplo, compactação e impermeabilização do solo, dimensionamento da lagoa, manter uma margem da esterqueira para evitar transbordamento e, principalmente, deixar o dejetos curtir por 120 dias. Para tanto, recomenda-se a construção de, no mínimo, duas lagoas, que requerem mais área para sua implantação. Outro fator

desagradável dos lagos de estabilização é o odor liberado pela volatilização dos gases oriundos do processo de fermentação.

Neste estudo foi analisado o pequeno produtor rural, para o caso dos suínos foi analisado a produção de 10 suínos. Sabe-se que em média um suíno produz 8,6 litros/dia de dejetos, ou, 0,0086 m³ dejetos/dia, e no caso de 10 suínos tem-se 0,086 m³/dia de dejetos e 2,58 m³ dejetos/mês.

Desta forma, como a esterqueira em termos ambientais e econômicos é a opção mais vantajosa para o pequeno agricultor, não necessitando de grandes instalações visto que a quantidade gerada por 10 suínos não é relativamente grande.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo retratou os processos mais utilizados de armazenamento e tratamento de dejetos de aves e suínos. Todos possuem o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados pelos dejetos e reduzir seu potencial poluidor, além de permitir o uso de resíduo oriundo dos tratamentos, seja como fertilizante nas lavouras, seja como biogás, que pode ser usado para aquecimento, cozimento, geração de energia, etc.

O impacto ambiental provocado pelo manejo inadequado dos dejetos avícolas e suinícolas pode causar diversos danos, como riscos de poluição de mananciais de água superficiais e subterrâneas, além da emissão de odores e gases nocivos a saúde da população. Outros problemas provenientes destas atividades são aos custos e as dificuldades de armazenamento, transporte, tratamento e reutilização dos dejetos, podendo resultar em um manejo inadequado. Desta forma, ocorre a busca por alternativas a fim de minimizar o impacto negativo destes dejetos no ambiente.

A cama de aviário, enquanto resíduo da produção avícola, pode apresentar variadas implicações, conforme o tratamento e o destino desse resíduo. Ao tratar-se de aspectos ambientais e sanitários, no que diz respeito ao uso como cama na produção animal, quanto a sua fertilização como fertilizante agrônômico, é fundamental a adoção de técnicas e métodos para seu posterior tratamento.

Já a suinocultura teve uma grande expansão no Brasil, resultando em uma concentração de animais confinados em pequenas áreas, com o objetivo de atender ao consumo doméstico e a exportação de carnes e derivados. Como efeito deste grande crescimento, tem-se o aumento dos dejetos e conseqüentemente o aumento dos impactos sobre o meio ambiente.

Tanto os empreendimentos de avicultura como de suinocultura tem um alto potencial de impactos ambientais provenientes da produção de resíduos com altas cargas de nutrientes, matéria orgânica, metais pesados, entre outros. Diante disso, ocorre um desafio na busca por instrumentos capazes de manter a atividade associados com a preservação dos recursos naturais.

Em relação à disposição destes dejetos, segundo entrevistas com técnicos do IAP, tanto de aves como de os suínos, os agricultores são orientados pelos órgãos ambientais, no caso do Paraná o IAP, e de assistência técnica (EMATER), a ver qual técnica se adapta melhor a sua realidade. Outros casos de orientação aos produtores são em relação às empresas integradoras e os bancos financiadores que exigem dos produtores que apresentem as

respectivas licenças ambientais para serem integrados ou para conseguir financiamentos. A partir desta licença, fica obrigatório apresentar técnicas de disposição, respeitando as exigências ambientais.

Em termos de normas e leis, aos quais os agricultores devem obedecer, temos o Art. 10 da Lei Federal nº 6.938/81 seguida pela Resolução do CONAMA nº 237/97, que determinam que toda atividade potencialmente poluidora ou capaz de ocasionar dano ambiental, necessita de licença ambiental. Portanto, a licença ambiental é obrigatória para a atividade de avicultura (para aviários com o mínimo de 2.500m²) e suinocultura (para plantéis com o mínimo de 10 suínos). Sobre a avicultura, temos a Resolução SEMA nº 24/08, que estabelece condições e critérios e dá outras providências para o licenciamento ambiental de empreendimentos de avicultura no estado do Paraná. Para a suinocultura, tem-se a Instrução Normativa IAP/DIRAM nº 105.006/04, onde são detalhadas as normas para licenciamento e para o correto tratamento e destino final dos resíduos da atividade de suinocultura.

Ao se tratar do pequeno agricultor, ou seja, que possui um pequeno plantel de animais, foi possível concluir que entre as técnicas de armazenagem para os avicultores e suinocultores se destacam as camas sobrepostas, que consiste da criação de animais em piso formado com maravalha ou outro material, possibilitando um custo relativamente baixo para instalações e manejo, além de um melhor aproveitamento da área da propriedade.

Em termos de técnicas de tratamento para o pequeno agricultor de aves e suínos, destaca-se a compostagem como uma proposta promissora, econômica e prática. Além de possuir um valor econômico associado à venda do composto, a compostagem reduz os sólidos totais e pode eliminar os microrganismos patogênicos.

As esterqueiras, utilizadas no tratamento dos dejetos de suínos, também são uma opção benéfica para o pequeno produtor, permitindo a fermentação do esterco, diminuindo seu potencial poluidor e permitindo seu aproveitamento com fertilizante.

Uma das grandes dificuldades associadas aos dejetos de aves e suínos está no custo das tecnologias, ou seja, são difíceis de serem transferidos para agricultores com pequenos plantéis, devido à baixa capacidade de investimento do produtor, criando assim, grandes dificuldades para a redução dos impactos, visto que na maioria dos casos, não é possível mitigar a poluição sem associar a tecnologia.

A gestão dos dejetos é um tema complexo e não exige uma única solução, ou, uma solução em curto prazo. No Brasil, em relação aos armazenamentos e tratamentos para as aves e suínos, todos os processos são utilizados. Entre os produtores integrados a grandes empresas, o uso de biodigestores se sobressai devido aos incentivos à produção do biogás,

permitindo ao produtor uma renda pela venda do biogás ou da energia elétrica. Porém, para agricultores que possuem uma pequena escala, a compostagem, cama sobreposta e as esterqueiras se destacam como opção alternativa de uso.

O manejo dos dejetos é essencial não apenas em grandes setores agropecuários, mas também em pequenas propriedades, devido ao fato que na maioria delas ocorre à falta de estrutura para o armazenamento e tratamento dos dejetos, transformando um problema de gerenciamento particular em um grande problema ambiental.

É importante salientar que o custo de implantação de unidades de tratamento tem sido o maior obstáculo na adoção das técnicas para os avicultores e suinocultores. Assim, a viabilidade econômica e ambiental deve ser compatibilizada a fim de atender as legislações ambientais e agrícolas.

Os dejetos animais devem ser analisados como prioridade e precaução para o produtor rural, devido ao grande potencial poluidor característico de seus componentes, não sendo tratado com descaso, pois os excrementos devem ser considerados parte do sistema produtivo.

Ao serem armazenados e tratados de forma correta, os dejetos evitam a contaminação dos recursos hídricos e do solo. Várias são as tecnologias que podem ser utilizadas pelos produtores a fim de realizar o armazenamento e tratamento de forma eficaz. Cabe ao agricultor junto ao órgão competente ou a assistência técnica local decidir a tecnologia que se enquadra melhor à sua realidade, combatendo a contaminação e priorizando a preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AFONSO, Esther R.; PALHARES, Julio C. P.; GAMEIRO, Augusto H. Impacto de Estratégias Nutricionais no Dejeito de Suínos. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO E PESQUISA ANIMAL, VIII., 2014, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2014. p. 54-75.

ALVES, Rui G. C. de M. **Tratamento e valorização de dejetos da suinocultura através de processos anaeróbicos – operação e avaliação de diversos reatores em escala real**. 2007. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina/Campus de Florianópolis, Florianópolis, 2007.

ARCOVA, Carlos S.; CICCIO, Valdir de.; SHIMOMICH, Pedro Y. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de mata atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.5, n.1, p.1-20, 1993.

ARNS, Adriana P. **Eficiência fertilizante da cama sobreposta de suíno**. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2004.

AUGUSTO, Karolina V. Z.; KUNZ, Airton. Tratamento de dejetos de aves poedeiras comerciais. In: PALHARES, Julio C.; KUNZ, Airton. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa suínos e aves, 2011. 226p. p.153-174.

AVILA, Valdir S.; MAZZUCO, Helenice.; FIGUEIREDO, Elsio A. P. de. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. **Circular Técnica**, Concórdia, n. 16, p. 1-38, 1992.

PALHARES, Julio C. P.; KUNZ, Airton. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 226 p.

AZEVEDO, Maria E. C. Pesquisa de digestibilidade de diversas matérias-primas. In: PRIMEIRO ENCONTRO NACIONAL DE SISTEMAS DE BIODIGESTÃO, 1980, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Confederação Nacional das Indústrias, 1980. p.41-50.

