

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**APROVEITAMENTO DE DEJETOS DE VACAS LEITEIRAS:  
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**GUILHERME BARBARA TAVARES**

JABOTICABAL – SP  
1º Semestre/2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE VACAS LEITEIRAS: REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA**

**GUILHERME BARBARA TAVARES**

Orientador: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Engenharia Agrônômica.

JABOTICABAL – SP  
1º Semestre/2023

T231a      Tavares, Guilherme Barbara  
                 Aproveitamento de dejetos de vacas leiteiras : revisão bibliografica  
                 / Guilherme Barbara Tavares. -- Jaboticabal, 2023  
                 74 p. : tabs., fotos

                 Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia  
                 Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de  
                 Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
                 Orientador: Mauro Dal Secco de Oliveira

                 1. bovino de leite. 2. produtor de leite. 3. ordenha. 4. vaca leiteira. I.  
                 Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

DEPARTAMENTO: ZOOTECNIA

**CERTIFICADO**  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: APROVEITAMENTO DE DEJETOS DE VACAS LEITEIRAS :  
REVISÃO BIBLIOGRAFICA

ACADÊMICO: GUILHERME BARBARA TAVARES

CURSO: ENGENHARIA AGRONÔMICA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Mauro Dal Secco De Oliveira

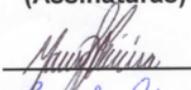
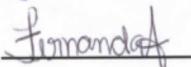
PERÍODO: 1º SEMESTRE ANO: 2023

Aprovado:

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.  
Sim  Não

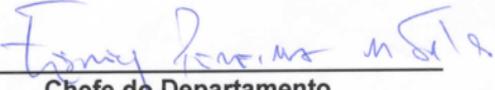
Reprovado:

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)	(Assinaturas)
PRESIDENTE: MAURO DAL SECCO DE OIVEIRA	
MEMBRO: ENG. AGR. ISABELA FLORI	
MEMBRO: ENG.AGR. FERNANDA DEO ALBUQUERQUE	

Jaboticabal 14/06/2023

Aprovado em reunião do conselho do departamento em 14/06/2023

  
\_\_\_\_\_  
Chefe do Departamento  
Prof. Dr. EDNEY PEREIRA DA SILVA  
Chefe do Departamento de Zootecnia  
Matricula Nº 422823-6

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho Deus e a todos que estiveram ao meu lado nesta trajetória até a minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais Vladimir Gonçalves Tavares e Vanilda Barbara Silva Tavares por todo apoio e força durante a minha formação e em toda a minha vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Mauro Dal Secco De Oliveira por me orientar e me auxiliar na execução deste trabalho.

Agradeço também a todos os meus amigos que tive a oportunidade de fazer na FCAV.

OBRIGADO!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Aspectos gerais sobre os resíduos e dejetos provenientes da bovinocultura leiteira .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Definição de resíduos sólidos e caracterização de esterco e dejetos .....</b>	<b>6</b>
3.2.1 Resíduos sólidos.....	9
3.2.2 Esterco .....	11
3.2.3 Manejo em lagoas.....	20
3.2.4 Compostagem.....	21
3.2.5 Dejetos .....	25
3.2.6 Poluição das águas.....	27
3.2.7 Odores .....	30
3.2.8 Doenças.....	30
<b>3.3 Legislação ambiental .....</b>	<b>32</b>
3.3.1 Âmbito Federal.....	32
3.3.2 Âmbito Estadual .....	32
<b>3.4 Dejetos provenientes de vacas leiteiras em sistema intensivo de produção (confinamento) .....</b>	<b>35</b>
<b>3.5 Aproveitamento dos dejetos da bovinocultura leiteira .....</b>	<b>40</b>
3.5.1 Consistência dos dejetos .....	43
3.5.2 Relação entre o volume de dejetos, a concentração de nutrientes e a área disponível para distribuição dos mesmos .....	45
3.5.3 Proximidade de cursos d'água, de populações urbanas ou de áreas de risco/alta visibilidade.....	45

3.5.4	Custo:benefício .....	46
3.5.5	Separação de sólidos.....	48
3.5.6	Separadores Mecânicos .....	48
3.5.7	Decantadores.....	49
3.5.8	Lagoas de Estabilização .....	50
3.5.9	Lagoas Anaeróbias .....	53
3.5.10	Lagoas Facultativas.....	53
3.5.11	Compostagem .....	55
3.5.12	Esterqueiras .....	57
3.5.13	Chorumeira.....	60
<b>3.6</b>	<b>Aspectos econômicos relacionados com os dejetos de vacas leiteiras .</b>	<b>61</b>
<b>4.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>65</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabela 1.</b> Consumo de água pelo gado leiteiro (litros/cab/dia), por categoria, nas condições de Brasil–Central, em criação semi-intensiva.....	6
<b>Tabela 2.</b> Definição de termos relacionados ao manejo dos resíduos da atividade leiteira.....	7
<b>Tabela 3.</b> Estimativa do potencial de produção de fezes e nutrientes no Brasil, ano base 2019*.....	9
<b>Tabela 4.</b> Esterco fresco (fezes + urina), produzidos em um ano, por 100 vacas leiteiras.....	11
<b>Tabela 5.</b> Equivalência em fertilizantes químicos, presentes no esterco bovino e seu valor comercial, para uma produção anual de 100 vacas leiteiras. ....	12
<b>Tabela 6.</b> Elementos distribuídos na composição do esterco utilizado para a adubação de 7 ha em um ano. ....	13
<b>Tabela 7.</b> Quantidade de fertilizantes alcançados na dose de 100 100 m <sup>3</sup> /ha/ano de esterco líquido. ....	14
<b>Tabela 8.</b> Composição média de esterco bovino de amostras feitas em MG e SP...	15
<b>Tabela 9.</b> Composição química*, em porcentagem, do esterco bovino. ....	18
<b>Tabela 10.</b> Equivalentes populacionais de várias espécies de animais. ....	37
<b>Tabela 11.</b> Produção diária de esterco (fezes + urina), por animais de raças leiteiras, com 87,3% de umidade, 933,00 kg/m <sup>3</sup> de densidade e conteúdo em nutrientes. ....	38
<b>Tabela 12.</b> Produção e características de estrume de vacas leiteiras. ....	39
<b>Tabela 13.</b> Parâmetros da carga poluidora, das dejeções totais de vacas leiteiras por unidade animal (UA) por dia.....	40
<b>Tabela 14.</b> Volumes mínimos recomendados para tratamento dos dejetos (Unidades em litros por kg de peso vivo).....	52
<b>Tabela 15.</b> Dados da produção de leite .....	62
<b>Tabela 16.</b> Quantificação das entradas e saída e balanço de nutrientes do sistema de produção de leite no período de confinamento .....	63

<b>Tabela 17.</b> Quantificação do nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e a valoração do dejetos no período de confinamento (183) dias). .....	64
--	----

## LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Aspectos que influenciam na quantidade e qualidade dos resíduos gerados pela atividade leiteira.....	8
<b>Figura 2.</b> Esterco bovino.....	16
<b>Figura 3.</b> Temperaturas e fases da compostagem. ....	24
<b>Figura 4.</b> Esquema do processo de compostagem.. ....	25
<b>Figura 5.</b> Impactos ambientais de fazendas leiteiras.....	27
<b>Figura 6.</b> Limpeza por inundação das instalações do tipo “free stall”de vacas leiteiras. Fonte: entrar no Google digitar fotos dejeções vacas leiteiras.....	36
<b>Figura 7.</b> Limpeza por raspagem das instalações do tipo “free stall”de vacas leiteiras. Fonte: entrar no Google digitar fotos dejeções vacas leiteiras.....	37
<b>Figura 8.</b> Tratamento Preliminar.....	40
<b>Figura 9.</b> Exemplo simplificado do ciclo de nutrientes em fazendas de produção de leite. Linhas pontilhadas (...) indicam fontes de nutrientes trazidos para dentro; linhas tracejadas (---) indicam saída de nutrientes, intencionais ou não; linhas contínuas (—) dentro do limite representam os principais componentes que mantêm o ciclo de nutrientes dentro da fazenda.....	42
<b>Figura 10.</b> Forma de coleta dos dejetos nas instalações de vacas leiteiras. Fonte: Moreira (2013).....	44
<b>Figura 11.</b> Equipamento de separação da parte sólida da líquida de dejetos de vacas leiteiras em sistema intensivo de produção (confinamento).....	47
<b>Figura 12.</b> Esquema de funcionamento de peneiras vibratórias (a) e estáticas (b). .	49
<b>Figura 13.</b> Lagoas em 2 estágios. ....	52
<b>Figura 14.</b> Esquema simplificado de uma lagoa facultativa. ....	55
<b>Figura 15.</b> Estrutura de uma esterqueira. ....	57
<b>Figura 16.</b> Dejeito produzido na lavagem da sala de ordenha. ....	58
<b>Figura 17.</b> Esterqueira tipo subterrânea.. ....	59
<b>Figura 18.</b> Esterqueira tipo encosta. ....	59

<b>Figura 19.</b> Esterqueira tipo celas.....	60
<b>Figura 20.</b> Aplicação do biofertilizante.:.....	61

## RESUMO

### UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE VACAS LEITEIRAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As tendências do mercado baseado na livre concorrência estão criando a necessidade de aumento da escala da produção leiteira para esta se manter como atividade lucrativa. Este fato deve implicar em um crescimento do rebanho leiteiro e fatalmente em diminuição do número de propriedades, restando às pequenas produtoras o mercado local e informal. Como já se sabe, quanto maior o empreendimento leiteiro, mais problemático se torna o manejo dos dejetos, por isto deve ser realizado um planejamento criterioso dos empreendimentos porvir para se evitar os problemas ambientais que já vem ocorrendo nos outros países.

**Palavras-chave:** Bovino. Esterco. Nutrientes. Resíduo orgânico. Produção de leite.

## **ABSTRACT**

### **USE OF DAIRY COW DEJECT: REVIEW BIBLIOGRAPHIC**

Market trends based on free competition are creating the need to increase the scale of dairy production in order to remain a profitable activity. This fact should imply a growth of the dairy herd and fatally a decrease in the number of properties, leaving the local and informal market to small producers. As is already known, the larger the dairy enterprise, the more problematic the handling of waste becomes, and for this reason, careful planning of future enterprises must be carried out in order to avoid the environmental problems that are already occurring in other countries.

**Key words:** Bovine. Manure. Milk production. Nutrients. Organic waste.

## 1. INTRODUÇÃO

Os dejetos (fezes, urina, água de descarte dos bebedouros, água de higienização e resíduos de ração), quando manejados e reciclados, contribuem com o meio ambiente, podendo gerar energia, constituir insumos para a produção vegetal e outros fins (IBELLI, 2020).

Os prejuízos ambientais causados pela falta de tratamento e manejo inadequado dos resíduos da produção animal são incalculáveis. Esses resíduos orgânicos, quando manejados e reciclados adequadamente no solo, deixam de ser poluentes e passam a constituir valiosos insumos para a produção agrícola sustentável (CAMPOS, 2021; IBELLI, 2020).

O tratamento e reciclagem dos dejetos, além de contribuir para a redução da poluição do meio ambiente, oferece a possibilidade de reciclar os nutrientes da alimentação animal para produção de biomassa, preservando e melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, mantendo um sistema altamente produtivo e equilibrado. Esses tratamentos passam a ser cada vez mais importantes em função da economia de fertilizantes químicos importados, insumos geralmente derivados do petróleo, altamente energéticos e caros (CAMPOS, 2021).

Na exploração de leite, quando os animais são mantidos em regime de semi-confinamento ou de confinamento completo, é preciso planejar o melhor método de aproveitar esses dejetos e, conseqüentemente, a necessidade de se escolher o tipo de tratamento mais adequado. O conteúdo de umidade do esterco determina parcialmente como ele pode ser manejado e armazenado (CAMPOS, 2021).

O esterco pode ser classificado de acordo com três consistências básicas: sólido (16% ou mais de sólidos), semi-sólido (12 a 16% de sólidos), e líquido (12% ou menos de sólidos). Os sistemas de manejo do esterco podem ser classificados de várias formas de acordo com a conveniência e o tipo de sistema de produção a ser adotado: Convencional ou manejo de esterco na forma sólida; Manejo de esterco líquido; Manejo de esterco semi-sólido ou

misto; Manejo em lagoas de estabilização (aeradas, aeróbias, anaeróbias e facultativas); Compostagem e Combinações de todos os sistemas (CAMPOS, 2021).

Cada um desses sistemas pode ser dividido em cinco fases principais: coleta, armazenamento, processamento ou tratamento, transporte e utilização (CAMPOS, 2021).

O tratamento dos dejetos contribui para a redução de poluentes, oferecendo possibilidades para reciclar os nutrientes da alimentação animal e colabora com a preservação e melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, mantendo um sistema produtivo e sustentável (SILVA, 2019; IBELLI, 2020).

## **2. OBJETIVO**

A presente revisão de literatura teve como objetivo verificar a importância dos dejetos de vacas leiteiras visando a sua utilização ao longo do ciclo de criação dos animais nos diferentes sistemas de produção.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Foi realizada uma revisão de literatura a fim de verificar a influência de diversos fatores e aspectos relacionados com a utilização dos dejetos de vacas leiteiras em lactação, durante o ciclo de criação dos animais. Para tal, e maior facilidade de abordagem do tema, serão utilizados itens e sub-itens envolvendo vários aspectos, tais como: definição, obtenção, formas de utilização, limitações, fatores que afetam a obtenção dos dejetos, composição de acordo com os diferentes tipos de criação do gado leiteiro.

Por meio do levantamento bibliográfico, proporcionar subsídios e maiores esclarecimentos sobre a utilização dos dejetos de vacas leiteiras em lactação, uma vez que vários fatores estão diretamente relacionados com a obtenção dos mesmos. Serão utilizadas informações de revistas especializadas de produção animal (nacionais e internacionais), de revistas de divulgação, de sites, boletins técnicos, teses, dissertações, anais de simpósios e congressos e de livros especializados em pecuária leiteira.