BARBOSA, George.; LANGER, Marcelo. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência – ACSA**, Joaçaba, v.2, n.1, p. 87-96, 2011.

BARCELLOS, Christiane Maria.; ROCHA, Magalhães.; RODRIGUES, Luciano S. R.; COSTA, Claudionor C.; OLIVEIRA, Paulo R.; SILVA, Israel J.; JESUS, Éder F. M.; ROLIM, Renata G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.22, n.9, p.1967-1978, set. 2006.

BARCELLOS, David E. S. N.; BOROWSKI, Sandra M.; GHELLER, Neimar B.; SANTI, Mônica.; MORES, Tiago J. Relação entre ambiente, manejo e doenças respiratórias em suínos. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v.36, n.1. p.87-93, 2008.

BARRERA, Paulo. **Biodigestores – Energia, Fertilidade e Saneamento Para Zona Rural**. 2.ed.São Paulo: Ícone, 1993. 106 p.

BARROS, Talita D. **Biofertilizante**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia>>. Acesso em: 15 julho 2016.

BARTHOLOMEU, Daniela B.; BARTHOLOMEU, Marcelo B.; CARVALHO, Thiago B.; MIRANDA, H. G. Legislação de recursos hídricos e o tratamento de dejetos na suinocultura paulista. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, XLIV., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SOBER/BNB, 2006. p.1-20.

_____. O mercado de carbono e a atividade suinícola. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.27, n.2, p.46, fev. 2007.

BASSO, Claudir J. **Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos**. 2003. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BERTOL, Ildgardis.; MELLO, Eloy L.; GUADAGNIN, Jean C.; ZAPAROLLI, Almir L.V.; CARRAFA, Marcos R. Nutrient losses by water erosion. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.581-586, 2003.

BERTONCINI, E. I. **Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola**. Campinas: Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, p. 152-169, 2008.

BERTONCINI, Edna I. Dejetos da Suinocultura – Desafios para o uso agrícola. **Pesquisa e Tecnologia**, Campinas, v.8, n.2, p.1-10, 2011.

BEUX, Simone. **Avaliação do tratamento de efluente de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

BLAKE, J. P. Dejetos da indústria avícola: o que deve ser feito para preservar o meio ambiente? In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1996. p.91-98.

BONATO, Eduardo. **Análise do sistema de manejo de dejetos da suinocultura comercial em Camargo – RS**. 2011. 55 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus de Camargo, 2011.

BORGHI, Gustavo B. **Produção mais limpa em abatedouro de aves: um estudo de caso no interior do estado de São Paulo**. 2008. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: 1988.

_____. **Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Brasília: Diário Oficial da União, 1934.

_____. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

_____. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Brasília: Diário Oficial da União, 1981.

_____. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Anexo II do Ofício Circular**. Conjunto DFIP – DSA nº 1/2008, de 16 de setembro de 2008.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa: Informações gerais e valores preliminares**. Brasília: 2009.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Brasília: Diário Oficial da União, 2011.

BRUMANO, Gladstone. Mercado de carbono e os impactos da avicultura ao meio ambiente. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.5, n.6, p.722-741, nov/dez. 2008.

BURATO, Aline S. **Legislação ambiental brasileira e impacto ambiental: estudo de caso sobre a suinocultura no município de Braço do Norte, SC**. 2009. 128 f. Monografia (Graduação em Direito) - Universidade do Sul de Santa Catarina/Campus de Tubarão, Tubarão, 2009.

CAMPOS, Aloísio T. **Análise da viabilidade da reciclagem de dejetos bovinos com tratamento biológico, em sistema intensivo de produção de leite**. 1997. 161 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista/Campus Botucatu, Botucatu, 1997.

CAMPOS, Aloísio T.; FERREIRA, Widsney A.; PACCOLA, Ademérico A.; LUCAS JÚNIOR, Jorge.; ULBANERE, Rubens C.; CARDOSO, Roberto M.; CAMPOS, Alessandro T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.2, p.426-438, 2002.

CARDOSO, Bárbara F.; OYAMADA, Graciela C.; SILVA, Carlos M. Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, Rio de Janeiro, v.13, n.32, p.127-145, out/dez. 2015.

CARMO JUNIOR, Gersina N. R.; FILHO, Paulo B.; LISBOA, Henrique de M.; SCHIRMER, Waldir N.; LACEY, Marina E. Q. Odor assessment tools and odor emissions in industrial processes. **Technology Acta Scientiarum**, Maringá, v.32, n.3, p.287-293, 2010.

CARVALHO, Jaqueline C. B.; ORSINE, Joice V. C. Contaminação do meio ambiente por fontes diversas e os agravos à saúde da população. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.13, p.1107-1118, 2011.

CAVALETTI, Luciano B. **Avaliação do sistema de compostagem mecanizada para dejetos suínos**. 2014. 84 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014.

CAZARRÉ, Marcus M. **Otimização de lagoas anaeróbias para o tratamento de dejetos de suínos**. 2001. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CEMA, Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução nº 70 de 22 de outubro de 2009**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental para empreendimentos industriais. Curitiba: 2009.

CERVI, Ricardo G.; ESPERANCINI, Maura S. T.; BUENO, Osmar. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Revista Engenharia Agrícola**, São Paulo, v.30, n.5, p.831-844, 2010.

CIVARDI, Jacira F. D.; CASTRO, Danilo M.; REIS, João Gilberto M.; CASAROTTO, Eduardo L. Alternativas sustentáveis com o uso de biodigestores e logística integrada na suinocultura: uma análise para a região de Itaporã-MS. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, XVI, 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEAUSP, 2014. p. 01-16.

COLDEBELLA, Anderson. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

COMASTRI Jose A. C.; **Biogás: independência energética do pantanal mato-grossense**. Coumbá: EMBRAPA – CNPSA, 1981. 53 p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre a Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1986.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 003 de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões da qualidade do ar. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1990.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 006 de 24 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre os modelos de publicação de licenciamento em quaisquer de suas modalidades. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1986.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005**. Estabelece critérios gerais para reuso de água potável. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2005.

_____. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1997.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2005.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 382 de 26 de dezembro de 2006**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2006.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2011.

COSTA, Osmar A. D.; OLIVEIRA, Paulo A. V.; HOLDEFER, Carmo.; LOPES, Elder J. C.; SANGOI, Vicente. Sistema alternativo de criação de suínos em cama sobreposta para agricultura familiar. **Comunicado Técnico**: EMBRAPA, Concórdia, v.1, n.1, p. 01-07, 2006.

COUTO, Luiz. C.; COUTO, Laércio.; WATZLAWICK, Luciano F.; CÂMARA, Daniel. Vias de Valorização Energética de Biomassa. **Biomassa e Energia**, Viçosa v.1, n.1, p.71-92, 2004.

CRAVEIRO, Américo M.; IGLESIA, Manuel R de la.; HIRATA, Yukie S. **Manual de biodigestores rurais**. São Paulo: Editora Ipt, 1982. 76p.

DACACH, Nelson G. **Saneamento básico**. Rio de Janeiro: Editora Didática e Científica, 3ed. 1990.

DAGA, Jacir. **Análise ambiental de instalações para suínos em propriedades na região de Marechal Cândido Rondon – PR**. 2005. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Campus de Marechal Cândido Rondon, Marechal Cândido Rondon, 2005.

DARTORA, Valmir.; PERDOMO, Carlos C.; TUMELERO, Ivone L. **Manejo de dejetos de suínos**. Porto Alegre: Boletim Informativo de Pesquisa, Embrapa Suínos e Aves e Extensão, EMATER/RS, 1998. 32p.

DENAGUTTI, Roberto.; PALHACI, Maria do Carmo J. P.; ROSSI, Marco.; TAVARES, Roberto.; SANTOS, Claudemilson. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, IV., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: UNESP, 2002. P.01-05.

DIESEL, Roberto.; MIRANDA, Cláudio R.; PERDOMO, Carlos C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: Boletim Informativo BIPERS Pesquisa e Extensão. Embrapa Suínos e Aves, 2002. 30p.

DONADIO, Nicole M. M.; GALBIATTI, João A.; PAULA, Rinaldo C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EBERT, Douglas C.; SILVA, Luís C.; VILAS BOAS, Marcio A. Simulação da dinâmica operacional de um processo industrial de abate de aves. **Revista Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, v.29, n.2, p.305-309, 2009.

EMBRAPA. **Suínos e aves**. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/invtec/34.html>>. Acesso em: 02 maio 2015.

FACTOR, Thiago L.; ARAÚJO, Jairo A. C., VILELLA JÚNIOR, Luiz V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, São Paulo, v.12, n.2, p.143-149, 2008.

FERNANDES, Ângela Maria. F. **Diagnóstico da qualidade da água subterrânea em propriedade rural no município de Planalto, RS**. 2011. 65 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/Campus Ijuí, Ijuí, 2011.

FERREIRA, Magna M.M.; FERREIRA, Gilvan B.; FONTES, Paulo C.R.; DANTAS, José P. Influência das adubações nitrogenada e orgânica no tomateiro sobre os teores de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.233-239, 2003.

FERREIRA, V. M. O. S; CALDARA, F. R; GARCIA, R. G; ALMEIDA, C. L; FELIX, G. A; SANTOS, L. N. B. Criação de suínos em cama sobreposta. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DA UNESP, VI., 2010, Dracena. **Anais...** Dracena: UNESP, 2010. p. 01-03.

FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; PEREZ, J. R. O.; RODRIGUES, P. B.; LOGATO, P. R.; FREITAS, R. T. F.; OLIVEIRA, V. **Manejo de resíduos da pecuária**. Lavras: Textos Acadêmicos, 2001. 83p.

FREITAS, Jader Z. **Esterqueiras para dejetos de bovinos**. Niterói: Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento, 2008. 12p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Brasília: Ministério da Saúde, Departamento de Saneamento, 2007. 409p.

GAMA, Márcio Luiz. S. **Planejamento e gestão do tratamento de dejetos suínos no Distrito Federal: aplicação de instrumentos de avaliação multicriterial**. 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

GARCIA, Luciene. M. **Dejetos de suínos como fonte protéica alternativa para alimentos de piauçu (*Leporinus macrocephalus*): reciclagem de nutrientes e diminuição do impacto ambiental no entorno das criações de suínos**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense/Campus de Niterói, Niterói, 2004.

GASPAR, Rita Maria. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR.** 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GONÇALVES, Morgana S.; KUMMER, Larissa.; RUTHES Juliane M.; ROZA, Douglas. A. Caracterização de Cama de Frangos e Perus Visando o Manejo Adequado de Resíduos Avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, III., 2013, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBERA, 2013.

GONÇALVES, Rafael G.; PALMEIRA, Eduardo M. Suinocultura brasileira. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Málaga, v.1, n.71, 2006.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. **Saneamento básico.** 2007.

GUIVANT, Julia S.; MIRANDA, Cláudio R. **Desafios para o desenvolvimento sustentável da suinocultura: uma abordagem multidisciplinar.** Chapecó: Argos Editora Universitária, 2004. 332p.

HACHMANN, Tiago L.; LAURETH, Jéssica C. U.; PARIZOTTO, Adir A. Resíduos de aves e suínos: potencialidades. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.** Mossoró, v.8, n.5, p.59-65, 2013.

HADLICH, Gisele Mara. **Poluição hídrica na bacia do Rio Coruja-Bonito (Braço do Norte/SC) e suinocultura: uma perspectiva sistêmica.** 2004. 273 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

HARDOIM, Paulo César. **Efeito da temperatura de operação e da agitação mecânica na eficiência da biodigestão anaeróbia de dejetos bovinos.** 1999. 88 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – UNESP/Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 1999.

HOLTZ, Anderson M. **Avaliação de reservatórios de estabilização no polimento de efluente de sistema de tratamento de dejetos suínos visando o reuso na propriedade produtora.** 2010. 158 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

HSU, Jenn, H.; LO, Shang-Lien. Effect of composting on characterization and leaching of copper, manganese and zinc from swine manure. **Environmental Pollution**, Oxford, v.114, n.1, p.119-127. 2001.

IAP, Instituto Ambiental do Paraná. **Decreto Estadual nº 5.503 de 04 de janeiro de 1998.** Dispõe sobre as distâncias para as áreas de criação, armazenagem, tratamento e disposição final dos dejetos. Curitiba: 2002.

IAP, Instituto Ambiental do Paraná. **Instrução Normativa nº 105.006 de 23 de junho de 2009.** Estabelece as características dos empreendimentos, critérios para o licenciamento ambiental de empreendimentos de suinocultura. Curitiba: 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária-junho de 2015**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2015.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio(PNAD 2012)**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico(PNSB 2008)**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008.

JUNIOR, João C.; CAULYT, João M. S.; ROMANHA, Patryck R. L.; PUGET, Flávia P. Aproveitamento de resíduos de avicultura para a produção de energia elétrica. In: III CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS NA AMÉRICA LATINA, 2013, São Paulo. **Anais...**São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo, 2013. p.01-06.

JUNIOR, Lucas J.; AMORIM, Ana Carolina. Manejo de dejetos: fundamentos para a integração e agregação de valor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA - ZOOTEC, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABZ, 2005. p.33.

KARKI, Amrit B. Biogas as renewable energy source in Nepal: theory and development.Nepal: **BSP**; 2005.

KESTEMONT, P. Different systems of carp production and their impacts on the environment.**Science Direct Aquaculture**, Elsevier, v.129, n.1, p.347-372, 1995.

KONZEN, Egídio A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DE MILHO, V., 2003, Videira. **Anais...**Videira: EMBRAPA, 2003. p. 01-16.

KORNEGAY, E. T.; HARPER, A. F. Environmental nutrition: Nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. **The Professional Animal Scientist**, Elsevier, v.13, n.1, p.99-111, 1997.

KUNZ, Airton. Impactos sobre a disposição inadequada de dejetos de animais sobre a qualidade de águas superficiais e subterrâneas.In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, II., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2006. p. 1-6.

KUNZ, Airton; SCHIERHOLT, Guilherme F.; NUNES, Maria Luiza. A.; OLIVEIRA, Paulo A. Estudo da relação maravalha/dejeto a diferentes umidades para incorporação de lodo de dejeto de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ICTR, 2004. p.01-07.

KUNZ, Airton; CHIOCHETTA, Oldemir.; MIELE, Marcelo.; GIROTTO, Ademir F.; SANGOI, Vicente. Comparativo de custos de implantação de diferentes tecnologias de armazenagem/ tratamento e distribuição de dejetos de suínos. **Circular Técnica**, Concórdia, v.42. n.1. p.1-16, 2005.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. **Redução da carga poluente: a questão dos nutrientes**. São Paulo: Embrapa, p.103-118, 2007.

LIMA, Eliana B. N. R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001,

LIMA, G. J. M. M.; OLIVEIRA, P. A. V.; GOMES, P. C. Determinação da digestibilidade aparente e do valor energético do esterco de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, VI., 1993, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRAVES, 1993. p.140.

LUCAS, Jorge de.; SANTOS, Tânia M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: 2000. p.1-17.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Aves**. Brasília: Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/aves>>. Acesso em: 07 abril 2015.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 36 de 06 de dezembro de 2012**. Altera a Instrução Normativa nº 56 de 04 de dezembro de 2007. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 56 de 04 de dezembro de 2007**. Estabelece os procedimentos para registro, fiscalização e controle de estabelecimentos avícolas de reprodução e comerciais. Brasília: Diário Oficial da União, 2007.

MARONEZI, Luciano. **Impactos Ambientais da Criação de Frangos de Corte no Sistema de Integração na Pequena Propriedade Rural**. 2011. 59 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Planejamento e Gestão para Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Campus de Camargo, Camargo, 2011.

MARTINS, S. G., SILVA, M. L. N., CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vitória, v.27, n.3, p.395-403, 2003.

MATA-ALVAREZ, J.; MACE, S.; LLABES, P. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. **Bioresour Technol.** v.74, n.1, p.3-16, 2003.

MATHEUS, C. E.; MORAES, A. J.; TUNDISI, T. M.; TUNDISI, J. G. **Manual de análises limnológicas**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 1995. 62p.

MATOS, Anastácio C. **Piscicultura integrada com suínos no oeste catarinense**. In: WORKSHOP SOBRE DEJETOS SUÍNOS, 1997, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1997. p.44-47.

MAZÉ, J.; THÉOBALD, O.; POTOCKY, P. Optimisation du compostage du lisier de porc avec des résidus lingo-cellulosiques: incidence du recyclage de la matière carbonée em Tetê de procede et premiers essais agronomiques dès produits. **Journées de La Recherche Porcine em France**, v.31, p. 91-98, 1999.

MEDRI, Waldir. **Modelagem e otimização de sistema de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. 1997. 230 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

MDIC, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Estatísticas do comércio exterior de serviços**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-servicos/estatisticas-do-comercio-exterior-de-servicos>>. Acesso em: 17 ago. 2015.

MIRANDA, C. R. **Informe Embrapa - Suinocultura sustentável**. Disponível em: <http://suinoculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?id=2350&tipo_ta>. Acesso em: 25 abril 2015.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais: licenciamento ambiental**. Brasília: MMA, 2009. 91p.

MONTEIRO, Simone F. **Aspectos do licenciamento ambiental de avicultura no estado do Tocantins**. 2009. 18 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental) – Universidade Católica do Tocantins/Campus de Palmas, Palmas, 2009.

MOREIRA, Tainá S.; CARVALHO, Roberta F.; CASSIANO, Eduardo C. O.; VAZQUEZ, Diana C. Z.; NOGUEIRA, Ricardo G. S.; PAUCAR, Lisbeth C.; JUNIOR, Flávio P.; RODRIGUES, Paulo H. M. Utilização de biodigestores como alternativa para o tratamento de dejetos oriundos da produção animal. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO E PESQUISA ANIMAL, VIII., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2014. p.1-24.