#### **3.1 Aspectos gerais sobre os resíduos e dejetos provenientes da bovinocultura leiteira**

Com o aumento da população mundial, uma maior produção de alimento é necessária, sejam de origem animal quanto vegetal. Sendo assim, para atender essa crescente demanda por alimentos, é necessário que ocorra uma modernização dos sistemas produtivos, visando uma maior produtividade sem deixar de lado sua qualidade (ERTHAL et. al., 2010).

Devido a este aumento na produção de alimentos, conseqüentemente a geração de dejetos também aumenta gradativamente, nos quais, quando lançados de maneira indiscriminada no ambiente causam contaminação do solo, ar e mananciais de água, o que acarreta em possíveis riscos tanto a saúde humana quanto animal. Além desses fatores, pode-se observar também

uma sobrecarga de nutrientes no solo e eutrofização de cursos d'água (ERTHAL et al., 2010).

A quantidade de dejetos produzidos diariamente por bovinos de leite é considerado um dos maiores entraves dos sistemas de pastejo intensivo. A disposição dos resíduos nas instalações produtivas tem se tornado um desafio para os criadores e especialistas, pois envolve aspectos técnicos, sanitários e econômicos (ERTHAL et al., 2010).

A quantidade total de efluentes orgânicos produzidos nos confinamentos leiteiros gira em torno de 9,0 a 12,0% do peso vivo dos animais por dia. No entanto, depende também do volume de água que será utilizado na limpeza e desinfecção das a água utilizada na limpeza das instalações e equipamentos da unidade produtiva também devem entrar neste cálculo (CAMPOS et al., 2002). Essa água residuária das estruturas produtivas apresenta uma grande quantidade de material orgânico, sólidos totais e nutrientes, tais como o nitrogênio e o potássio (ERTHAL et al., 2010).

No Brasil são utilizadas poucas ferramentas para a estabilização de dejetos de animais. Em geral a disposição do esterco no solo é feita de maneira empírica, sem qualquer preocupação com o equilíbrio ecológico do sistema e suas consequências (CAMPOS, 1997).

A água é o elemento mais importante para a vida dos seres vivos após o oxigênio. Este elemento é considerado o alimento de maior requisição quantitativa para o gado leiteiro, os quais necessitam de mais água em relação a seu peso vivo do que as outras espécies para produzirem leite, pois o leite apresenta 87% de água na sua composição. O consumo de água por vaca em lactação (Tabela 1) depende de alguns fatores como: o estado fisiológico, a produção de leite, o peso corporal, a raça e o consumo de matéria seca. Outros fatores como a composição da dieta, o ambiente, o clima e a qualidade da água também podem influenciar no seu consumo (CAMPOS, 2001).

**Tabela 1.** Consumo de água pelo gado leiteiro (litros/cab/dia), por categoria, nas condições de Brasil–Central, em criação semi-intensiva.

<b>Categoria animal</b>	<b>Consumo (litros/cab/dia)</b>	<b>Varição</b>
Vaca em lactação	62,5	15,6
Vaca e novilha no final de gestação	50,9	12,9
Vaca seca e novilha gestante	45	12,9
Novilha em idade de inseminação	48,8	14,4
Fêmea desmamada (até inseminação)	29,8	7,2
Bezerro lactente (a pasto)	11,2	3,0
Bezerro lactente (baia até 60 dias)	1,2	0,4

**Fonte:** Benedetti (1986), citado por Campos (2001).

De acordo com Matos (2005), uma vaca leiteira com 400 kg de peso médio produz em média de 38 a 50 kg de excretas diariamente, nos quais deste total, 28 a 32 kg são fezes e o restante de urina. No entanto, na bovinocultura de leite, além dos resíduos gerados pelos animais, devem ser considerados os provenientes da retirada ou processamento do leite. Nas quais, a quantidade desses resíduos líquidos produzidos nas instalações variam de acordo como o tipo de manejo utilizado (MATOS, 2005).

### **3.2 Definição de resíduos sólidos e caracterização de esterco e dejetos**

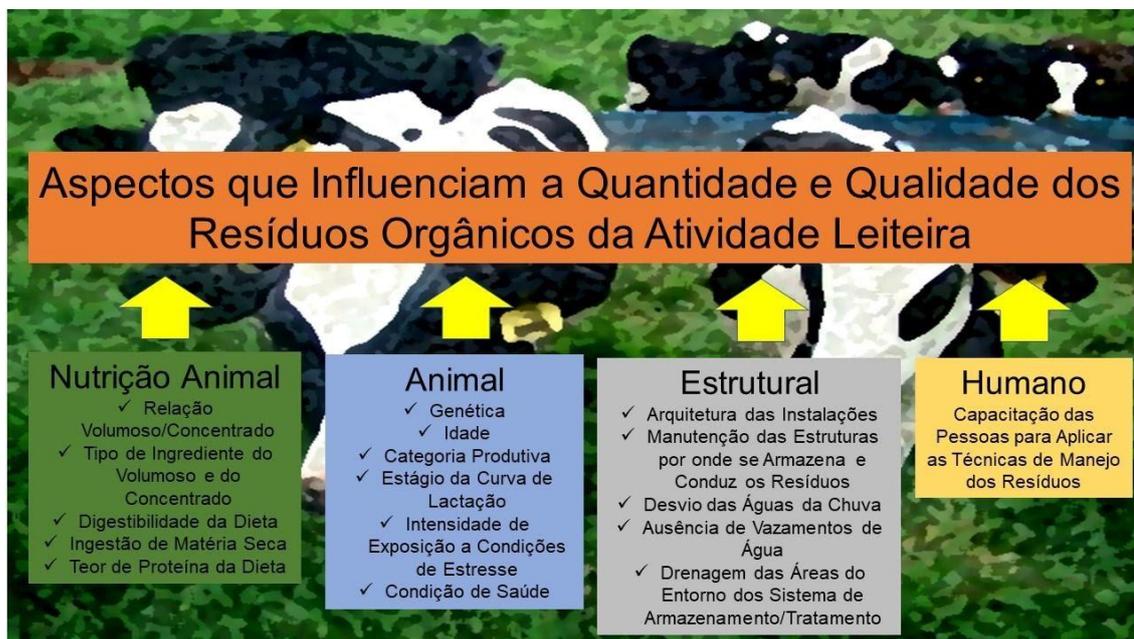
Segundo o Senar (2017) algumas definições são essenciais para a abordagem dos resíduos e dejetos provenientes da pecuária leiteira (Tabela 2).

**Tabela 2.** Definição de termos relacionados ao manejo dos resíduos da atividade leiteira.

<b>Termo</b>	<b>Definição</b>
Fezes	Resíduo sólido ou não digerido, eliminado pelos animais.
Dejeto	Produzido por uma instalação pecuária normalmente uma mistura de água, fezes e urina com ou sem outros materiais (leite, camas, pêlos, restos de ração, etc.) o que irá depender do tipo de sistema de produção
Resíduo Sólido	Não flui por gravidade e não pode ser bombeado, mas pode ser amontoado. Há vários tipos de resíduos sólidos provenientes de diferentes tipos de sistemas de produção e de armazenamento e tratamento.
Resíduo Orgânico	Termo geral para designar qualquer material orgânico que forneça matéria orgânica para o solo junto com nutrientes para as plantas, geralmente em concentrações mais baixas do que as fornecidas pelos fertilizantes inorgânicos. O termo de uso mais comum é dejeto.
Efluente	Líquido originado dos dejetos ou de sistemas de tratamento. Utilizado para descrever o líquido descartado do meio ambiente, de acordo com a legislação ambiental e os padrões da lei.
Nutrientes disponíveis para as plantas	A quantidade de nutrientes contida na forma mineral que pode, principalmente, ser imediatamente absorvido pelas plantas.

**Fonte:** Senar (2017).

Em relação aos resíduos orgânicos, Senar (2017) destaca os aspectos que determinam a quantidade e a qualidade dos resíduos orgânicos. A quantidade de resíduo e sua concentração em nutrientes é alterada ao longo do ciclo produtivo (ano), pois é influenciada por vários aspectos produtivos. Isso reforça a importância de se ter um monitoramento, ao longo do ano, da quantidade e qualidade dos resíduos na propriedade leiteira (Figura 1).



**Figura 1.** Aspectos que influenciam na quantidade e qualidade dos resíduos gerados pela atividade leiteira. Fonte: Senar (2017).

O Senar (2017) aponta as vantagens de se quantificar qualificar os resíduos:

- Determinar o correto dimensionamento das estruturas de armazenamento e/ou tratamento dos resíduos;
- Reduzir o valor dos investimentos e dos custos de manutenção das estruturas/tecnologias necessárias para o manejo dos resíduos;
- Reduzir o risco ambiental no uso dos resíduos como fertilizante;
- Reduzir o custo de distribuição dos resíduos como fertilizante;
- Auxiliar na adequação da propriedade a legislação ambiental;
- Facilitar a implementação de ações relacionadas ao uso eficiente dos recursos naturais e insumos da produção.

Do ponto de vista quantitativo, o Senar (2017) destaca o volume de fezes e nutrientes excretados pelas vacas leiteiras. Considerando 63% da produção de leite no Brasil em 2019 e utilizando equações para calcular a

quantidade de fezes e nutrientes excretados, apresento na (Tabela 3) o potencial de geração de fezes e nutrientes das vacas ordenhadas.

**Tabela 3.** Estimativa do potencial de produção de fezes e nutrientes no Brasil, ano base 2019\*.

Produção de leite (2019) <sup>1</sup>	14.957.999.829 L
Vacas Ordenhadas <sup>2</sup>	6.068.968,00
Média de excreção e fezes	50,4 kg/vaca/dia
Porcentagem média de matéria seca das fezes	12,30%
Total de fezes excretadas	305.630 ton/dia
Total de nitrogênio excretado pelas fezes	2.215 ton/dia
Total de fósforo excretado pelas fezes	337 ton/dia
Total de potássio excretado pelas fezes	995 ton/dia

<sup>1</sup> Equivalente a 63% da produção de leite no ano de 2019.

<sup>2</sup> Equivalente a 37% das vacas ordenhadas em 2019.

**Fonte:** Senar (2017).

### 3.2.1 Resíduos sólidos

De acordo com a Lei 12.305, que institui a PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos (2010), resíduo sólido é qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A história dos resíduos sólidos se deu juntamente com o início da história da sociedade e do processo de civilização, com o abandono do nomadismo pelo ser humano, passando a fixar-se em locais específicos (PHILIPPI JÚNIOR, 1979). Na idade média os resíduos eram sinônimo de ameaça aos seres humanos, pois eram associados à impureza, ao sofrimento

físico e mental e às pestes e epidemias. Foi então, somente no Renascimento Cultural, quando ocorreram descobertas científicas que estimularam medidas de higiene nas cidades (VELLOSO, 2008).

Na segunda metade do século XVIII com a Revolução Industrial, sucederam a mecanização dos sistemas de trabalho, e as fábricas sistematizaram uma produção de objetos em larga escala, o que provocou uma grande quantidade de descartáveis, utensílios e equipamentos para atender às exigências do mercado por uma velocidade desenfreada (GJORGJEVA et al., 2011; CALDERAN, 2013).

Com a implantação destas novas tecnologias, em meados do século XIX, os resíduos sólidos e efluentes ganharam destaque dentro do contexto ambiental, evidenciando o surgimento de novos problemas para a indústria e a sociedade (PHILIPPI JÚNIOR, 2001).

No entanto, até a década de 60 do século XX, o conceito de “meio ambiente” não era empregado em sentido político ou social, e os recursos ambientais eram enxergados apenas sobre um ponto de vista econômico como ilimitados e inesgotáveis, possuindo como utilidade específica a sua exploração (PORTO-GONÇALVES, 2004).

Já após a década de 70, a problemática ambiental passou a ter maior atenção por parte da comunidade científica, acadêmica, dos governos e das organizações comunitárias, e as questões ambientais passaram a ser consideradas de grande relevância e interesse global a partir da Conferência das Nações Unidas de Estocolmo, em 1972 (PÁDUA, 1991; SOARES, NAVARRO; FERREIRA, 2004).

No Brasil, os resíduos sólidos receberam a atenção de forma indevida por mais alguns anos quando comparados às iniciativas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Decorrente desse fato e aliada ao intenso processo de urbanização que ocorreu nas décadas de 70 e 80 houve um grande crescimento no número de “lixões” à céu aberto, o que agravou cada vez mais os problemas socioambientais causados pela destinação inadequada de resíduos sólidos, estimulando assim a integração dessa temática nos

debates sobre saneamento. Desta maneira, atendendo aos apelos sociais e constitucionais, no ano de 2010 instituiu-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que visava trazer um aumento significativo na recuperação de resíduos para sua reutilização e reciclagem, e uma redução máxima nos níveis de poluição de solo, ar e água (DEMAJOROVIC; BESEN; RATHSAM, 2005).

### 3.2.2 Esterco

O esterco geralmente é constituído por fezes, urina e outros materiais como palha, feno, cama, etc) da estrutura produtiva (VALENTE et al., 2009).

Conforme indicação de Siqueira (1991), o valor fertilizante do esterco, sem considerar seu valor biológico e como condicionador da estrutura do solo, os conteúdos de nitrogênio, fósforo e potássio, contidos no excremento de vacas em lactação e a equivalência desses elementos em fertilizantes químicos e seu valor comercial, podem ser vistos nas (Tabelas 4 e 5).

**Tabela 4.** Esterco fresco (fezes + urina), produzidos em um ano, por 100 vacas leiteiras.

Elemento	Produção
Esterco Fresco	1.825.000
Matéria Seca (MS)	219.000
Nitrogênio (N)	9.986
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3.814
Potássio (K <sub>2</sub> O)	8.152

**Fonte:** White e Logan, citado por SIQUEIRA (1991). (O esterco fresco apresenta, em média, 12% de MS, 4,56% de N, 0,76% de P e 3,09% de K. Base de cálculo na MS).