NASCIMENTO-FILHO, D'artagnan G.; CASTRO, Denise A. Influência das fossas sépticas na contaminação do manancial subterrâneo por nitratos e os riscos para os que optam pelo auto abastecimento como alternativa dos sistemas públicos de distribuição de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. p.1-7.

NASCIMENTO, V. P.; SALLE, C. T. P.; MORAES, H. L. S.; FALLAVENA, C. B.; CANAL, C. W.; SANTOS, L. R.; RODRIGUES, L. B.; LEÃO, J. A.; PILOTTO, F.; NEVES, N.; NASCIMENTO, L. P. Qualidade microbiológica e prevalência de salmonela no processo de tratamento de efluentes de abatedouros avícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 2000. p.52-62.

NETTO, José M. A. Aspectos construtivos de lagoas de estabilização. **Revista DAE**, Rio de Janeiro, v.45, n.140, p.1-6, 1985.

NICELL, Jim A. Assessment and regulation of odour impacts. **Atmospheric Environment**, v.43, n.1, p.196-206, 2009.

NISHI, S.M.; GENNARI, S.M.; LISBOA, M.N.T.S.; SILVESTRIM, A.; CAPRONI JR., L.; UMEHARA, O. Parasitas intestinais em suínos confinados nos estados de São Paulo e Minas Gerais. **Arq. Inst. Biol**, São Paulo, v.67, n.2, p.199-203, 2000.

NOGUEIRA, Luiz A. H. **Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Editora Nobel, 1986. 93p.

NUNES, Maria Luíza, A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

NRC, National Research Council. Nutrients requirement of swine. **National Academy of Science**, Washington, 10 ed. 1998.

O'NEILL, D. H.; STEWART, I. W.; PHILLIPS, V. R. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: the costs of odour abatement systems as predicted from ventilation requirements. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.51, p.157-165, 1992.

OENEMA O.; BANNINK A.; SOMMER S.G.; VELTHOF G.L. Gaseous nitrogen emissions from animal production systems. In: FOLLETT R.F. AND HATFIELD J.L. **Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management**. Elsevier Sci, Amsterdam, The Netherlands, p.255-289, 2001.

OLIVEIRA, Paulo A. V. **Arranjo tecnológico no tratamento de dejetos de suínos e de aves para a produção de fertilizante orgânico**. Concórdia: Embrapa, 2013. 12p.

_____. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa/CNPSA, 1993. 188p.

_____. Sistema de produção de suínos em cama sobreposta "*deep bedding*". In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado: EMBRAPA, 2001. p.44-55.

_____. Produção e aproveitamento do biogás. In: EMBRAPA. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos - Manual de boas práticas**. Concórdia: Embrapa, 2004. 109p. p.43-56.

OLIVEIRA, Paulo A. V.; HIGARASHI, Martha M. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa, 2006. 39p.

OLIVEIRA, P. A. V.; NUNES, M. L. A.; KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; SCHIERHOLT NETO, G. F. Utilização de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 2003, Goiânia. **Anais...** Concórdia: Embrapa, 2003. p.433-434.

OLIVEIRA, L. A. G. **Dejetos suínos: qualidade, utilização e o impacto ambiental**. Goiânia: Pós-Graduação em Ciência Animal, Seminários, Universidade Federal de Goiás, 2011.

OLIVEIRA, Edimar S.; BIAZOTO, Carlos D. S. Avaliação dos impactos ambientais causados pelos aviários no município de Assis Chateaubriand, no oeste do estado do Paraná, Brasil. **Revista Verde**, Mossoró, v.8, n.2, p.24-30, 2013.

_____. **Análise dos possíveis impactos ambientais causados na construção e operação de aviários de frango**. Conexão Ciência, v.7, n.1, p.30-34, 2012.

OLIVERA, André P. M.; NETO, Aurélio A. S.; QUADROS, Danilo G.; VALLADARES, Renata E. **Manual de treinamento em biodigestão**. Salvador: Editora Winrock, 2008. 23p.

ORRICO JÚNIOR, Marco A. P.; ORRICO, Ana C. A.; JÚNIOR, Jorge L. Produção animal e o meio ambiente: uma comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido. **Revista Engenharia Agrícola**, São Paulo, v.31, n.2, p.1-12, 2011.

OVIEDO-RONDÓN, Edgar O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.239-252, 2008.

PAILLAT, J. M.; ROBIN, P.; HASSOUNA, M.; LETERME, P. Effet du compostage défluents porcins sur les émissions gazeuses et les teneurs en éléments polluants. Rennes: **INRA, Centre de Recherches de Rennes**, Rennes, 106 p., 2005.

PALHARES, Julio Cesar P.; KUNZ, Airton. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 221p.

PALHARES, J. C. P.; SCANDOLERA, A. J.; LUCAS JÚNIOR, J.; COSTA, A. J. Monitoramento da qualidade da água do córrego Jaboticabal através de parâmetros químicos. Porto Ferreira: In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU, 2000, Porto Ferreira. **Anais...** Porto Ferreira: Prefeitura Municipal de Porto Ferreira, 2000. p.43-44.

PALHARES, J. C. P.; JACOB, A. D. Impacto ambiental da suinocultura e da avicultura nos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. p.31-44.

PALMA SILVA, Gilda M. **Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP**. 1999. 155 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos) - Universidade Estadual Paulista/Campus de Rio Claro, Rio Claro, 1999.

PALVA, Doralice P.; SOUZA, Marcos V. N.; GRINGS, Vitor H. A transferência da tecnologia do uso da compostagem de carcaças pela Embrapa Suínos e Aves. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.28, n.2, p. 467-483, 2011.

PARRY, Roberta. Agriculture phosphorus and water quality: a U.S. Environmental Protection Agency perspective. **Journal of Environmental Quality**, v.27, p.258-261, 1998.

PELES, Daniela. **Perda de solo, água e nutrientes sob aplicação de Gesso e Dejetos líquidos de Suínos**. 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PERCORA, Vanessa. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir de biogás de tratamento de esgoto residencial da USP- Estudo de Caso**. 2006. 153 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PERDOMO, Carlos C.; LIMA, Gustavo J. M. M. Sistemas e produção de suínos e consideração sobre a questão dos dejetos e o meio Ambiente. **Suinocultura: produção, manejo e saúde do rebanho**, Brasília: EMBRAPA, 1998.

PERDOMO, Carlos C.; LIMA, Gustavo J. M. M.; NONES, Kátia. Produção de suínos e meio ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9º., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado: ABCS, 2001. p.8-24.

PERDOMO, Carlos C.; OLIVEIRA, Paulo A. V. O.; KUNZ, Airton. **Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 87p.

PEREIRA, Elaine R.; DEMARCHI, João J. A. A.; BUDIÑO, Fábio E. L. A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura. **Infobibos: Organização de eventos científicos**, Campinas, 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.htm>. Acesso em: 14 ago. 2015.

PETERS, Norman E; MEYBECK, Michel. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PINTO, Laura A. M.; PINTO, Mariana M.; BOVO, Joyce.; MATEUS, Gustavo. A. P.; TAVRES, Fernanda. O.; BAPTISTA, Aline. T. A.; HIRATA, Alceu K. Aspectos ambientais do abate de aves: uma revisão. **Revista UNINGÁReview**, Maringá, v.22, n.3, p.44-50, 2015.

PORTO, F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. **Caracterização da qualidade da água**. In: PORTO, Rubem. L. Hidrologia ambiental. São Paulo: EDUSP, 1991. 411p. p.375-390.

PUJOL, Stefen B. **Biogrânulos aeróbicos em reator sequencial em batelada para o tratamento de efluente de biodigestor proveniente da suinocultura**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

RAMPAZZO, L. **Metodologia de pesquisa**. São Paulo: Editora Loyola. 2002.

RATTNER, Henrique. Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.14, n.6, p.1965-1971, 2009.

REBONATO, Fernando R. Diferentes tecnologias para armazenamento e tratamento de dejetos animais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, III., 2012, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: SINECT, 2012. p.1-10.

REFOSCO, Douglas. **Utilização de resíduos da suinocultura para produção de energia através do biogás e fertilizantes orgânicos**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2011.

RESENDE, Álvaro V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 28p.

ROPPA, L. **Suinocultura brasileira e suas perspectivas para 2004**. Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/usuario/GerencialNavegacao.php?texto_id=6352&PHPSESSID=5af36244a729db9c888beae0e3fd15ce>. Acesso em: 29 abril 2016.

SAGULA, Alex L. **Biodigestão anaeróbia de cama de frango em co-digestão com caldo-de-açúcar**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista/Campus de Botucatu, Botucatu, 2012.

SALGADO, Claudio A. R. C. **Perfis de ozônio em altas e baixas latitudes**. 2000. 231 f. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

SAMPAIO, Carlos A. P.; NÄÄS, Irenilza A.; NADER, Alexandre. Gases e ruídos em edificações para suínos - aplicação das normas NR- 15, CIGR E ACGIH1. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.10-18, 2005.

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás**. Portugal: CCE - Centro para a Conservação de Energia, AGEEN - Agência para a Energia, Amadora, 2000. 117p.

SANTOS, M., J., B., SAMAY, A., M., A., T., SILVA, D., A., T., RABELLO, C., B. TORRES, T., R. SANTOS, P., A. CAMELO, L., C., L. **Manejo e tratamento de cama durante a criação de aves**. Revista Eletrônica, artigo 164, 2012.

SAUNITTI, Rosa M.; FERNANDES, Luiz. A.; BITTENCOURT, André V. L. Estudo do assoreamento do reservatório da Barragem do Rio Passaúna. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v.54, n.54, p.65-82, 2004.

SARTORI, Valdirene C.; RIBEIRO, Rute T, S.; PAULETTI, Gabriel F.; PANSERA, Marcia R.; RUPP, Luis Carlos, D.; VENTURIN, Enologo L. **Cartilha para agricultores – Compostagem: Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos**, Caxias do Sul, v.1, n.1, p.1-9, 2015.

SCHUBART, Hebert O. R. Parte 3: gestão e recursos hídricos e gestão e uso do solo. In: MUÑOZ, Hector, R. **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1999. 150-218.

SCHROEDER, G. L. Autotrophic and heterotrophica production of microorganisms in intensely manured fish ponds and related fish yields. **Aquaculture**, v.14, p.303-325, 1978.

SEAB, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Suinocultura – análise da conjuntura agropecuária**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2013.

SEGANFREDO, Milton A. **A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Circular Técnica 22, 2000. 37p.

_____. Os dejetos de suínos são um fertilizante ou poluente do solo? **Caderno de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.16, n.3, p.129-141, 1999.

SEIFFERT, Nelson F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 2000. p.1-20.

SEIXAS, Jorge.; FOLLE, Sérgio.; MARCHETTI, Delmar. **Construção e funcionamento de biodigestores**. Brasília: Embrapa-DID, Embrapa-CPAC, 1980. 60p.

SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Resolução conjunta SEMA/IAP nº 09 de 07 de abril de 2010**. Estabelece procedimentos para licenciamentos de unidades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica do Estado do Paraná. Curitiba: 2010.

_____. **Resolução nº 024 de 14 de julho de 2008**. Estabelece condições e critérios para o licenciamento ambiental de empreendimentos de avicultura no Estado do Paraná. Curitiba: 2008.

_____. **Resolução nº 051 de 23 de outubro de 2009**. Estabelece a dispensa de licenciamento e/ou autorização ambiental estadual de empreendimentos e atividades de pequeno porte e baixo impacto ambiental. Curitiba: 2009.

SILVA, Flavio L. **Lagoas de estabilização de dejetos suínos: avaliação da eficiência de um sistema empregando parâmetros físico-químicos e biológicos**. 2003. 54 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

SILVA, Ricardo P. M. **Contaminação ambiental por resíduos da produção animal**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. p.1-6.

SILVA, Alineaura F.; PINTO, José M.; FRANÇA, Carla R. R. S.; FERNANDES, Sabrina C.; GOMES, Tâmara C. A.; SILVA, Maria S. L.; MATOS, Ana N. B. **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos**. Petrolina: Comunicado Técnico, 2007.

SILVA, Christian L., BASSI, Nádia S. S. Análise dos impactos ambientais no oeste catarinense e das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa suínos e aves. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE., VI., Belém, 2012. **Anais...** Belém: ANPPAS, 2012. p.1-17.

SILVA, Carlos M.; FRANÇA, Marcos T.; OYAMADA, Graciela C. Características da suinocultura e os dejetos causados ao ambiente. **Conexão Online**, Várzea Grande, n.12, p. 44-59, 2015.

SILVA, Rodrigo A.; VIEIRA, Erica N. R.; SANTANA, Hernani. C.; CASTRO, Maxmiler F.; MIRANDA, João H. R. Impactos ambientais causados pelo uso irregular de dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ACADÊMICA, II., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UNIVIÇOSA, 2010. p.421-428.

SIMIONI, José., COMIN, Jucinei J., SEGANFREDO, Milton., INGANG, Renato . Riscos de contaminação do solo, águas subsuperficiais e fitotoxicidade às culturas por cobre e zinco aplicados via dejetos suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XII., 2012, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABAS, 2012. p.1-21.

SMITH, L.H. Recycling animal wastes as protein sources: **Alternative sources of protein for animal production**. Wash: Proc. Of a Symp Nat Acad, 1973. 146p.

SOUZA, C. F. Produção de biogás e tratamento de resíduos: biodigestão anaeróbia. **Ação Ambiental**, Viçosa, n.34, p.26-29, 2005.

SOUZA, Samuel N. M.; PEREIRA, William C.; NOGUEIRA, Carlos. E .C.; PAVAN, André A.; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor-gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.26, p.127-133, 2004.

SUNADA, Natália S. **Efluente de abatedouro avícola: processos de biodigestão anaeróbia e compostagem**. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2011.

TEIXEIRA, Egle N. **Adaptação de estruturas existentes (esterqueiras) em biodigestores**. 1985. 285 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos e Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1985.

THOMAS, Patrick T. **Proposta de uma metodologia de cobrança pelo uso da água vinculada à escassez**. 2002. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

TOLEDO, Luís G.; NICOLELLA, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

TROMBIM, Daiane F., VIANA, Edilson., RÉUS, Gislaïne Z., BALLMANN, Claudio. A relação C/N dos resíduos sólidos orgânicos do bairro universitário da cidade de Criciúma. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXV., Porto Alegre, 2005. **Anais...** Porto Alegre: ENEGEP, 2005. p.5177-5181.

TURDERA. Mirko V.; YURA. Danilo. Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de Dourados. In: ENCONTRO ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006. **Anais...** Dourados: UEMS, 2006. p.1-6.

UBA, União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual 2009**. Brasília: 2008. Disponível em: <<http://www.uba.org.br/>>. Acessado em: 07 abril de 2016.

UNIVERSO PORCINO. **Biodigestores**. Disponível em: <<http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/biodigestores.html>> Acesso em: 02 maio de 2016.

UTEMBERGUE, N. L., AFONSO, E. R., PEREIRA, A. S. C. Manejo de dejetos em confinamento de bovinos corte. In: SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CIÊNCIA ANIMAL, III., 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2012. p.1-4.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 8ed. São Paulo: Atlas, 2007. 96p.

VIEIRA, A. A.; LOPES, D. C.; COSTA, P. M. A.; PEREIRA, J. A. A.; DONZELE, J. L. Substituição do milho por dejetos de bovinos em rações para suínos suplementadas com DL-metionina, L-triptofano, óleo de soja e com caldo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.20, n.1, p.14-32,1991.

VON SPERLING Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 243p.

ZANELLA, Makerli G. **Ambiente institucional e políticas públicas para o biogás proveniente da suinocultura**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Campus de Toledo, Toledo, 2012.

ZHU, N., CHANGYAN, D., YUANZHU, X., HUIYUE, Q. Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. **Bioresource Technology**, v.95, p.319-326,2004.

WEREKO-BROBBY, Charles Y.; HAGEN, Essel B. **Biomass Conversion and Technology**. New York: John Wiley e Sons. 2000. 203p.

ANEXOS

ANEXO I

* Dos Empreendimentos de Avicultura

RESOLUÇÃO SEMA Nº 024 DE 14 DE JULHO DE 2008.

Parágrafo Único. Para os efeitos desta Resolução, os empreendimentos de avicultura serão classificados de acordo com a tipologia, porte e sistema de criação:

I. Tipologia do empreendimento

- a. Incubatório;
- b. Postura comercial;
- c. Postura de ovos férteis
- d. Avicultura de corte.

II. Porte do empreendimento: o porte de empreendimentos de avicultura, para fins de licenciamento ambiental, é definido através da área construída para o confinamento das aves.

Porte do empreendimento	Área de confinamento
Micro	Até 1.500 m ²
Mínimo	Até 2.500 m ²
Pequeno	2.501 a 5.000 m ²
Médio	5.001 a 10.000 m ²
Grande	10.001 a 40.000 m ²
Excepcional	Maior que 40.000 m ²

Art. 4º. Ficam passíveis Declaração de Dispensa de Licenciamento Ambiental os empreendimentos de avicultura, com área construída de confinamento de no máximo 1.500 m² em área rural.

Art. 5º. Ficam passíveis de Licença Ambiental Simplificada – LAS, os empreendimentos de Avicultura classificados como de porte mínimo, ou seja, com área construída de confinamento de 1.501 a 2.500 m².