**Tabela 5.** Equivalência em fertilizantes químicos, presentes no esterco bovino e seu valor comercial, para uma produção anual de 100 vacas leiteiras.

<b>Fertilizante</b>	<b>kg</b>	<b>US\$</b>
Sulfado de Amônio	49.900	R\$ 9.730,50
Superfosfato Simples	21.200	R\$ 2.937,72
Cloreto de Potássio	14.000	R\$ 3.330,74
<b>TOTAL</b>	-	<b>R\$ 15.998,96</b>

**Fonte:** Siqueira (1991), adaptado. IEA (preço cidade de São Paulo) 1994.

Conforme Konzen (1999) os produtores que usam somente higienização com água nos currais com piso pavimentado e nas salas de ordenha produzem o chamado “liquame” ou chorume, esterco dissolvido em água. Os que fazem higienização com raspagens e varreduras nos currais e limpeza com água nas salas de ordenha produzem esterco sólido e o chorume. Tanto o esterco sólido quanto o chorume devem ser submetidos a uma bioestabilização antes do seu uso, com o intuito de reduzir seu potencial poluente e tornar seus componentes mais disponíveis como adubos orgânicos.

Ainda segundo Konzen (1999), os líquidos podem ser estabilizados com homogeneização, borbulhamento de ar e/ou recirculação, processos que incorporam oxigênio nos dejetos, propiciando a devida estabilização. Os esterco sólidos podem ser compostados em mistura com restos de palhadas, capins e fosfatos naturais, em proporções adequadas para uma eficiente estabilização.

Para ser utilizado, o esterco necessita de um adequado sistema de armazenamento, que varia de acordo com o tipo de resíduo. Se sólidos, podem ser misturados com restos vegetais e o fosfato natural no curral e à medida em que forem retirados, deverão ser levados para um “pátio de compostagem” para serem submetidos à estabilização necessária e ao posterior armazenamento, até o seu uso como adubo orgânico (KONZEN, 1999).

Konzen (1999) aponta que em um sistema de produção com 15 vacas gera esterco suficiente para a formação de 10 a 11 toneladas de composto orgânico por mês, utilizando a mistura de 40% de esterco sólido, 57% de restos

vegetais e palhadas e 3% de fosfato natural em peso. Levando em consideração um ano, o produtor tem condições de adubar 7,0 ha, com uma base de elementos distribuídos conforme a (Tabela 6).

**Tabela 6.** Elementos distribuídos na composição do esterco utilizado para a adubação de 7 ha em um ano.

<b>Elemento</b>	<b>Quantidade (kg/ha)</b>
Nitrogênio total	336
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	125
K <sub>2</sub> O	113
Cálcio	136
Magnésio	42
Total	752

**Fonte:** Konzen (1999).

Essa quantidade em elementos, é disponível para as culturas em 50% para o nitrogênio e 70% para o fósforo e potássio, e equivale a aproximadamente 360kg de adubo na fórmula 5-20-20, mais 350kg de uréia por (hectare/ano). Dependendo da cultura, especialmente na produção de silagem e capineiras, é conveniente suplementar com adubação química de alguns elementos, parcelando-os em várias aplicações (KONZEN, 1999).

Quando o esterco é líquido, o armazenamento deverá ser feito em lagoas de estabilização impermeabilizadas, conforme descrito por Konzan; Cordoval de Barros (1997). As lagoas, para efeito de redução dos custos de distribuição, devem obedecer a localização estratégica, dentro e/ou próximo da área de utilização do esterco. A condução dos dejetos líquidos do estábulo até o depósito, sempre que possível, deverá utilizar a gravidade, a fim de reduzir os custos da utilização (KONZEN, 1999).

A homogeneização e a distribuição podem ser feitas com equipamento de aspersão, munido de bomba comercial, (volumétrica, e/ou de rotor próprio), especialmente construída para evitar entupimentos. Esse mesmo equipamento e o lago de armazenamento podem destinar-se para fertirrigar e fazer irrigação no período do ano em que não chove. Existem também equipamentos próprios

para aeração e/ou movimentação do lúquame das lagoas, para que se efetue a adequada estabilização (KONZEN, 1999).

Segundo Konzen (1999), a utilização do esterco líquido para adubação deve ser realizada em dose que atenda as exigências da cultura a ser desenvolvida e também a produtividade pretendida. Na dose de 100 m<sup>3</sup>/ha/ano de esterco líquido, as quantidade de elementos fertilizantes alcançam em médias os valores expostos na (Tabela 7).

**Tabela 7.** Quantidade de fertilizantes alcançados na dose de 100 100 m<sup>3</sup>/ha/ano de esterco líquido.

<b>Elemento</b>	<b>Quantidade (kg/ha)</b>
Nitrogênio total	164
P2Os	68
K2O	140
Cálcio	140
Magnésio	50
Total	562

**Fonte:** Konzen (1999).

Da mesma forma mencionada anteriormente, esses elementos equivalem a 250 kg de adubo na fórmula 5-20-20, mais 70 kg de cloreto de potássio e 150 kg de uréia, por hectare/ano.

A adubação orgânica, de maneira geral, não mantém um equilíbrio dos elementos fertilizantes de acordo com as exigências das culturas, podendo ser complementadas com nitrogênio e potássio, parcelados em duas aplicações durante o ciclo da cultura estabelecida (KONZEN, 1999).

A determinação das quantidades de esterco para produção de forragem para silo ou para pastoreio depende da composição do esterco e das exigências das culturas programadas. Sempre que possível, fazer uma análise do solo e do esterco a serem utilizados, para adequar as quantidades de nutrientes aplicados na cultura (KONZEN, 1999).

A (Tabela 8) mostra as composições médias de esterco de bovinos obtidas com amostragens feitas em propriedades de Sete Lagoas, Inhaúma e Santana do Pirapama MG (1995/98) e por Campos (1997), em São Paulo.

**Tabela 8.** Composição média de esterco bovino de amostras feitas em MG e SP.

Esterco	pH	MS (%)	Kg/m <sup>3</sup> ou tonelada				
			N	P2O5	K2O	Ca	Mg
Líquido (chorume)	7,2	16,8	1,75	1,46	1,45	1,43	0,9
Líquido (chorume)*	7,4	5,15	1,62	0,54	2,86	0,31	0,18
Sólido	7,1	55,4	21,2	11,5	11,9	14,2	4,3
Fezes + Urina*	7,2	14,8	3,00	2,60	15,70	16,30	3,00

**Fonte:** Konzan (1999).

Conforme Campos (2021), na exploração de leite, quando os animais são mantidos em regime de semi-confinamento ou de confinamento completo, é preciso planejar o melhor método de aproveitar esses dejetos e, conseqüentemente, a necessidade de se escolher o tipo de tratamento mais adequado.

Ainda segundo Campos (2021) o conteúdo de umidade do esterco determina parcialmente como ele pode ser manejado e armazenado. O esterco pode ser classificado de acordo com três consistências básicas: sólido (16% ou mais de sólidos), semi-sólido (12 a 16% de sólidos), e líquido (12% ou menos de sólidos).

Campos (2021) sugere que os sistemas de manejo do esterco podem ser classificados de várias formas, de acordo com a conveniência e o tipo de sistema de produção a ser adotado:

- Convencional ou manejo de esterco na forma sólida;
- Manejo de esterco líquido;
- Manejo de esterco semi-sólido ou misto;

- Manejo em lagoas de estabilização (aeradas, aeróbias, anaeróbias e facultativas);
- Compostagem;
- Combinações dos sistemas descritos acima

E cada um desses sistemas pode ser dividido em cinco fases principais: Coleta; armazenamento; processamento ou tratamento; transporte e utilização (CAMPOS, 2021).

### 3.2.2.1 Esterco sólido

O esterco seco é raspado, manualmente ou mecanicamente com auxílio de raspadores acoplados em trator, para sua coleta e transporte (Figura 2) (CAMPOS, 2021)



**Figura 2.** Esterco bovino. **Fonte:** Nakamura (2018).

Neste manejo, deve-se evitar ao máximo o excesso de água para facilitar a raspagem. O esterco retirado diariamente pode ter o seguinte destino: a) distribuído em locais cobertos ou não para escoamento do excesso de umidade para depois ser distribuído nas áreas de cultura (distribuidores de

esterco seco ou distribuição manual); b) levado para esterqueira ou para compostagem; e c) distribuição direta nas áreas de cultura (CAMPOS, 2021).

Normalmente, não se faz nenhum tipo de processamento ou tratamento prévio do esterco antes de sua disposição no solo. Mesmo adotando o manejo de esterco sólido, torna-se necessária a lavagem periódica dos pisos com jatos de água sob pressão (maior pressão e menor volume de água). O chorume (águas de limpeza) resultante desse processo (TEIXEIRA, 2021), deve ser depositado em um tanque de esterco líquido (chorumeira) e posteriormente utilizado como fertirrigação em áreas de cultura (CAMPOS, 2021).

Para a composição dos dejetos, existe um grande número de fatores que podem afetá-lo, tais como: quantidade e composição de matéria seca ingerida, digestibilidade da dieta e sua concentração de nutrientes, tamanho, idade e tipo do animal, condições climáticas e sistema de manejo (CAMPOS, 1997).

A composição química do esterco bovino é apresentada na (Tabela 9).

**Tabela 9.** Composição química\*, em porcentagem, do esterco bovino.

<b>Elemento</b>	<b>(%)</b>
Água	83,0
Matéria Orgânica	14,0
Ferro	0,98
Boro	0,60
Enxofre	0,35
Cobre	0,33
Nitrogênio	0,30
Magnésio	0,30
Manganês	0,28
Fósforo	0,17
Zinco	0,15
Potássio	0,10
Cálcio	0,10

\* A quantidade das substâncias podem variar de acordo com a raça do animal e sua alimentação.

**Fonte:** Nakamura (2018).

Segundo Nakamura (2018) o esterco bovino apresenta os seguintes benefícios:

- O esterco bovino ajuda a manter a umidade no solo, permitindo um melhor aproveitamento da água;
- Ajuda na descompactação da terra, deixando-a mais porosa e facilitando oxigenação e o enraizamento das plantas;
- A longo prazo, ajuda na recuperação de solos degradados.

### 3.2.2.2 Esterco líquido

Neste sistema há a necessidade da construção de tanques para coleta, tratamento e homogeneização do esterco líquido proveniente da limpeza das instalações. Os dejetos (fezes + urina) e os resíduos da alimentação são diluídos em água na proporção de 1:1 ou menos, de modo que a concentração de sólidos seja 12% para que sejam utilizados sistemas de irrigação com equipamentos especiais (CAMPOS, 2021).

A capacidade de armazenagem dos tanques é em função do tamanho do rebanho, sistema de confinamento, diluição de dejetos, tempo de detenção hidráulica, tipo de solo, manejo adotado para o sistema de irrigação (fertirrigação), quantidade de chuva que o sistema pode suportar (CAMPOS, 2021).

As principais vantagens significativas deste sistema são: a) baixa utilização de mão-de-obra; b) liberação de máquinas e equipamentos caros, como trator e implementos para outras atividades; c) pequenas perdas de nutrientes quando as irrigações são freqüentes; c) economia de insumos agrícolas comerciais (adubos químicos, calcário); e d) conservação e melhoramento da fertilidade do solo (CAMPOS, 2021).

Conforme Teixeira (2021) o uso do esterco líquido apresenta as seguintes vantagens:

- A possibilidade de utilização de máquinas e equipamentos caros, como trator e implementos para outras atividades;
- A manutenção de nutrientes no solo, bem como a conservação e o melhoramento da fertilidade, caso as irrigações sejam freqüentes;
- A diminuição dos gastos com fertilizantes e corretivos convencionais;
- A possibilidade de reaproveitamento do esterco líquido tratado, para limpeza hidráulica dos galpões de confinamento;
- A economia de água, energia e mão de obra, com expressivo ganho econômico e ambiental.

### 3.2.2.3 Esterco semi-sólido

Trata-se de um sistema de limpeza em que a mistura dos dejetos (fezes + urina) com água seja apenas o suficiente para facilitar a limpeza (remoção do esterco). O resultado desse processo é um efluente com 12 a 16% de sólidos, porém muito úmido para o sistema convencional e não diluído o suficiente para ser utilizado nos sistemas de irrigação (CAMPOS, 2021).

O armazenamento normalmente é feito em tanques ou fossas abaixo ou acima do nível do solo. O volume desses tanques ou fossas (tanque de chorume ou chorumeira) deve ser o suficiente para armazenar o efluente por um período de três a cinco dias, permitindo maior flexibilidade ao manejo e não onerar os investimentos (CAMPOS, 2021).

A distribuição do esterco semi-sólido necessita de um distribuidor (tanque) de esterco acoplado a veículos ou em tratores ou ainda caminhão tanque, equipados com sistema de vácuo-compressor para as operações de homogeneização, carregamento e distribuição. A grande vantagem desses equipamentos é que o líquido manuseado não passa pelo vácuo-compressor, evitando os problemas de entupimentos tão comuns nas bombas convencionais (CAMPOS, 2021).

Normalmente, a capacidade desses distribuidores de esterco varia de 2.000 a 10.000 litros. Existem no mercado bombas especiais para esse tipo de trabalho, com boa eficiência para pequenas ou médias pressões (alturas manométricas). Este sistema demanda maior quantidade de mão-de-obra e equipamentos, porém apresenta baixas perdas de nutrientes (CAMPOS, 2021).

### 3.2.3 Manejo em lagoas

É um dos sistemas de manejo líquido mais adotados em muitas regiões dos Estados Unidos, principalmente na Flórida. O esterco lavado é conduzido diretamente para uma lagoa anaeróbia que após saturada é transbordada para uma segunda lagoa projetada para reter somente o esterco líquido (CAMPOS, 2021).

Desta lagoa de armazenagem, o efluente pode ser distribuído nas culturas por algum sistema de irrigação mais adequado às condições da propriedade. Atualmente tem-se dado muita ênfase para os sistemas de irrigação por pivô-central, por apresentar melhor distribuição dos nutrientes e melhor eficiência global (CAMPOS, 2021).

Após o enchimento das lagoas anaeróbias, que varia de dois a cinco anos, ou mais, conforme a taxa de enchimento e o volume projetado, a lagoa é submetida a uma limpeza para retirada do lodo biológico (biossólido). Este lodo é rico em microrganismos biológicos e em nutrientes como fósforo (P) e nitrogênio (N) e devem ser aproveitados para a adubação orgânica e/ou preparação de compostos orgânicos de alto valor agrícola (CAMPOS, 2021).

As maiores desvantagens das lagoas são: a) exige elevados requisitos de área para sua construção; b) a simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação); c) desempenho variável com as condições climáticas (temperatura e insolação); d) necessidade de afastamento razoável das instalações e residências; e) possibilidade de crescimento de insetos (moscas); f) necessidade de remoção contínua e periódica de lodo (dois a cinco anos); e g) possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia (CAMPOS, 2021).

#### *3.2.4 Compostagem*

A compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua, biodegradável, em substâncias húmicas (matéria orgânica humificada ou estabilizada). É uma técnica idealizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica (CAMPOS, 2021).

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. A eficiência do processo baseia-se na perfeita interação desses fatores (CAMPOS, 2021).

Os principais tipos de compostagem utilizados, dependendo da quantidade da matéria-prima disponível, são: em leiras, pilhas aeradas, pilhas estáticas, caixas de alvenaria ou madeira, etc. Atualmente os sistemas de compostagem têm recebido muita atenção dos pecuaristas pela oportunidade de venda do composto para produção orgânica, agregando valor à atividade leiteira (CAMPOS, 2021).

Somente é considerado um composto orgânico o produto final originado de um tratamento de compostagem bem conduzido, com os parâmetros básicos de sanitização atingidos (ZUCCONI; BERTOLDI, 1991). Para isso, são utilizados resíduos que podem ser de origem vegetal ou animal, dividindo-se essencialmente entre dois tipos: os ricos em carbono, que apresentam degradação lenta e fornecem energia para o processo; e os ricos em nitrogênio, que possuem degradação mais rápida e determinam a velocidade do processo, pois é necessário para o desenvolvimento dos micro-organismos (BRITO, 2006).

Podemos definir a compostagem como um processo aeróbio que é controlado de bio-oxidação da matéria orgânica (GE et al., 2015), onde os substratos heterogêneos biodegradáveis sofrem ação de micro-organismos naturalmente associados a estes (CUNHA-QUEDA et al., 2003). Neste processo ocorre uma fase termofílica onde há possibilidade de eliminação de substâncias com efeito fitotóxico, fazendo a biomassa passar por processos de mineralização e humificação parciais, produzindo um produto final estável, homogêneo e higienizado (COLÓN et al., 2010; CORRÊA, 2007; GUIDONI et al., 2013.).

Por se tratar de um processo microbiológico de bio-oxidação da matéria orgânica para um estado estabilizado e humificado, as diferentes fases do processo são determinadas pelas variações de temperatura e da sucessão de predominância entre as diferentes espécies de bactérias, fungos e actinomicetos presentes na compostagem (EPSTEIN, 1997).

Desta maneira, o processo de compostagem apresenta duas fases principais: a) bio-oxidação (ou bioestabilização), dividida em uma fase mesófila

de pouca duração e uma termófila, mais longa; e b) humificação (ou maturação), período em que o composto adquirirá características para ser usado como fertilizante (KULIKOWSKA; GUSIATIN, 2015; SONG et al., 2015).

O início do processo de compostagem ocorre à temperatura ambiente, desta forma, os micro-organismos mesofílicos (25-40 °C) são os agentes das primeiras degradações. Estes, degradam primeiramente as substâncias mais simples presentes na matéria-prima, como carboidratos simples e nitrogenados solúveis, produzindo assim traços de ácidos minerais e maior quantidade de ácidos orgânicos, promovendo uma queda de pH e propriedades de fitotoxicidade, pois os ácidos formados nestas primeiras reações, como ácido acético, fórmico, propiônico, butírico, capróico, entre outros, inibem a germinação das sementes e o crescimento das raízes (ABOUELWAFI et al., 2008; FELS et al., 2014).

As reações de oxidação por serem exotérmicas elevam a temperatura do processo, o que aumenta o desprendimento de vapor e CO<sub>2</sub>. Ao atingir limites superiores a 45 °C de temperatura dá-se início a fase termofílica de bioestabilização, onde ocorre a morte dos micro-organismos mesofílicos, e a multiplicação de actinomicetos, bactérias e fungos termofílicos, que começam atuar na degradação da matéria orgânica no processo (AWASTHI et al., 2014).

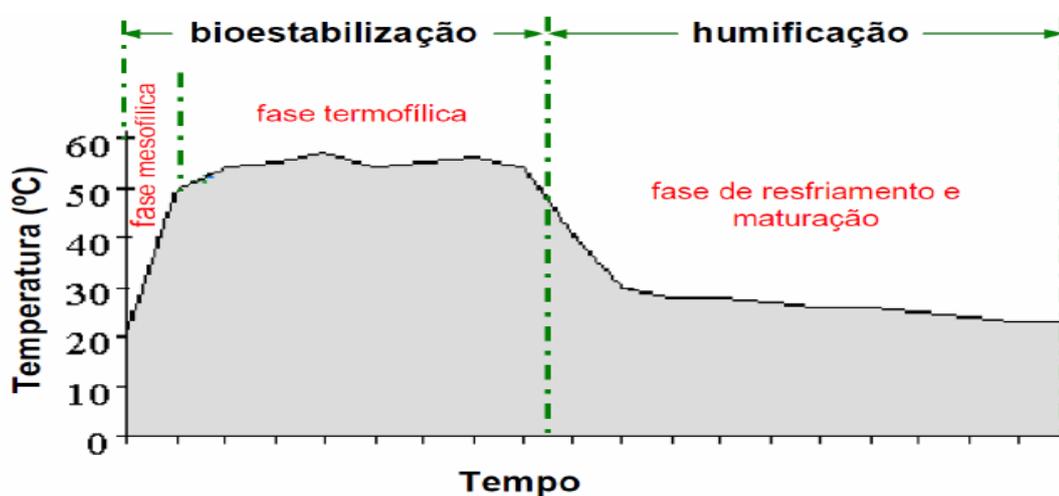
Nesta fase, além da temperatura, eleva-se também o pH até valores de 8,0, em decorrência das reações dos ácidos orgânicos com bases liberadas pela matéria orgânica, que formam compostos de reação alcalina; além destes, humatos alcalinos são formados pela reação de ácidos húmicos com elementos químicos básicos (ZHOU, SELVAM; WONG, 2014).

Na continuidade do processo, além do aumento de temperatura, é a ação de bactérias decompositoras de hemiceluloses, lipídeos e proteínas, enquanto que a celulose e a lignina são degradadas lentamente por actinomicetos e fungos (JURADO et al., 2014; LÓPEZ-GONZÁLEZ et al., 2014); além da eliminação de substâncias fitotóxicas e da maior parte dos micro-organismos patogênicos (MCCARTHY et al., 2011).

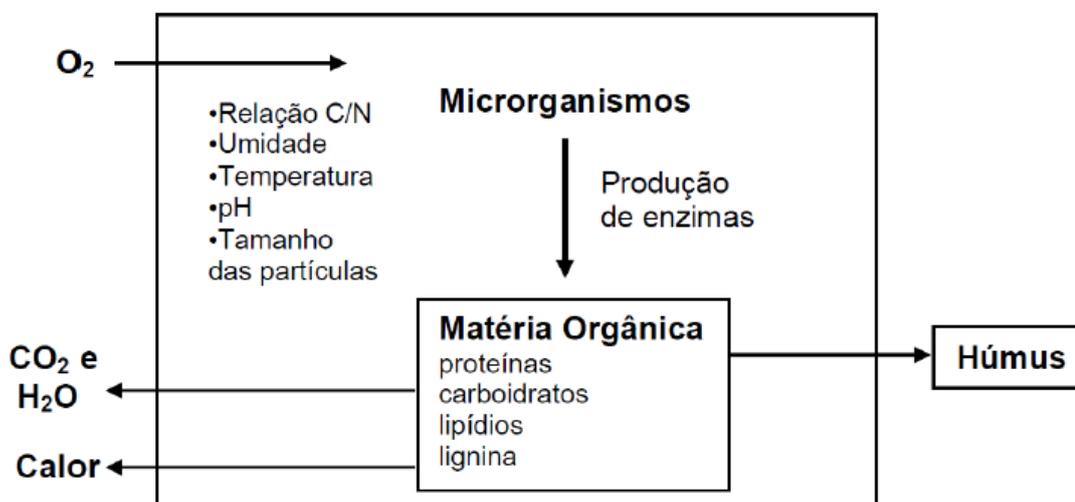
Conforme se esgotam as substâncias de decomposição rápida, a intensidade das reações químicas diminuem, juntamente com a temperatura da massa, com predominância dos micro-organismos mesofílicos e dando início a última fase da compostagem (KIEHL, 2001).

A fase de maturação, ou humificação, é quando ocorre a mineralização de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, que passam da forma orgânica para a inorgânica (KIEHL, 1998).

O nitrogênio orgânico, após passar pelas formas amídicas e amoniacais, alcança a forma mineralizada de nitrato ( $\text{NO}_3$ ), reduzindo levemente os valores de pH até sua neutralidade, a decomposição prossegue lentamente e a temperatura diminui até atingir chegar a ambiente (KULIKOWSKA; GUSIATIN, 2015; RYNK, 1992). Estas duas fases e suas subdivisões estão demonstradas na (Figura 3) e na (Figura 4) o esquema do processo de compostagem.



**Figura 3.** Temperaturas e fases da compostagem. **Fonte:** (TRAUTMANN; OLYNCIW, 2005).



**Figura 4.** Esquema do processo de compostagem. **Fonte:** (FIALHO, 2007).

### 3.2.5 Dejetos

Dejetos podem ser definidos como conjunto de fezes, urina, água desperdiçada dos bebedouros, água de higienização e resíduos de ração, que são resultantes do sistema produtivo (MANSO, 2007).

Os sistemas de produção em confinamento e suas variações de regimes intensivos são caracterizados pelos animais ficarem estritamente em áreas menores para alimentação e convívio, não sendo soltos em pastagens a campo aberto, e tem como principais objetivos de aumentar e acelerar a produtividade. Aliada a alta produtividade consequentemente ocorre uma maior produção de resíduos em relação à área, sendo necessário receber a devida atenção e ser tratado corretamente. Nestes sistemas, a quantidade total de dejetos produzidos por vacas leiteiras varia em torno de 9% a 12% do peso vivo do rebanho por dia, e dependerá também do volume de água utilizado na limpeza e na desinfecção das instalações e equipamentos da unidade de produção (CAMPOS et al., 2002; BECKER et al., 2012).

Existe um grande número de fatores que podem afetar a composição dos dejetos, sendo eles: a quantidade e composição de matéria seca ingerida,

digestibilidade da dieta e sua concentração de nutrientes, tamanho, idade e tipo do animal, condições climáticas e sistema de manejo (CAMPOS, 1997).

Os dejetos apesar de apresentarem baixas concentrações de macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo, potássio), possuem nutrientes como ferro, zinco, manganês, cobre, cálcio, sódio, arsênio, magnésio e elevado teor de matéria orgânica, o que faz com que este tipo de resíduo seja bastante utilizado em várias operações, desde que receba o devido tratamento (FRANCO et al., 2006).

De acordo com Royo (2010), uma vaca que dá 25 litros de leite produz cerca de 60 quilos de dejetos por dia. Se todas as vacas de uma fazenda forem somadas, a quantidade de esterco produzido diariamente pode ser considerado exorbitante. Todo esse dejetos é à primeira vista somente sujeira, no entanto já existem tecnologias simples que transformam todo esse esterco em excelentes adubos. Os dejetos das vacas são ricos em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, atuando para melhorar a fisiologia do solo e aumentar a produtividade das culturas.

Quando não recebem o devido tratamento, podem ocasionar infiltração de água contaminada com resíduo, a poluição dos lençóis freáticos e a consequente eutrofização dos recursos hídricos se torna um problema à saúde humana, vegetal e animal. Os resíduos, depois de passarem por um sistema de tratamento, não devem ser aplicados a campo excessivamente e em quantidades maiores que a capacidade do solo em absorvê-lo. (ROYO, 2010). Na (Figura 5) pode-se observar as principais maneiras de poluição pelo dimensionamento inadequado de um sistema de tratamento.



**Figura 5.** Impactos ambientais de fazendas leiteiras. **Fonte:** (POHLMANN, 2000).

### 3.2.6 Poluição das águas

Fatores como o aumento populacional, más administrações e o aumento da demanda comprometem o ciclo natural de renovação da água. A água é um recurso renovável, porém finito, levando em consideração a poluição e o aumento do uso dos recursos hídricos, pontos que não permitem uma renovação na mesma velocidade de consumo (RIBEIRO, 1998).

Apesar do planeta Terra apresentar 2/3 de sua superfície coberta por água, apenas 2,5% desta água está sob a forma de água doce, desses,

somente 0,3% estão dispostos em reservatórios superficiais como rios e lagos. O Brasil possui cerca de 10% de toda “água doce” do planeta, sendo mais de 70% desta reserva hídrica presente na Amazônia, e em várias regiões como no Sudeste que é mais industrializado, essa oferta natural está cada vez mais escassa. Na região Sul, pequenos proprietários de terra, irrigantes e indústrias entram em litígio pelas barragens e uso dos mananciais de grandes e pequenos rios. Já no Nordeste o governo tenta dessalinizar as cacimbas para enfrentar a seca crônica (MACHADO, 1998).