I. LICENÇA AMBIENTAL SIMPLIFICADA – LAS

- a. Requerimento de Licenciamento Ambiental;
- b. Cadastro de Empreendimentos de Avicultura (Anexo 2), detalhando ou anexando, croqui de localização do empreendimento, contendo distância dos corpos hídricos, indicando as áreas de preservação permanente, vias de acesso principais e pontos de referências para chegar ao local;
- c. Documento de propriedade ou justa posse rural, conforme o artigo 57 da Resolução CEMA nº 065, de 01 de julho de 2008;
- d. Certidão do Município, quanto ao uso e ocupação do solo;
- e. Cópia do Ato Constitutivo ou do Contrato Social (com última alteração), quando pessoa jurídica;
- f. Protocolo de solicitação de Dispensa de Outorga de Uso de Recursos Hídricos da SUDERHSA para utilização de recursos hídricos, inclusive para o lançamento de efluentes líquidos em corpos hídricos, se for o caso;
- g. Publicação de súmula do pedido de Licença Ambiental Simplificada - LAS em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA Nº 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais – originais, ou cópia obtida via internet); e
- h. Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária), de 2 UPF's, sendo dispensado o pagamento de taxa pelo Agricultor Familiar, mediante a apresentação de declaração de aptidão emitida pelo STR, EMATER, INCRA ou MDA.
- i. Informação técnica sobre controle da poluição da propriedade, conforme regulamentação a ser feita pelo IAP, por portaria, no prazo de 30 dias, contados a partir da publicação desta Resolução.

II. RENOVAÇÃO DA LICENÇA AMBIENTAL SIMPLIFICADA – LAS

- a. Requerimento de Licenciamento Ambiental;

b. Cadastro de Empreendimentos de Avicultura atualizado, detalhando ou anexando, croqui de localização do empreendimento, contendo distância de corpos hídricos, indicando as áreas de preservação permanente, vias de acesso principais e pontos de referências para chegar ao local;

c. Publicação de súmula do pedido de renovação da Licença Ambiental Simplificada - LAS em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA N.º 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais – originais, ou cópia obtida via internet); e

d. Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária), de 2 UPF's, sendo dispensado o pagamento de taxa pelo Agricultor Familiar, mediante a apresentação de declaração de aptidão emitida pelo STR, EMATER, INCRA ou MDA.

I. LICENÇA PRÉVIA:

a. Requerimento de Licenciamento Ambiental;

b. Cadastro de Empreendimentos de Avicultura, detalhando ou anexando, croqui de localização do empreendimento, contendo distância de corpos hídricos, indicando as áreas de preservação permanente, vias de acesso principais e pontos de referências para chegar ao local;

c. Certidão do Município, quanto ao uso e ocupação do solo;

d. Cópia da Outorga Prévia da SUDERHSA para utilização de recursos hídricos, inclusive para o lançamento de efluentes líquidos em corpos hídricos, se for o caso. Para os empreendimentos de porte pequeno e médio poderá ser apresentado o protocolo de solicitação de dispensa de outorga;

e. Publicação de súmula do pedido de Licença Prévia em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA Nº 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais – originais, ou cópia obtida via internet); e

f. Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) de acordo com Lei Estadual n. 10.233/92.

II. LICENÇA DE INSTALAÇÃO:

- a. Requerimento de Licenciamento Ambiental;
- b. Cópia do Ato Constitutivo ou do Contrato Social (com última alteração), quando pessoa jurídica;
- c. Documento de propriedade ou justa posse rural, conforme o artigo 57 da Resolução CEMA nº 065, de 01 de julho de 2008;
- d. Publicação de súmula da concessão de Licença Prévia em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme especificado no corpo da mesma e modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais – originais);
- e. Plano de Controle Ambiental (PCA) exigido na concessão da Licença Prévia, em 2 vias, sendo que uma delas, após análise e aprovação, deverá ser carimbada pelo técnico analista e devolvida ao interessado. O PCA deverá contemplar no mínimo:
 - f. Diagnóstico dos impactos ambientais decorrentes da implantação do empreendimento, como por exemplo: obras de terraplenagem, corte de vegetação, canalização de nascentes, entre outros, elaborado por técnico habilitado, acompanhado de ART – Anotação de Responsabilidade Técnica;
 - g. Projeto de Controle de Poluição Ambiental, elaborado por técnico habilitado e apresentado de acordo com as diretrizes específicas deste IAP.
- h. Publicação de súmula do pedido de Licença de Instalação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA nº 006/86 (a publicação poderá ser substituída pelo protocolo ou, ainda pela cópia da publicação no DOE, obtida via internet). O IAP também aceitará que, em uma mesma publicação, constem vários avicultores integrados; e Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) de acordo com Lei Estadual n. 10.233/92.

III. RENOVAÇÃO DE LICENÇA DE INSTALAÇÃO:

- a. Requerimento de Licenciamento Ambiental;
- b. Publicação de súmula de concessão da Licença de Instalação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais-originais);

c. Publicação de súmula do pedido de Renovação de Licença de Instalação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (a publicação poderá ser substituída pelo protocolo ou, ainda pela cópia da publicação no DOE, obtida via internet. O IAP também aceitará que, em uma mesma publicação, constem vários avicultores integrados);

d. Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) de acordo com Lei Estadual N. 10.233/92.

IV. LICENÇA DE OPERAÇÃO:

a. Requerimento de Licenciamento Ambiental;

b. Outorga de Direito ou Dispensa de Outorga de Uso de Recursos Hídricos da SUDERHSA para utilização de recursos hídricos, inclusive para o lançamento de efluentes líquidos em corpos hídricos, se for o caso;

c. Publicação de súmula de concessão de Licença de Instalação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (a publicação poderá ser substituída pelo protocolo ou, ainda pela cópia da publicação no DOE, obtida via internet). O IAP também aceitará que, em uma mesma publicação, constem vários avicultores integrados;

d. Publicação de súmula do pedido de Licença de Operação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (a publicação poderá ser substituída pelo protocolo ou, ainda pela cópia da publicação no DOE, obtida via internet). O IAP também aceitará que, em uma mesma publicação, constem vários avicultores integrados;

e. Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) de acordo com Lei Estadual n. 10.233/92.

V. RENOVAÇÃO DE LICENÇA DE OPERAÇÃO

a. Requerimento de Licenciamento Ambiental;

b. Cadastro de Empreendimentos de Avicultura atualizado, detalhando ou anexando, croqui de localização do empreendimento, contendo distância de corpos hídricos, indicando as áreas de preservação permanente, vias de acesso principais e pontos de referências para chegar ao local;

c. Cópia da Licença de Operação;

d. Publicação de súmula de concessão de Licença de Operação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (a publicação poderá ser substituída pelo protocolo ou, ainda pela cópia da publicação no DOE, obtida via internet). O IAP também aceitará que, em uma mesma publicação, constem vários avicultores integrados;

e. Publicação de súmula do pedido de Renovação de Licença de Operação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (a publicação poderá ser substituída pelo protocolo ou, ainda pela cópia da publicação no DOE, obtida via internet). O IAP também aceitará que, em uma mesma publicação, constem vários avicultores integrados;

f. Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) de acordo com Lei Estadual n. 10.233/92.

Art. 8º. Os empreendimentos já existentes e com início de funcionamento comprovadamente anterior à data de publicação desta Resolução, para regularização do licenciamento ambiental, poderão solicitar diretamente a Licença de Operação – LO ou a Licença Ambiental Simplificada – LAS.

Art. 10. A implantação de empreendimentos de Avicultura, quanto à localização, deverá atender, no mínimo, aos seguintes critérios:

I. as áreas devem ser de uso rural e estar em conformidade com as diretrizes de zoneamento do município;

II. a área do empreendimento, incluindo armazenagem, tratamento e disposição final de esterco, deve situar-se a uma distância mínima de corpos hídricos, de modo a não atingir áreas de preservação permanente, conforme estabelecido no Código Florestal;

III. a área do empreendimento, incluindo armazenagem, tratamento e destinação final de esterco, deve situar-se a uma distância mínima conforme estabelecido no Código Sanitário do Estado.

Art. 11. Para o lançamento de efluentes líquidos de empreendimentos de avicultura em Corpos Hídricos ficam estabelecidos os seguintes padrões:

I. pH entre 5 a 9;

II. temperatura: inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo

receptor não deverá exceder a 3°C;

III. materiais sedimentáveis: até 1 ml/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV. regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do empreendimento;

V. óleos e graxas: óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l;

VI. ausência de materiais flutuantes;

VII. DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) até 50 mg/ l;

VIII. DQO (Demanda Química de Oxigênio) até 150 mg/ l;

IX. Cobre: 1,0 mg/l de Cu;

X. Zinco: 5,0 mg/l de Zn;

XI. Nitrogênio amoniacal total: 20 mg/L N

Art. 12. Para uso agrícola dos resíduos, devem ser considerados os seguintes aspectos:

I. A cama de aviário deverá sofrer processo de fermentação por no mínimo 10 (dez) dias. A armazenagem deve ser realizada em local adequado, com adoção de medidas que evitem a proliferação de vetores;

II. Taxa de aplicação no solo (quantidade/área) - deve ser calculada com base nas características físico-químicas do resíduo, da interpretação da análise química do solo e da necessidade da cultura, conforme recomendação agronômica;

III. Fica vedada a utilização de material para substrato de cama de aviário com presença de resíduos de produtos químicos para tratamento de madeira.