Segundo Ribeiro (1998) na maior parte do mundo, o principal uso da água se concentra na agricultura. O autor enfatiza o exemplo em várias regiões da Ásia o consumo de água no setor primário chega a ser dez vezes maior que na produção industrial.

No Estado de São Paulo, o quadro se mostra preocupante, pois a degradação dos recursos hídricos é intensa, pelo uso excessivo de agrotóxicos, do lançamento de despejos de toda ordem (agrícolas, industriais, domésticos) em corpos d’água e do desmatamento junto aos rios e de seus mananciais (RIBEIRO, 1998).

Nas zonas agropecuárias, onde o abastecimento de água é particular, as chances de contaminação podem ser grandes pela ausência de tratamento da água, expondo a um risco iminente à saúde de homens e animais. A essa escassez de reservas superficiais de boa qualidade levou algumas cidades a buscarem água no subsolo. Segundo Capozoli (1998), 462 municípios do Estado de São Paulo, o equivalente a 72% do total, dependem parcial ou completamente de estoques de água subterrânea para o abastecimento de sua população.

Por outro lado, as criações intensivas de animais também podem contribuir significativamente para o aumento da poluição e contaminação dos recursos hídricos. O descarte inadequado da água das criações indo diretamente para cursos d’água, aplicação de estrume líquido em grandes quantidades no solo, armazenamento em lagoas sem revestimento impermeabilizante durante vários anos, transbordamento de tanques ou lagoas,

acúmulo dos dejetos nos currais, são alguns exemplos do manejo inadequado dos dejetos que podem comprometer seriamente os recursos hídricos (CAPOZOLI, 1998).

Peixoto (1986) comenta que a contaminação dos lagos e rios pelos dejetos, a infiltração de água contaminada no lençol freático e o desenvolvimento de moscas são exemplos da poluição ambiental provocada pelos diversos sistemas de confinamento.

Para Cone (1998), muitas fazendas que buscam elevar a produtividade, aumentam a concentração de animais na propriedade. O resultado é uma grande produção de dejetos, que aplicados em uma pequena área, ultrapassam em muito a capacidade do solo e das plantas de absorvê-los. Sendo assim, essa prática deixa de ser uma fertilização para ser um descarte, pois ao chover forte, os dejetos escoem para áreas vizinhas e cursos d'água próximos.

Dassie (1999b) aponta que o fim mais correto para o esterco é sua incorporação ao solo, mas apenas "jogar" aleatoriamente o esterco no campo pode causar sérias complicações sanitárias, como a poluição de córregos e rios, que acabam por transportar o problema para outros locais.

A matéria orgânica presente nos dejetos, quando descartada em um curso d'água serve de alimento para as bactérias decompositoras, que se reproduzem rapidamente, respiram e provocam a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água. A falta de oxigênio acarreta a morte de outros organismos aquáticos e tornando a água imprópria para consumo e outros fins (BRANCO, 1983).

Organismos patogênicos e o excesso de nutrientes (principalmente fosfatos e nitratos) também presentes nos resíduos, podem atingir as águas subterrâneas e/ou superficiais, causando grandes problemas de contaminação. A aplicação excessiva no campo e o acúmulo dos dejetos em locais inadequados também podem resultar em sobrecarga da capacidade de filtração do solo, provocando a retenção dos nutrientes do estrume, contaminando principalmente a água do subsolo (ENNIX, 1996).

### 3.2.7 Odores

Nos sistemas de confinamento, gases nocivos podem causar danos à comunidade através da emissão de odores desagradáveis e problemas de saúde a pessoas e animais. Este é um problema cada vez mais comum, à medida que as cidades vão crescendo e se aproximando da zona rural (OLIVEIRA, 1995). Segundo Overcash (1983b) esses odores vem principalmente dos estágios intermediários de decomposição anaeróbia dos dejetos.

Bodman citado por Peixoto (1986) alerta sobre os possíveis efeitos para os animais e o homem dos gases (sulfeto de hidrogênio, amônia, dióxido de carbono e metano), que são formados pela fermentação dos dejetos dos animais. Altos níveis de amônia podem causar doenças respiratórias nos animais e em humanos, e mesmo pequenas quantidades de hidrogênio sulfídrico podem gerar odores desagradáveis quilômetros a sua volta (ENNIX, 1996).

Overcash (1983) salienta que problemas com odores são mais frequentes em grandes produções leiteiras localizadas próximo de áreas urbanas, centros comerciais e outros pontos de maior sensibilidade.

Para Van Horn et al. (1994) a questão dos odores fica sujeita a critérios subjetivos, no sentido de quanto ele interfere no cotidiano e no lazer da propriedade. O maior problema pode ser caracterizado em definir e medir, pois existem cerca de 75 compostos odoríferos em variáveis concentrações nas proximidades das fazendas produtoras e normalmente se apresentam em concentrações não tóxicas.

### 3.2.8 Doenças

Os problemas epidemiológicos observados no meio rural são relacionados com os agentes infecciosos dentro das propriedades. Sua

prevenção ainda é a melhor opção, visando a proteção dos animais e do público em geral contra zoonoses e de outros riscos sanitários provocados pelo lançamento de resíduos de animais nos cursos d'água (OLIVEIRA, 1995).

Ainda segundo Oliveira (1995) esses problemas ligados aos grandes sistemas de confinamento estão diretamente relacionados com o manejo do esterco animal. A incidência de infecções aumenta quando os plantéis são confinados e concentrados em confinamento. A maioria dos animais infectados elimina o agente patogênico em meio a urina, fezes e outros meios. Desta maneira os microrganismos ficam depositados sobre o piso das instalações, estando presente nos resíduos líquidos dos animais.

O acúmulo de dejetos pode proporcionar um ambiente propício a proliferação de vetores transmissores de doenças. Laranja (1998) afirma que as moscas são um dos principais agentes transmissores de mastite entre as novilhas, o que pode comprometer a produtividade dos animais. Uma das melhores formas de prevenção é a manutenção do conforto dos animais e higiene nos locais de estabulação, sendo clara a necessidade do manejo adequado dos dejetos, principalmente na época do verão quando ocorre uma maior proliferação desses vetores.

Segundo Dassie (1999a), os aspectos microbiológicos são os que mais influenciam a saúde de um rebanho, pois comumente se observa a depreciação da qualidade da água pelo manejo inadequado de dejetos humanos e de animais. Grandes populações de bactérias nocivas causam sérios problemas e risco a saúde humana e dos animais. Altos níveis de bactérias, como os coliformes na água de consumo podem ocasionar maiores taxas e incidência de doenças nos animais, e conseqüentemente aumento da mortalidade e diminuição da produtividade (ENNIX, 1996).

### **3.3 Legislação ambiental**

As propriedades nas quais ocorrem o lançamento de água residuária em um corpo receptor estão sujeitas a lei, e essas são as mesmas que qualquer outra fonte poluidora. Das diversas leis existentes em âmbito de proteção ambiental, serão elucidadas as que mais se adequam e poderiam ser aplicadas nas fazendas que descarregam seus efluentes em um curso d'água.

#### *3.3.1 Âmbito Federal*

A Resolução CONAMA nº 020 de 18 de junho de 1986, estabelece requisitos de qualidade que os cursos d'água devem possuir em função de seus usos previstos. De acordo com esta lei fontes que descarregam seus efluentes em cursos de água não podem conferir ao corpo receptor características em desacordo com os padrões estabelecidos.

A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81) estabelece uma definição sobre poluição e estabelece as punições aqueles que não cumprirem as medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental.

A Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/98) “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”, onde as infrações e multas estão melhor definidas.

#### *3.3.2 Âmbito Estadual*

O Decreto nº 5.993 de 16 de abril de 1975 redefine as atribuições da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e de Defesa do

Meio Ambiente) para o exercício do controle da qualidade do meio ambiente (água, ar e solo) em todo território do Estado de São Paulo. Portanto a fiscalização das fazendas no estado estaria sobre responsabilidade deste órgão.

A Lei 997 (Decreto nº 8468, de 8 de setembro de 1976) dispõe sobre a Poluição e o controle do meio ambiente. Alguns artigos relevantes à poluição das águas são apresentados a seguir:

**Art. 2º** - *Fica proibido o lançamento ou a liberação de poluentes nas águas, no ar ou no solo.*

**Art. 7º** - *Classifica as águas segundo os seus usos preponderantes, praticamente a mesma classificação da Resolução CONAMA nº 020, diferindo apenas alguns padrões de qualidade.*

**Art. 18º** - *Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedeam às seguintes condições: (Semelhante ao Art. 21 da Resolução CONAMA nº 020, difere apenas nos aspectos abaixo descritos)*

IV- *substâncias solúveis em hexana até 100 mg/L;*

V- *DBO de 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/L. Este limite poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora, em termos de DBO do despejo em no mínimo 80%;*

VI- *estabelece concentrações máximas de determinados elementos químicos*

VII- *Outras substâncias, potencialmente prejudiciais, em concentrações máximas a serem fixadas, para cada caso, a critério da CETESB.*

§ 1º - *Além de obedecerem aos limites deste artigo, os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o enquadramento do mesmo, na classificação das águas.*

No Art. 18 apresentado encontra-se os padrões de emissão de efluentes que as fazendas deveriam obedecer.

A Lei Estadual 7.663/91 institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em linhas

gerais, os princípios básicos que norteiam esta lei são o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado dos recursos hídricos, a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento e o reconhecimento do recurso hídrico como um bem público, de valor econômico, que deve ser cobrado (Comitê das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 1996). A questão da cobrança pelo uso da água deve afetar de forma significativa as propriedades que operam em sistema *flush*, pois terão de agregar mais este fator no seu custo de produção.

Segundo Ricardo (2016), em linhas gerais, as exigências nacionais, para lançamento de efluentes da bovinocultura leiteira em corpos hídricos receptores, seguem conforme a Resolução CONAMA nº 430/2011, sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, a qual complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/2005.

A Resolução CONAMA nº 430/2011, ainda, designa os órgãos ambientais estaduais as funções de fiscalizar, orientar e punir as atividades potencialmente poluidoras, assim como definir diretrizes locais para emissão dos efluentes, caso necessário (RICARDO, 2016).

Em termos de água de reuso, pode-se citar a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54/2005 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e esta ainda define a Resolução CNRH nº 121/2010, a qual é mais específica em relação à prática do reuso na modalidade agrícola e florestal (RICARDO, 2016).

O Brasil não dispõe de uma legislação voltada para aplicação, especificamente, de dejetos de bovinos leiteiros no solo, no entanto conforme Matos (2007), a aplicação de dejetos pode ser baseada na quantidade de nutrientes referenciais, normalmente nitrogênio ou fósforo. Essa quantidade deve ser balanceada com o que está disponível no solo e com o tipo de cultura a ser plantada. Sendo assim, será aplicado no solo somente o que a cultura poderá absorver, de acordo com a sua recomendação agrônômica (RICARDO, 2016).

### **3.4 Dejetos provenientes de vacas leiteiras em sistema intensivo de produção (confinamento)**

Um dos maiores problemas enfrentados nos confinamentos de bovinos leiteiros, se dá através da grande quantidade de dejetos que são produzidos diariamente, numa área reduzida. A disposição de resíduos nas instalações tem se tornado um grande desafio para os produtores e especialistas, pois abrange aspectos técnicos, sanitários e econômicos (SILVA, 1973).

Sendo assim, esses resíduos, quando não manejados adequadamente e distribuídos, podem causar uma grande carga poluidora ao meio ambiente. Os prejuízos ambientais podem ser ainda maiores quando esses resíduos orgânicos são levados para os cursos d'água, pois, devido à sua alta DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), que são parâmetros de medida da carga poluidora, reduzem o teor de oxigênio da água, provocando a morte de peixes e microrganismos. Vale ressaltar também que os nutrientes contidos nesses resíduos (principalmente N, P e K) podem estimular o crescimento de plantas aquáticas e causar a eutrofização dos corpos d'água (GARCIA-VAQUERO, 1981).

Além desses fatores, Garcia-Vaquero (1981) ainda comenta que a disposição de dejetos constitui um problema tão grave, que pode limitar as possibilidades de localização ou ampliação das explorações. Quando a produção do gado ocorre em regime extensivo, a pasto, os dejetos são distribuídos no solo onde sofrem um processo completo de decomposição pelos microrganismos, o que reduz a contaminação do ambiente, dada a pequena concentração de animais utilizada neste regime de produção.

Barber et al. (1979) apontam que, quando o gado leiteiro é manejado em instalações do tipo "free stall" (bairros de descanso individual de livre acesso), o manejo do esterco pode ser realizado na forma líquida, semi-sólida ou sólida. Se o regime de confinamento é total a opção é pelo esterco líquido, onde todos os dejetos (fezes + urina) serão coletados.

O manejo de estrumes em forma líquida é bastante empregado nas produções. Essa mistura de sólidos, líquidos e água de limpeza das instalações

e equipamentos, reduzem os custos da extração diária dos resíduos e permitem a mecanização simples desta operação (GARCIA-VAQUERO, 1981).

Nas (Figuras 6 e 7) são mostradas a limpeza das instalações do tipo “free stall” por meio de inundação e raspagem.



**Figura 6.** Limpeza por inundação das instalações do tipo “free stall” de vacas leiteiras. **Fonte:** (MILKPOINT, 2021).



**Figura 7.** Limpeza por raspagem das instalações do tipo “free stall” de vacas leiteiras. **Fonte:** (MILKPOINT, 2021).

O levantamento sanitário relacionado com excremento de animais é caracterizado fundamentalmente pela quantificação da carga poluente, que quase sempre é feita em termos de equivalente populacional (EP). Equivalente populacional ou população equivalente é uma unidade que designa a força poluidora de resíduos agroindustriais, em relação ao poder poluente de uma pessoa (Tabela 10) (DERISIO, 1992).

**Tabela 10.** Equivalentes populacionais de várias espécies de animais.

<b>Origem dos Dejetos</b>	<b>Equivalente Populacional (EP)</b>
Homem	1,00
Vaca	16,40
Cavalo	11,30
Galinha	0,14
Ovelha	2,45
Suíno	3,00

**Fonte:** Derisio (1992).

A produção diária de dejetos frescos (sólidos e líquidos), por animais de raças leiteiras, é da ordem de 8-11% de seu peso vivo, com teor 10-12% de MS (GARCIA-VAQUERO, 1981; ASAE D384, 1983; MWPS-18, 1985; BATH, 1985; HERMETO BUENO, 1986).

A relação fezes/urina (F/U) nas dejeções de gado leiteiro, segundo (GIESSMANN, 1981; MWPS-18, 1985), é de 1,5 e 2,2, respectivamente. Segundo dados da ASAE D384 (1983), a densidade média do esterco fresco de vacas em lactação é de 1.005 kg/m<sup>3</sup>. MORSE et al. (1994), trabalhando com vacas holandesas em lactação, com 567 kg de peso vivo médio, ingerindo uma alimentação fixa de 20 kg de MS, por animal, por dia, e 16 kg de MS por 454 kg de peso vivo, encontraram uma relação média de F/U, nas dejeções de 1,6 com uma variação de 1,4 a 1,9. Alguns valores característicos dessa produção podem ser vistos na (Tabela 11).

**Tabela 11.** Produção diária de esterco (fezes + urina), por animais de raças leiteiras, com 87,3% de umidade, 933,00 kg/m<sup>3</sup> de densidade e conteúdo em nutrientes.

Peso do Animal (kg)	Produção Total de Esterco (m <sup>3</sup> /dia)	Conteúdo em Nutrientes (g/dia)		
		N	P2O5	K2O
68	0,005	27,22	10,4	21,85
113	0,009	45,36	20,78	38,25
227	0,019	90,72	37,42	76,49
454	0,037	185,97	75,87	147,52
635	0,052	258,55	106,02	207,63

**Fonte:** MWPS-18 (1985).

A produção e a característica dos dejetos de animais (Tabela 12), em função da carga poluidora, é variável de espécie para espécie (MWPS-7, 1974; GARCIA-VAQUERO, 1981; VAN HORN, 1992).

**Tabela 12.** Produção e características de estrume de vacas leiteiras.

<b>Vacas de leite</b>	<b>Características</b>
450	Peso vivo (kg)
45	Dejeções (sólidas + líquidas) (kg/dia)
9 - 11	Quantidade por peso vivo (%)
10 - 12	Matéria seca (%)
1350	DBO <sub>5</sub> (g/dia) <sup>(1)</sup>
17	DBO <sub>5</sub> (g/dia) <sup>(2)</sup>
17,6	Equivalente populacional <sup>(3)</sup>
20	DQO (g/l) <sup>(4)</sup>
65	Sólidos em suspensão no esterco líquido (g/l)

(1) DBO<sub>5</sub> - Demanda Bioquímica de Oxigênio, expressa em gramas de O<sub>2</sub> utilizado pelos microrganismos aeróbios, para decomposição de substâncias orgânicas em água, realizada em cinco dias à temperatura de 20o C.

(2) Dados obtidos dividindo-se a DBO<sub>5</sub> em g/l pela soma de dejeções totais + águas de limpeza + derrame dos bebedouros, etc.

(3) Dados obtidos fixando-se a DBO<sub>5</sub> do homem em 75 g/dia.

(4) DQO - Demanda Química de Oxigênio, expressa em g/l de permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>), necessária para oxidar a matéria orgânica contida no estrume.

**Fonte:** Modificado de Garcia-Vaquero (1981).

LOTT et al. (1994), analisando as características de sedimentação de fezes frescas de esterco de gado, alimentados em lotes, recomendam a adoção de uma velocidade máxima de sedimentação de 0,003 m/s nos projetos. Além disso, até 1,80 m de coluna, a sedimentação ocorre dentro de 10 minutos ou em velocidades superiores a 0,003 m/s.

Dados apresentado por alguns autores, sugerem que os principais parâmetros das cargas poluidoras de dejetos de vacas leiteiras (Tabela 13) são semelhantes. Giessmann (1981) encontrou uma DBO<sub>5</sub> (5 dias, 20°C) média, de 15.100 mg/l, nas dejeções totais de 100 vacas holandesas. A DBO<sub>5</sub> da urina, citadas em numerosas fontes, conforme Imhoff (1986) varia de 7.000 a 18.000 mg/l.

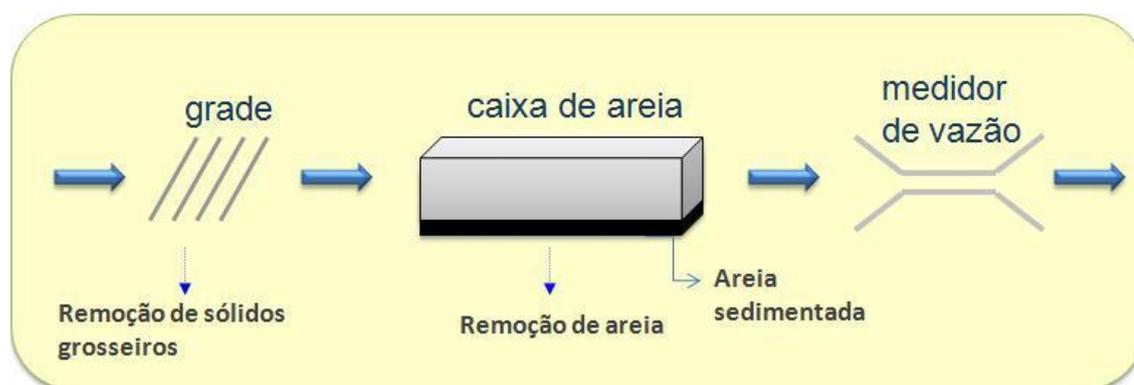
**Tabela 13.** Parâmetros da carga poluidora, das dejeções totais de vacas leiteiras por unidade animal (UA) por dia.

PARÂMETROS (mg/kg)	AUTORES		
	MWPS-7 (1974)	ASAE 384 (1983)	VAN HORN (1992)
DBO <sub>5</sub>	20.730	20.847	15.419
DQO	110.976	111.309	106.119
Sólidos Totais (ST)	126.829	126.344	115.766
Sólidos Voláteis (SV)	104.878	102.151	96.472

**Fonte:** Modificado de Garcia-Vaquero (1981).

### 3.5 Aproveitamento dos dejetos da bovinocultura leiteira

A primeira etapa do tratamento de efluentes, denominada preliminar, visa exclusivamente a remoção de sólidos grosseiros e areia (Figura 8), e é destinada a proteger as unidades de tratamento posteriores e também o corpo receptor, que possui mecanismos básicos de remoção de ordem física (RICARDO, 2016).



**Figura 8.** Tratamento Preliminar. **Fonte:** Ricardo (2016).

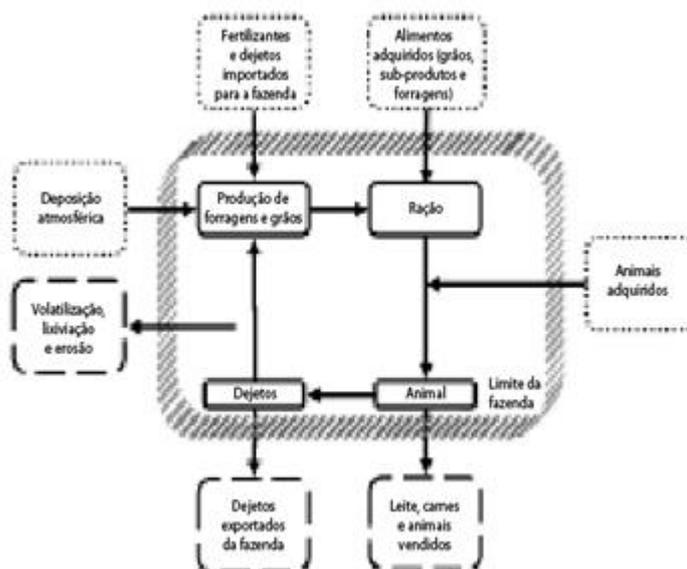
As etapas subsequentes possuem como principal objetivo a remoção da matéria orgânica presente no efluente, na qual é uma forma de acelerar os

mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente nos corpos receptores (VON SPERLING, 2005, citado por RICARDO, 2016).

Não muito evidente, mas ainda assim generalizado, é o problema da poluição não-pontual terrestre, aquática e aérea por excesso de nutrientes. Neste também o dogma prevalente é de que o setor agropecuário seja o principal vilão, embora dados concretos sobre sua importância relativa sejam escassos (MOREIRA, 2013).

As perdas não-pontuais acontecem de maneira difusa, principalmente após a distribuição dos dejetos nos campos ou pastos, mas podem ocorrer a partir da excreção pelos animais. Falhas no balanço nutricional em fazendas leiteiras acarretam no uso ineficiente dos recursos naturais e potenciais perdas econômicas e de nutrientes para o meio ambiente (MOREIRA, 2013).

A forma mais eficiente para melhorar a utilização de nutrientes em propriedades agropecuárias, engloba o correto balanceamento das dietas, aliada a otimização da reciclagem de nutrientes dentro da propriedade (Figura 9). As perdas para o meio ambiente ocorrem por volatilização (como no caso da amônia, do dióxido de carbono, e do metano), por enxurrada (erosão) e lixiviação (como no caso das perdas de fósforo e de nitratos) para cursos d'água e lençóis freáticos (MOREIRA, 2013).



**Figura 9.** Exemplo simplificado do ciclo de nutrientes em fazendas de produção de leite. Linhas pontilhadas (...) indicam fontes de nutrientes trazidos para dentro; linhas tracejadas (---) indicam saída de nutrientes, intencionais ou não; linhas contínuas (—) dentro do limite representam os principais componentes que mantêm o ciclo de nutrientes dentro da fazenda. **Fonte:** Moreira (2013).

Segundo Moreira (2013), o desbalanço pode levar a um excesso de nutrientes no solo, devido à aplicação de dejetos e fertilizantes em quantidades excedentes à capacidade de reciclagem, em tempo hábil, dos solos e das plantas. Isto pode acontecer em situações como, por exemplo:

- Aplicação exagerada, ainda que em momento correto: os dejetos são distribuídos em quantidade desbalanceada e/ou superior às necessidades plantas em fase de crescimento ativo, ou sem a devida incorporação ao solo.
- Aplicação adequada em momento incorreto: esse é o caso da distribuição de dejetos sem incorporação ao solo, em momento inapropriado para o uso dos nutrientes pelas plantas. Exemplos que se encaixam nesta situação

incluem a aplicação dos dejetos sem incorporação em áreas sem vegetação ou em início de crescimento, imediatamente antes de chuvas.

Ainda conforme Moreira (2013) alguns fatores podem influenciar no manejo dos dejetos, tais como:

### 3.5.1 *Consistência dos dejetos*

Os dejetos podem ser classificados em 4 categorias:

- a. Dejetos líquidos são aqueles cujo conteúdo de sólidos vai até 4%. Práticas de manejo que podem resultar na produção de dejetos líquidos incluem sistemas que utilizam flushing como método de remoção/limpeza dos estábulos, e sistemas de pastejo onde os dejetos coletados são apenas os efluentes provenientes da sala de ordenha. Dejetos contendo até 1% de sólidos podem ser tratados em lagoas anaeróbias. Por outro lado, dejetos contendo 2% de sólidos ou mais promovem o rápido açoreamento e diminuem a capacidade de tratamento nessas lagoas;
- b. Lodos são dejetos com consistência entre 4 e 10%. Essa é a consistência típica de sistemas de produção de leite nos quais a limpeza dos estábulos é feita por raspagem mais água, e o efluente da sala é adicionado ao sistema de armazenamento. Sistemas especiais de bombeamento são necessários para dejetos com esta consistência, sendo poucas as opções de tratamento. Sólidos ou líquidos devem ser adicionados para maior eficiência de tratamento;
- c. O conteúdo de sólidos em dejetos classificados como semi-sólidos vai de 10% a 20%. A excreta in natura (mistura de fezes e urina) de vacas leiteiras tem conteúdo de sólidos de aproximadamente 13%, portanto,

dejetos raspados do estábulo, sem adição de água, se encaixam nesta categoria. Este material é de manejo mais complexo, devido à dificuldade de bombeamento e de carregamento em pá carregadeira. Aqui também as opções de tratamento são poucas e de eficiência limitada, e sólidos ou líquidos devem ser adicionados aos dejetos para maior eficiência de tratamento;

- d. Dejetos misturados a materiais usados como cama para as vacas podem ter teor de sólidos acima dos 20%. Dejetos sólidos permitem a formação de montes, pela facilidade de manejo com pás carregadeiras e esteiras rolantes. Nesta consistência, é necessário controlar a perda de chorume quando o conteúdo de sólidos for abaixo dos 25%;

A técnica de coleta e seu processamento podem influenciar na consistência dos dejetos. A adição do efluente da sala de ordenha aos dejetos raspados do piso do estábulo, ou mesmo o uso de separadores de sólidos, pode alterar a classificação quanto à consistência, tornando o método necessário para o manejo adequado dos dejetos (Figura 10) (MOREIRA, 2013).



**Figura 10.** Forma de coleta dos dejetos nas instalações de vacas leiteiras.  
**Fonte:** Moreira (2013).

A separação em sólidos e líquidos possibilita a utilização de duas frações de mais fácil manejo, no entanto adiciona custo e complexidade ao sistema (MOREIRA, 2013).