Art 13. Os animais mortos deverão ser dispostos adequadamente, utilizando tecnologias de disposição específicas. A queima a céu aberto dos animais mortos só é permitida:

I. Em casos de epizootias, quando ocorra grande mortandade de animais;

II. Quando for determinado o sacrifício dos animais pelas autoridades sanitárias competentes.

ANEXO II

* Dos Empreendimentos de Suinocultura

INSTRUÇÃO NORMATIVA IAP DIRAM 105.006

CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DE EMPREENDIMENTOS DE SUINOCULTURA

Os empreendimentos de suinocultura diferem-se entre si, de acordo com o número de animais, sistema de criação e sistema de produção. Assim, podem apresentar-se de acordo com as classificações e sistemas a seguir descritos:

QUANTO À PRODUÇÃO

RELAÇÃO MATRIZ/NÚMERO DE ANIMAIS

Para descrição das características de empreendimentos de suinocultura, deve-se considerar a correspondência entre o número de matrizes e o número de suínos produzidos. Assim sendo, tem-se em média, a seguinte relação:

- **01 (uma) matriz corresponde a 10 (dez) animais.**

SISTEMA CRIATÓRIO

O sistema de criação pode ser da seguinte forma:

- **ar livre;**
- **confinamento;**
- **misto.**

SISTEMA DE PRODUÇÃO

O sistema de produção leva em consideração a categoria de animais previstas na criação, conforme tabelas abaixo:

a) Sistema 1 - Produção de Leitões

Fase	Categoria
Cobertura/reprodução	Reprodutor Fêmea para reposição Matriz em gestação
Maternidade	Matriz em lactação
Creche	Leitão até 25 kg

b) Sistema 2 - Ciclo Completo

Fase	Categoria
Cobertura/Reprodução	Reprodutor Fêmea para reposição Matriz em gestação
Maternidade	Matriz em lactação
Creche	Leitão até 25 kg
Crescimento e Terminação	Suínos com peso acima de 25 kg

c) Sistema 3 - Terminação

Fase	Categoria
Crescimento e Terminação	Suínos com peso acima de 25 kg

CLASSIFICAÇÃO DO PORTE

Adotou-se a classificação do porte de empreendimentos de suinocultura **de acordo com o Sistema de Produção**, definido anteriormente, ou seja:

a) Para o Sistema 1 - Produção de Leitões

Nº de Matrizes	Porte
Até 50	Mínimo
51 a 100	Pequeno
101 a 300	Médio
301 a 500	Grande
Acima de 500	Excepcional

b) Para o Sistema 2 - Ciclo Completo

Nº de matrizes	Porte
Até 20	Mínimo
21 a 50	Pequeno
51 a 150	Médio
151 a 400	Grande
Acima de 400	Excepcional

c) Para o Sistema 3 - Terminação

Nº de animais	Porte
Até 200	Mínimo
201 a 500	Pequeno
501 a 1500	Médio
1501 a 4000	Grande
Acima de 4000	Excepcional

QUANTO AOS DEJETOS (EFLUENTES LÍQUIDOS E RESÍDUOS SÓLIDOS)

A tabela a seguir apresenta a **exigência de água** dos suínos, de acordo com a fase do ciclo de produção:

Categoria do suíno	Litros de água/suíno/dia
Leitão em andamento	0,1 a 0,5
Leitão (7 a 25 kg)	1,0 a 5,0

Suíno (25 a 50 kg)	4,0 a 7,0
Suíno (50 a 100 kg)	5,0 a 10,0
Porcas na maternidade	20,0 a 35,0
Reprodutor	10,0 a 15,0

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

A composição dos dejetos varia em função da quantidade de água consumida, tipo de alimentação e idade dos animais.

A tabela abaixo apresenta valores mínimo, máximo e média, de **parâmetros de dejetos bruto de suínos**:

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média
Ph	6,5	9,0	7,75
DBO (mg/l)	5.000	15.500	10.250
DQO (mg/l)	12.500	38.750	25.625
Sólidos Totais (mg/l)	12.697	49.432	22.399
Sólidos Voláteis (mg/l)	8.429	39.024	16.389
Sólidos Fixos (mg/l)	4.628	10.408	6.010
Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	220	850	429
NTK (mg/l)	1.660	3.710	2.374
Pt	320	1.180	578
Kt	260	1.140	536

A tabela abaixo apresenta **valores de carga poluidora orgânica diária** em função do peso e do ciclo produtivo dos suínos:

Categoria animal	Peso (kg/animal)	Carga poluidora (kg DBO/animal/dia)
Reprodutor	160	0,182
Porca gestação	125	0,182
Porca com leitão	170	0,340
Leitões desmamados	16	0,032
Suínos em crescimento	30	0,059
Suínos em terminação	68	0,136

PRODUÇÃO DE DEJETOS POR CATEGORIA:

A quantidade de dejetos produzida varia conforme a categoria dos animais, tipo de alimentação, quantidade de água, tipo de manejo adotado, conforme tabela abaixo:

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (l/dia)
25 – 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas reposição cobrição e gestantes	3,60	11,00	16,00
Porcas em lactação com leitões	6,40	18,00	27,00
Macho	3,00	6,00	9,00
Leitões	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

ASPECTOS LOCACIONAIS

A implantação de empreendimentos de suinocultura - quanto à localização, deverá atender, no mínimo, os seguintes critérios:

- as áreas devem ser de **uso rural** e estarem em conformidade com as diretrizes de zoneamento do município;
- a área do empreendimento, incluindo armazenagem, tratamento e disposição final de dejetos, **deve situar-se a uma distância mínima de corpos hídricos, de modo a não atingir áreas de preservação permanente**, conforme estabelecido no Código Florestal;
- a(s) área(s) de criação, bem como de armazenagem, tratamento e disposição final de dejetos, deve(m) estar localizada(s), de acordo com o **Decreto Estadual no 5.503, de 21 de março de 2002**, no mínimo, nas distâncias e condições abaixo especificadas:
 - **50 (cinquenta) metros das divisas de terrenos vizinhos**, podendo esta distância ser inferior quando da anuência legal dos respectivos confrontantes;
 - **12 (doze) metros de estradas municipais**;
 - **15 (quinze) metros de estradas estaduais**;
 - **55 (cinquenta e cinco) metros de estradas federais**;
 - **50 (cinquenta) metros de distância mínima, em relação a frentes de estradas – exigida apenas em relação às áreas de disposição final dos dejetos**;
- na localização das construções para criação dos animais, armazenagem, tratamento e disposição final de dejetos – devem ser consideradas as condições ambientais da área e do seu entorno, bem como, a **direção predominante dos ventos na região**, de forma a impedir a propagação de odores para cidades, núcleos populacionais e habitações mais próximas;
- **não será permitida a implantação de novos empreendimentos de suinocultura à montante de pontos de captação de água para fins de abastecimento público.**

ASPECTOS TÉCNICOS

MANEJO DOS DEJETOS NAS INSTALAÇÕES

O adequado manejo dos dejetos em sistemas de criação de suínos, visa reduzir o seu volume a fim de evitar o problema da poluição ambiental, portanto devem ser observados os seguintes aspectos:

CONSUMO DE ÁGUA

As propriedades suinícolas devem obrigatoriamente possuir hidrômetros para controle do consumo de água e ainda:

- reduzir o consumo de água de limpeza e no desperdício do bebedouro, para evitar o aumento no volume de dejetos líquidos; e
- evitar a entrada de água de chuva nas instalações e no sistema de tratamento de dejetos.

Soluções Alternativas:

- limpeza a seco;
- uso de piso ripado;
- utilização de cama nas instalações;
- lavagem com jatos d'água com menor volume e maior pressão;
- reutilização de água no processo.

PROLIFERAÇÃO DE VETORES

Para o controle de vetores (moscas), as medidas recomendadas são as seguintes:

- controle mecânico, tais como:
 - remoção dos dejetos das instalações, no mínimo duas vezes por semana;
 - armazenamento dos resíduos sólidos provenientes da atividade (cama ou esterco peneirado, prensado) em local alto, seco e coberto com lona;
 - destinação adequada dos animais mortos;
 - uso de telas nas instalações.
- controle biológico
- controle químico

ARMAZENAMENTO, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS DEJETOS

Os dejetos gerados pela atividade de suinocultura, em função do seu alto grau de poluição, **deverão obrigatoriamente sofrer armazenamento e/ou tratamento primário para** posterior encaminhamento aos destinos abaixo relacionados, desde que atendidos os **Parâmetros de Lançamento** estabelecidos:

- tratamento secundário;
- aplicação no solo para fins agrícolas.

a) Sistemas de Armazenamento

Sistemas destinados ao armazenamento de dejetos provenientes da área de criação, para posterior aplicação no solo para fins agrícolas, atendendo aos seguintes critérios:

- de acordo com as características do solo, o mesmo pode ser compactado, desde que atinja o coeficiente de permeabilidade de no mínimo $K = 10^{-7}$ cm/s. Solos de textura arenosa e/ou com lençol freático em profundidade inferior a de 4,0 m deverão ser obrigatoriamente revestidos;
- devem ser dimensionados de acordo com a produção diária de dejetos e, no caso de disposição no solo, de acordo com a área disponível para aplicação, tipo de cultura e período de aplicação;
- deve sempre ser mantido inócuo quando da limpeza desses sistemas;
- caso ocorra esgotamento do sistema, o fundo deverá ser compactado novamente.

b) Sistemas de tratamento:**b.1.) Tratamento Primário:**

Sistemas destinados para tratamento preliminar dos dejetos, tais como:

- decantação;
- peneiramento;
- centrifugação;
- coagulação;
- floculação;
- outros afins.

b.2.) Tratamento Secundário:

Tratam-se de sistemas destinados à estabilização biológica da matéria orgânica, tais como:

- compostagem;
- lagoas de estabilização;
- digestores;
- biodigestores;
- outros afins.