### *3.5.2 Relação entre o volume de dejetos, a concentração de nutrientes e a área disponível para distribuição dos mesmos*

Caso a área disponível for insuficiente para reciclar com segurança os nutrientes dos dejetos, um sistema que maximize o tratamento/remoção desses nutrientes seria mais desejável do que um sistema que minimizasse as perdas e maximizasse a reciclagem. Situações que podem exigir a maximização do manejo incluem proximidade com áreas urbanas, solos que excedem as recomendações agronômicas e relações custo-benefício impossíveis (MOREIRA, 2013).

### *3.5.3 Proximidade de cursos d'água, de populações urbanas ou de áreas de risco/alta visibilidade*

A contaminação de cursos de água e as emissões de odores e partículas são as causas mais significativas de denúncias e ações judiciais. Se for inevitável a construção de um sistema de gestão de resíduos nas imediações destas áreas, deve ser dada prioridade à minimização dessas emissões, através da escolha do sistema mais adequado, tendo em vista a viabilidade econômica do local (MOREIRA, 2013).

#### 3.5.4 *Custo:benefício*

Os nutrientes da excreta são diluídos quando misturados com resíduos de cama e/ou água. Em outras palavras, os dejetos contêm menores concentrações de nutrientes devido à adição de mais água e/ou cama. Por exemplo, os dejetos coletados em um sistema de flushing, apresentam menos nutrientes por unidade de volume ou peso do que os dejetos coletados quando o sistema de raspagem é utilizado como método de remoção. No mesmo sentido, as águas residuais das salas de ordenha também contêm baixas concentrações de nutrientes. Na grande maioria dos sistemas de produção de pastagens, as águas residuais são a única fonte de dejetos coletados (MOREIRA, 2013).

Caso o produtor queira usar os dejetos do seu rebanho para melhorar a produção das culturas, a primeira coisa a se fazer é analisar o solo e os componentes dos dejetos. Desta maneira é possível estabelecer as necessidades do solo e determinar a quantidade de esterco a ser utilizada para cada cultura (ROYO, 2010).

Os dejetos podem ser aplicados de duas maneiras: separando a parte líquida da sólida (Figura 11) ou de forma homogênea, utilizando os dois ao mesmo tempo. O que determinará a forma de utilização será o tipo de cultura que será cultivada. Na maioria das fazendas que já empregam essa tecnologia, é usado somente 30% do potencial de nutrientes que os dejetos disponibilizam, desta maneira ainda é preciso fazer várias pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias que explorem melhor o potencial dos materiais. O benefício ambiental ocorre a longo prazo com a melhora significativa dos componentes do solo (ROYO, 2010).



**Figura 11.** Equipamento de separação da parte sólida da líquida de dejetos de vacas leiteiras em sistema intensivo de produção (confinamento). (Fonte: ROYO 2010).

Inicialmente, os primeiros benefícios momentâneos a serem identificados são na redução do consumo de fertilizantes químicos. Em uma fazenda com 50 animais, pode-se observar, por ano cerca de 40 toneladas só de nitrogênio disponível, é só fazer a conversão em relação à uréia (ROYO, 2010).

Outra alternativa para utilizar os dejetos bovinos e incrementar a renda é a fabricação de biogás. Para isso, é necessário apenas a parte líquida que sofre uma fermentação anaeróbica e gera bactérias. Estas bactérias irão produzir energia para gerar o biogás. Apesar de ser mais uma fonte de renda para os produtores, esse biogás pode ser utilizado para a energia das instalações da fazenda, no sistema de irrigação e bombeamento. Para tal fim, o produtor deve utilizar um motor que faça a queima dessa energia como um motor de carro a gás. A potência que esse motor irá demandar para gerar o biogás dependerá do volume de esterco disponível na fazenda e da quantidade de energia que o produtor deseja atender (ROYO, 2010).

Vale ressaltar, que independente de ser uma fazenda pequena, média ou grande, é necessário discutir a relação de quantidade de dejetos sendo produzida e a quantidade a ser utilizada em benefício para a geração de bioenergia. Desta maneira é possível ter uma base de quanto tempo será o retorno do investimento e os benefícios do sistema (ROYO, 2010).

### 3.5.5 Separação de sólidos

Segundo Van Horn et al. (1994) a limpeza dos galpões por meio do sistema de *flush* é um jeito bastante prático de remover os dejetos. No entanto este processo pode gerar grandes volumes de resíduos semi-sólidos para serem manejados. A separação de parte do conteúdo de sólidos de resíduos lavados por sistema *flush* é interessante pelos seguintes motivos:

- Remove partículas grandes e areia que poderiam entupir e danificar tubulações e equipamentos de irrigação;
- Reduz a carga orgânica em lagoas de tratamento;
- Separa sólidos fibrosos com algum conteúdo de nitrogênio e minerais que podem ser utilizados em camas de *free-stall*, alimentação de vacas secas (fora de produção), compostagem e fertilização.

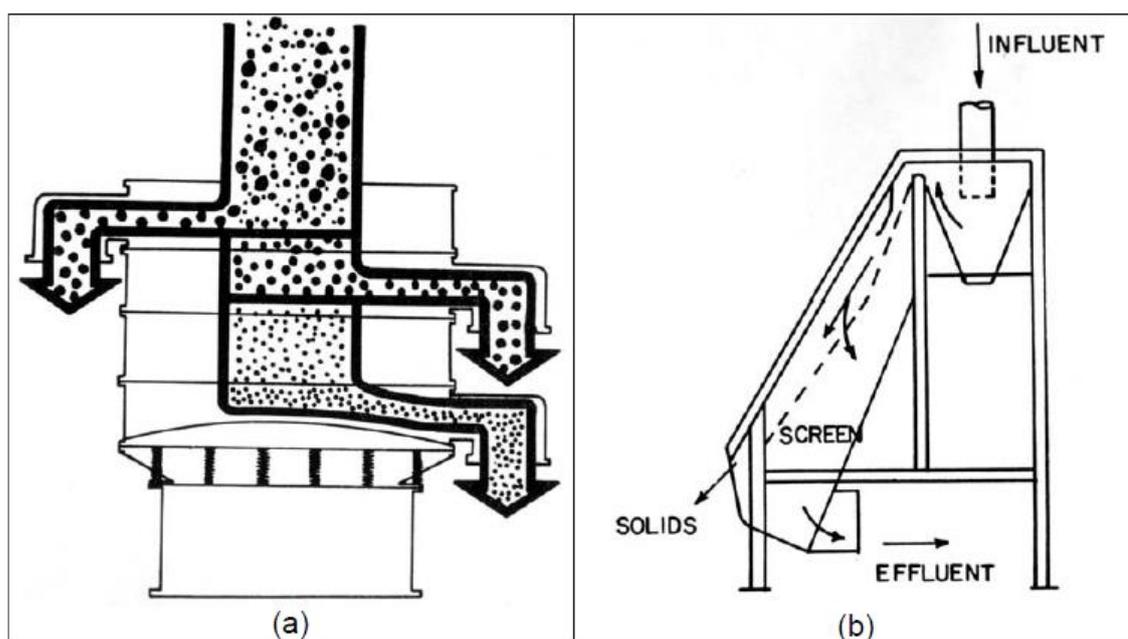
Ainda segundo Van Horn et al. (1994) os sistemas mais comuns de separação de sólidos são os separadores mecânicos e os decantadores. Desta maneira, Meyer et al (1997) evidenciou que cerca de 40% dos produtores do estado da Califórnia (EUA) utilizam lagoas de decantação e 14% utilizam separadores mecânicos como técnicas de separação dos sólidos.

Os dados de Meyer et al. (1997) constataram que a parte sólida é agrupada em montes por 94.6% dos produtores para então ser aplicada no campo (28%), vendido (16%), utilizado como cama para os animais (1.4%) ou uma combinação de técnicas (46%) entre as quais a compostagem está presente em 5.4% da técnicas.

### 3.5.6 Separadores Mecânicos

Moore (1989) afirma que as peneiras estáticas, o equipamento mais comum encontrado, usualmente removem de 20 a 30% da matéria orgânica presente nos resíduos líquidos. Pain et al (1978) verificou que as peneiras

vibratórias não foram efetivas para níveis de sólidos totais superiores a 8%. Powers (1993) avaliou um sistema de peneiras vibratórias em série, constatou que o total removido pelas peneiras foi de 39.7% de sólidos totais sendo que 24% foram removidos nas duas primeiras peneiras de 3.35 e 2.00mm. Seus testes indicam que as peneiras vibratórias removem muito menos N e P que Sólidos totais, mostrando que a maioria dos nutrientes com potencial fertilizante estão solúveis em meio líquido. Na (Figura 12) estão demonstrados o esquema de funcionamento de peneiras vibratórias (a) e estáticas (b).



**Figura 12.** Esquema de funcionamento de peneiras vibratórias (a) e estáticas (b) (OVERCASH et al, 1983).

### 3.5.7 Decantadores

Moore et al. (1975) avaliando a eficiência de sedimentação para diversas espécies de animais em confinamento constatou que 60% dos sólidos totais presentes nos resíduos líquidos podem ser removidos nos primeiros 10

minutos de sedimentação. Powers (1993) simulando condições de sedimentação (com 1.5% de sólidos totais) verificou que 65% dos sólidos sedimentaram em 1 hora, destes 65%, 89% sedimentaram em 5 minutos. Montoya (1992) utilizou procedimentos semelhantes, obteve 65% de sedimentação de sólidos, removendo 30% de N, 12% de P e 15% de K.

Lott et al. (1994) investigando as características de sedimentação de dejetos de vacas leiteiras na Austrália concluíram que de 35 a 75% dos sólidos sedimentam rapidamente e o remanescente sedimenta tão lentamente que não é prática sua remoção por sedimentação. Estes autores também notaram que as características de sedimentação variam conforme a alimentação dos animais e sugerem velocidade máxima de sedimentação de 0.003 m/s para as unidades de decantação.

Van Horn et al. (1994) conclui que se a redução de nutrientes do efluente for o objetivo, o uso da sedimentação apresenta um maior potencial de recuperação de sólidos totais e nutrientes em resíduos líquidos do que o uso de peneiramento.

Outra técnica de separação de sólidos utilizada nos EUA chama-se lagoa de evaporação. Segundo Meyer et al. (1997) normalmente os produtores possuem um par de lagoas, enquanto uma lagoa é carregada a outra permanece evaporando. O material resultante após a evaporação é então manejado na forma sólida.

### *3.5.8 Lagoas de Estabilização*

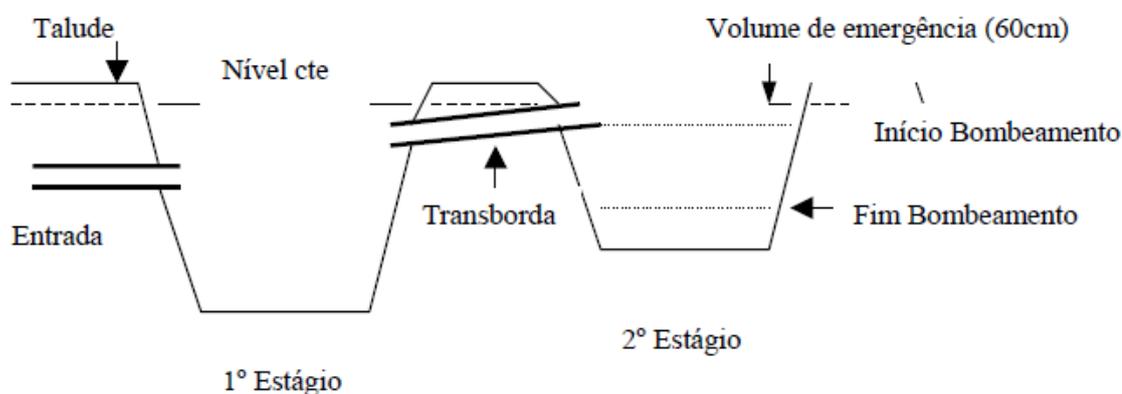
Segundo a EPA (2000) as lagoas de estabilização são o método mais comum de tratamento e armazenamento dos resíduos animais. Os sistemas de lagoas de estabilização podem ser considerados a forma mais simples para o tratamento dos esgotos (VON SPERLING, 1996). Esse sistema já vem sendo utilizado a muitos anos em outros países como nos EUA, e se mostram efetivos no tratamento dos esgotos (HUMENIK et al., 1981)

Meyer (1997), avaliando as lagoas de armazenamento de dejetos, constatou que em 95.9% das fazendas leiteiras do estado da Califórnia - EUA possuem pelo menos uma lagoa para armazenamento. E que essas lagoas apresentam vantagens consideráveis quando comparadas aos outros métodos de tratamento como:

- Baixo custo relativo de construção;
- Baixo custo de operação e manutenção;
- Eficiência na remoção de matéria orgânica e patogênicos;
- Não requerem equipamentos (exceção de aeradores);
- Requerem grandes áreas, que normalmente se têm disponível na propriedade.

Conforme Von Sperling (1996) existem diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização, que possuem diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área. Silva (1977) classifica as lagoas de estabilização em função da atividade biológica predominante: Anaeróbias; Aeróbias; Facultativa e Aeradas Mecanicamente. Já White (1977) afirma que as lagoas ainda podem ser classificadas em lagoas de armazenamento (sem saída) e lagoas com saída constante. Oliveira et al. (1995) aponta que as lagoas aeróbias são inviáveis economicamente, pelo fato de necessitarem de grandes áreas.

A EPA (2000) divide as lagoas utilizadas para tratamento dos dejetos em lagoas de um estágio e de dois estágios (Figura 13). Recomenda-se que as lagoas de dois estágios especialmente quando a água tratada será utilizada para irrigação ou recirculação no *flush*, com a primeira célula funda e anaeróbia e a segunda mais rasa e com características facultativas.