É proibido a utilização de resíduos da criação de suínos para produção, comercialização e utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que

contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal, conforme instrução normativa nº 08/04 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

c) Aplicação No Solo Para Fins Agrícolas:

Trata-se de uma forma adequada de disposição final dos dejetos de suínos, desde que passem por um processo de estabilização.

PARÂMETROS DE LANÇAMENTO

a) Em Corpos Hídricos:

Os valores máximos admissíveis para o lançamento de efluentes de suinocultura em corpos hídricos, são os seguintes:

- pH entre 5 a 9;
- temperatura: inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;
- materiais sedimentáveis: até 1 ml/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do empreendimento;
- óleos e graxas: óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l;
- ausência de materiais flutuantes;
- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) até 50 mg/ l;
- DQO (Demanda Química de Oxigênio) até 150 mg/ l;
- Cobre: 1,0 mg/l de Cu;
- Zinco: 5,0 mg/l de Zn;
- Nitrogênio amoniacal total: 20 mg/L N

b) No Solo:

Para a disposição de dejetos no solo, deverão ser atendidos os seguintes requisitos:

b.1) Metais Pesados – Valores máximos admissíveis:

Elemento	Teor limite no dejetos (mg de matéria seca)
Zinco	2.500
Cobre	1.000

b.2) Parâmetros Agronômicos a serem determinados:

pH, relação C/N, matéria orgânica total, carbono total, fósforo e potássio, que devem ser quantificados e utilizados para fins de cálculo da taxa de aplicação (**m³/ha**), de acordo com a recomendação de adubação para a cultura utilizada;

b.3) Área de Aplicação

As áreas aptas para utilização dos dejetos no solo são aquelas de Classe de Uso Potencial I, II, III, para solos de uso intensivo e Uso Potencial IV, para culturas perenes, classificadas segundo os critérios, estabelecidos no **Sistema de Classificação de Terras para Disposição Final de Dejetos de Suínos**, adaptado por PAULA SOUZA, M.L. & FOWLER, R.B. do **Sistema de Classificação de Terras para Disposição Final de Lodo de Esgoto**, desenvolvido por SOUZA; M.L.P.; ANDREOLI; C.V.; PAULETTI; V. & GIOPPO; P.J. (1994).

ÁREA DE CRIAÇÃO (SISTEMA DE CRIAÇÃO AO AR LIVRE)

A área necessária, **por matriz**, para criação de suínos **ao ar livre é de 500 a 1000 m²**. Estas criações devem ser instaladas em áreas que possuam práticas de manejo e conservação de solo e estejam classificadas como Classe I, II ou III segundo **Sistema de Classificação de Terras para Disposição Final de Dejetos de Suínos**, adaptado por PAULA SOUZA, M.L. & FOWLER, R.B.

ANIMAIS MORTOS

Os animais mortos deverão ser dispostos adequadamente, utilizando tecnologias de disposição específicas.

A queima a céu aberto dos animais mortos só é permitida:

- em **casos de epizootias** quando ocorra grande mortandade de animais;
- quando for determinado o **sacrifício dos animais** pelas autoridades sanitárias competentes.

I. LICENÇA AMBIENTAL SIMPLIFICADA – LAS

- a) Requerimento de Licenciamento Ambiental;
- b) Cadastro de Empreendimentos Agropecuários, detalhando ou anexando, croqui de localização do empreendimento, contendo rios próximos, vias de acesso principais e pontos de referências para chegar ao local;
- c) Certidão do Município, quanto ao uso e ocupação do solo, conforme modelo apresentado no (ANEXO 8) ;
- d) Matrícula ou Transcrição do Cartório de Registro de Imóveis em nome do requerente ou em nome do locador, junto com o contrato de locação, em caso de imóvel locado, atualizada em até 90 (noventa) dias contados da data de sua emissão, com Averbação da Reserva Legal na margem da matrícula, se área rural;
- e) Documentação complementar do imóvel, se a situação imobiliária estiver irregular ou comprometida, conforme exigências para casos imobiliários excepcionais, constantes do Capítulo VI, Seção VI da Resolução CEMA 065 de 01 de julho de 2008;
- f) Dispensa de Outorga ou Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da SUDERHSA para utilização de recursos hídricos, inclusive para o lançamento de efluentes líquidos em corpos hídricos, se for o caso;
- g) Cópia do Ato Constitutivo ou do Contrato Social (com última alteração);
- h) Projeto Simplificado do Controle de Poluição Ambiental, elaborado por profissionais habilitados e cadastrados no IAP habilitado e apresentado de acordo com as diretrizes específicas deste IAP.

i) No caso de disposição de dejetos no solo para fins agrícolas, em áreas em que o interessado não é o proprietário, apresentar declaração das partes, com firmas reconhecidas em cartório.

j) Publicação de súmula do pedido de Licença Ambiental Simplificada em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA Nº 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais – originais);

k) Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) no valor de 2UPF/PR.

II. RENOVAÇÃO DA LICENÇA AMBIENTAL SIMPLIFICADA – LAS

a) Requerimento de Licenciamento Ambiental;

b) Cadastro de Empreendimentos Agropecuários, detalhando ou anexando, croqui de localização do empreendimento, contendo rios próximos, vias de acesso principais e pontos de referências para chegar ao local;

c) Publicação de súmula de concessão de Licença Ambiental Simplificada em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA nº 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos jornais respectivos – originais);

d) Súmula do pedido de Renovação de Licença Ambiental Simplificada, publicada por ocasião da sua expedição conforme Resolução CONAMA no 006/86;

e) Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) no valor de 2UPF/PR.

I. LICENÇA PRÉVIA

a) Requerimento de Licenciamento Ambiental;

b) Cadastro de Empreendimentos Agropecuários; detalhando ou anexando, croqui de localização do empreendimento, contendo rios próximos, vias de acesso principais e pontos de referências para chegar ao local;

c) Certidão do Município, quanto ao uso e ocupação do solo.

d) Matrícula ou Transcrição do Cartório de Registro de Imóveis atualizada, no máximo, 90 (noventa) dias;

e) Documentação complementar do imóvel, se a situação imobiliária estiver irregular ou comprometida, conforme exigências para casos imobiliários excepcionais, constantes da Seção VI da Resolução CEMA 065 de 01 de julho de 2008;

f) Cópia da Outorga prévia da SUDERHSA para utilização de recursos hídricos, inclusive para o lançamento de efluentes líquidos em corpos hídricos, se for o caso;

g) Publicação de súmula do pedido de Licença Prévia em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA Nº 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais – originais);

h) Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) de acordo com Lei Estadual n. 10.233/92.

II. LICENÇA DE INSTALAÇÃO

a) Estudo ambiental exigido na concessão da Licença Prévia, em 2 vias e datado, sendo que uma delas, após análise e aprovação, deverá ser carimbada pelo técnico analista e devolvida ao interessado. O Estudo Ambiental deverá contemplar no mínimo:

- Diagnóstico e medidas mitigadoras dos impactos ambientais decorrentes da implantação do empreendimento, como por exemplo: obras de terraplenagem, corte de vegetação, proteção de nascentes obras de drenagem, entre outros, elaborado por profissionais habilitados e cadastrados no IAP, acompanhado de ART – Anotação de Responsabilidade Técnica ou documento similar do respectivo Conselho de classe;

- Projeto de Controle de Poluição Ambiental, elaborado por profissionais habilitados e cadastrados no IAP habilitado e apresentado de acordo com as diretrizes específicas deste IAP

- No caso de **disposição de dejetos no solo para fins agrícolas**, em áreas em que e que o interessado não é o proprietário, apresentar **declaração das partes**, com firmas reconhecidas em cartório, conforme modelo apresentado;

b) Publicação de súmula da concessão de Licença Prévia em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme especificado no corpo da mesma e modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais – originais);

c) Publicação de súmula do pedido de Licença de Instalação em jornal de circulação regional e no Diário Oficial do Estado, conforme modelo aprovado pela Resolução CONAMA no 006/86 (as publicações deverão ser comprovadas através da apresentação dos respectivos jornais – originais);

d) Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental (Ficha de Compensação Bancária) de acordo com Lei Estadual n. 10.233/92.