**Figura 13.** Lagoas em 2 estágios. **Fonte:** Adaptado do site internet da (EPA, 2000).

A EPA (2000) também sugere conforme a (Tabela 14) alguns valores mínimos de volumes para lagoas de forma a obter-se o tratamento adequado dos dejetos e para o armazenamento por um período de tempo determinado.

**Tabela 14.** Volumes mínimos recomendados para tratamento dos dejetos (Unidades em litros por kg de peso vivo).

Animal	Irrigação uma vez ao ano			Irrigação duas vezes ao ano		
	1 estágio	2 estágios		1 estágio	2 estágio	
		1º	2º		1º	2º
Suíno	84,2	78	21,8	84,2	78	21,8
Gado de Corte	93,6	78	31,2	93,6	78	21,8
Gado Leiteiro	109,2	93,6	31,2	109,2	93,6	31,2

**Fonte:** Adaptado do site internet da (EPA, 2000).

Estes números são indicativos gerais, o ideal para o dimensionamento correto de lagoas de estabilização é considerar entre outras coisas a carga orgânica presente e os volumes envolvidos (EPA, 2000).

### 3.5.9 Lagoas Anaeróbias

Nas lagoas anaeróbias a estabilização da matéria orgânica ocorre sem a presença de oxigênio dissolvido (HESS 1975, WHITE 1977, OLIVEIRA 1995, VON SPERLING 1996).

De modo geral, segundo White (1977), o intuito de uma lagoa anaeróbia não é o de purificação da água, mas sim, de estabilização da matéria orgânica. Elas são utilizadas e apresentam grandes vantagens como pré-tratamento para águas residuárias com grande concentração e alto teor de sólidos.

Overcash (1983b) salienta que as lagoas anaeróbias são úteis tanto na redução da carga orgânica presente nos dejetos, quanto como uma forma de integrar a geração constante dos dejetos com os intervalos ótimos para aplicação no campo.

Safley; Westman (1991a) afirmam que as lagoas anaeróbias são como um tipo de reator, que são projetados para cargas orgânicas relativamente baixas, quando comparada com os reatores anaeróbios convencionais. Os autores ainda comentam que cargas orgânicas de 0.07-0.075 kg de sólidos voláteis (SV) por m<sup>3</sup> recomendadas pela ASAE 403.1 (1985), são valores podem que aumentar com a elevação da temperatura.

Allen; Lowery (1976) sugerem que o volume de um projeto de lagoa piloto deve considerar cerca de 0.10 m<sup>3</sup>/kg de peso vivo das vacas. Oldham; Nemeth (1973) citados por SAFLEY ; WESTMAN (1991a) apontam que lagoas anaeróbias com tempos de retenção de 60 dias e temperatura ambiente superior a 15oC deverão apresentar boa performance.

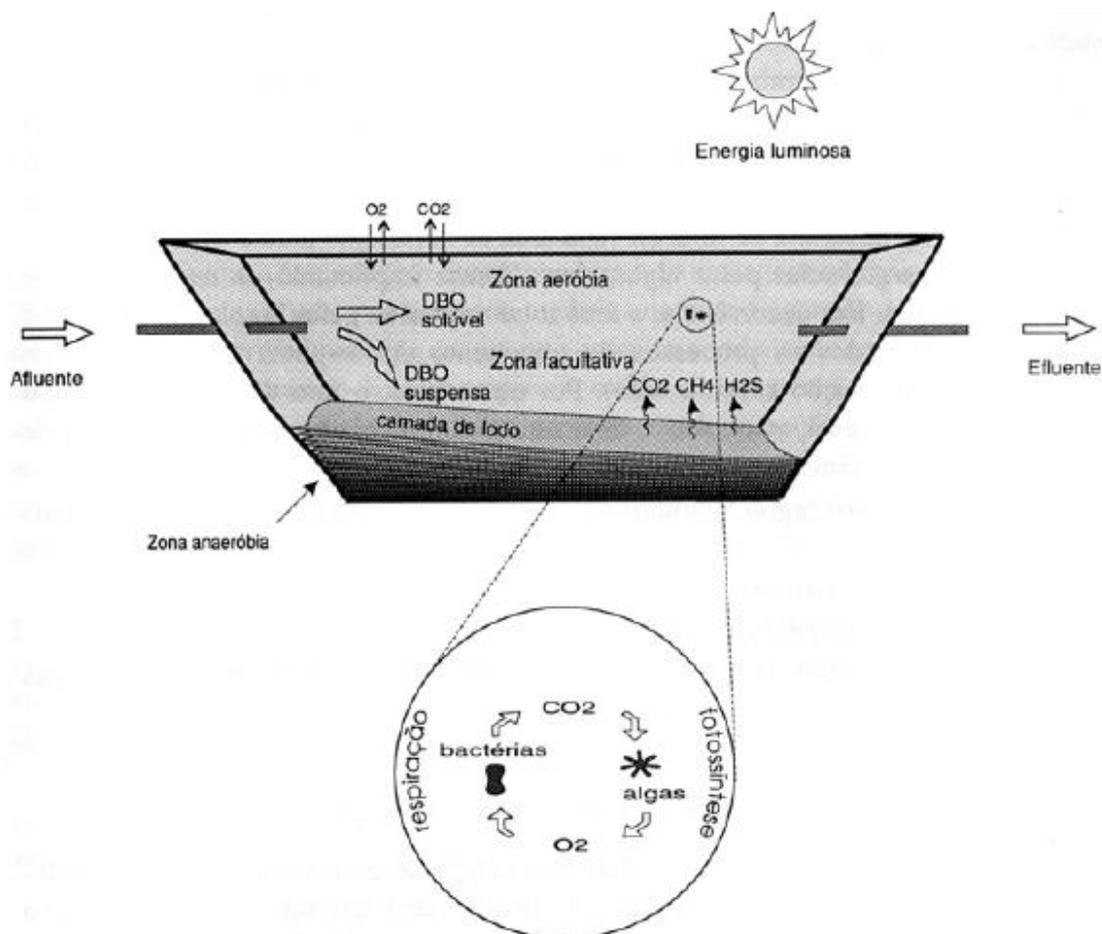
### 3.5.10 Lagoas Facultativas

O termo facultativo é referente à mistura de condições aeróbias e anaeróbias. Segundo Merkel (1981) ocorrem três zonas no interior dessas lagoas denominadas: zonas aeróbias, zonas facultativas e zonas anaeróbias. Condições aeróbias são mantidas nas camadas superiores próximas a

superfície das águas, já as condições anaeróbias predominam em camadas próximas ao fundo da lagoa.

Conforme Branco (1975) seu funcionamento é baseado em dois princípios biológicos fundamentais: respiração e fotossíntese. O primeiro é constituído pelo processo no qual os organismos liberam dos alimentos ingeridos ou acumulados, a energia necessária a suas atividades vitais. Já fotossíntese é o processo pelo qual determinados organismos conseguem sintetizar matéria orgânica utilizando como fonte de energia a luz solar.

No interior das águas de uma lagoa, se estabelece um ciclo vicioso, no qual as algas sintetizam matéria orgânica (seres autótrofos) liberando o oxigênio no meio ambiente, enquanto as bactérias se alimentam da matéria orgânica dos dejetos, incorporando esse oxigênio para seu processo respiratório, liberando como subproduto gás carbônico para seu processo respiratório, liberando como subproduto gás carbônico que é necessário à fotossíntese. A (Figura 14) ilustra este processo.



**Figura 14.** Esquema simplificado de uma lagoa facultativa. **Fonte:** (VON SPERLING, 1996).

Na prática, para o uso rural devem ser utilizada após um prévio em uma lagoa anaeróbia, para não implicar em grandes áreas superficiais. Von Sperling (1996) sugere uma taxa de aplicação máxima de 350 kg DBO<sub>5</sub>/ha.d em regiões com inverno quente e elevada insolação, já em regiões frias esta taxa pode chegar a 49 kg DBO<sub>5</sub>/ha.d (MERKEL, 1981).

### 3.5.11 Compostagem

A compostagem é um processo controlado e acelerado de decomposição bioquímica de materiais orgânicos. Este processo pode ser uma alternativa para a correta destinação de resíduos agropecuários e agroindustriais, pois favorece a reciclagem e proporciona a estabilização e

introdução no ciclo produtivo de resíduos orgânicos (KIEHL,1985). Como resultado final do processo de compostagem, é gerado um composto que possui características estáveis e com potencial para ser utilizado como fertilizante, agregando assim, valor ao sistema produtivo.

Segundo Mustin (1987) citado por Barrington et al. (1994) a compostagem melhora a qualidade da matéria orgânica aplicada do solo, tornando mais estável e com maior capacidade de troca catiônica.

Segundo Barrington et al. (1994) existem vários sistemas mecânicos para realizar a compostagem dos dejetos. Pos (1982) citado por Barrington et al. (1994) desenvolveu uma técnica utilizando diversos silos trincheira construídos lado a lado. Neste modelo os dejetos são transferidos de um para outro até o quinto silo, quando então o material estaria compostado. Nessa transferência de um silo para outro o material acaba sendo misturado e oxigenado.

Já Mathur et al. (1990) também citado por Barrington et al. (1994) analisou elementos que mantêm o tamanho do monte compostado (evitando a compactação) e com aeração forçada, ambos sem movimentação do material. Barrington et al. (1994) conclui que estes sistemas produzem compostos de boa qualidade, mas necessitam de muita mão de obra e de um grande capital de investimento.

Van Horn et al. (1994) salienta que a compostagem aeróbia é um processo relativamente caro e requer trabalho intensivo. O autor ainda aponta que o estado físico dos dejetos também não favorecem a compostagem, o dejetos fresco é muito úmido e os sólidos peneirados possuem baixo conteúdo de N e outros nutrientes. Os autores complementam que as fazendas só deveriam considerar este processo quando um produto comercial fosse criado.

Outra técnica utilizada para acelerar o processo de compostagem a vermicompostagem, pois de maneira geral o estrume bovino é também considerado excelente fonte de alimento para diversas espécies de minhocas. Para este tipo de compostagem, o estrume não deve estar totalmente

estabilizado (composto imaturo) para que as minhocas possam extrair os nutrientes necessários a sua sobrevivência (AQUINO et al., 1994).

### 3.5.12 Esterqueiras

Uma alternativa natural e com baixo custo para adubar a pastagem, pomares e lavouras é a construção de esterqueiras. As esterqueiras permitem a fermentação do esterco, reduzindo o seu poder poluidor e possibilitando seu aproveitamento como fertilizante. Essa é uma ótima alternativa para os pequenos produtores, pois uma vez que os dejetos dos animais não podem ser lançados de qualquer forma no meio ambiente (ANTONINI, 2020).

Segundo Antonini (2020) a esterqueira é um tanque escavado e impermeável usado para a fermentação dos dejetos. Essa impermeabilização deve, preferencialmente, ser feita com uma geomembrana, que é uma manta com espessura e material adequados para impedir que os dejetos depositados na esterqueira infiltrem e contaminem o solo. Mas, caso o produtor tenha disponibilidade de material, ela também pode ser feita de alvenaria para reduzir o custo. O importante é que seja bem impermeabilizada (Figura 15 A e B).



**Figura 15.** Estrutura de uma esterqueira. Fonte: A = (ANTONINI, 2020); B = (VARELLA, 2020).

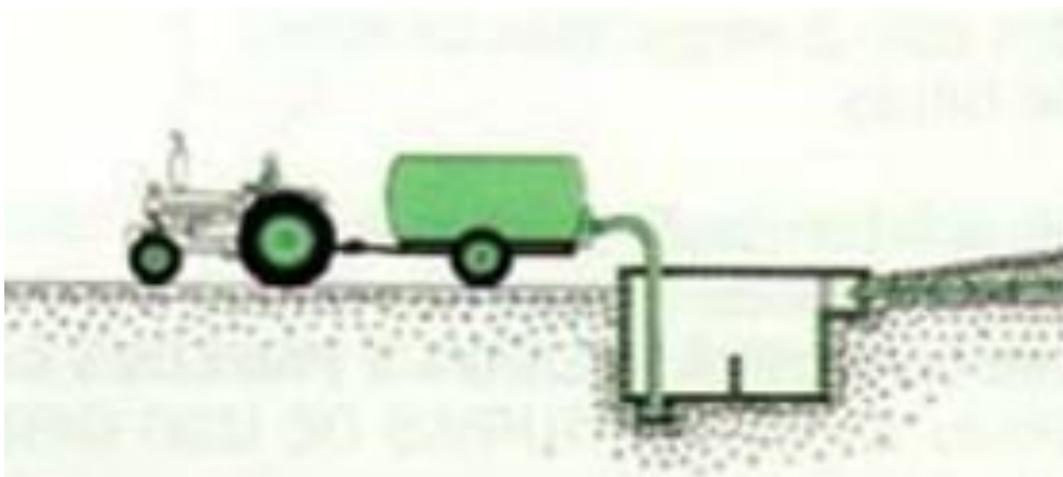
Com a fermentação na esterqueira, o poder poluidor dos dejetos é reduzido, possibilitando o seu aproveitamento como fertilizante em lavouras e pastagens. Para que o processo ocorra de forma adequada, a esterqueira deve ter 2,5 metros de profundidade, formato de trapézio, com a base inferior menor que a base superior. A capacidade de cada estrutura será determinada pela quantidade de dejetos que são produzidos na propriedade. Vai depender do número de animais, quantas ordenhas são feitas por dia, se o rebanho passa mais tempo no pasto ou no curral (ANTONINI, 2020).

A cada dia que as instalações (sala de ordenha, curral, estábulo) são lavadas (Figura 16), os dejetos líquidos devem ser depositados na esterqueira, onde ficam por 60 dias fermentando, graças às reações bioquímicas que ocorrem no material. Este é um tempo de segurança para que os dejetos não causem dano ambiental ao solo possam ser absorvidos pelas plantas, sem chegar aos cursos d'água. Depois desse tempo de espera, pode se tirar aos poucos o material que, a esta altura, já se transformou em biofertilizante (ANTONINI, 2020).

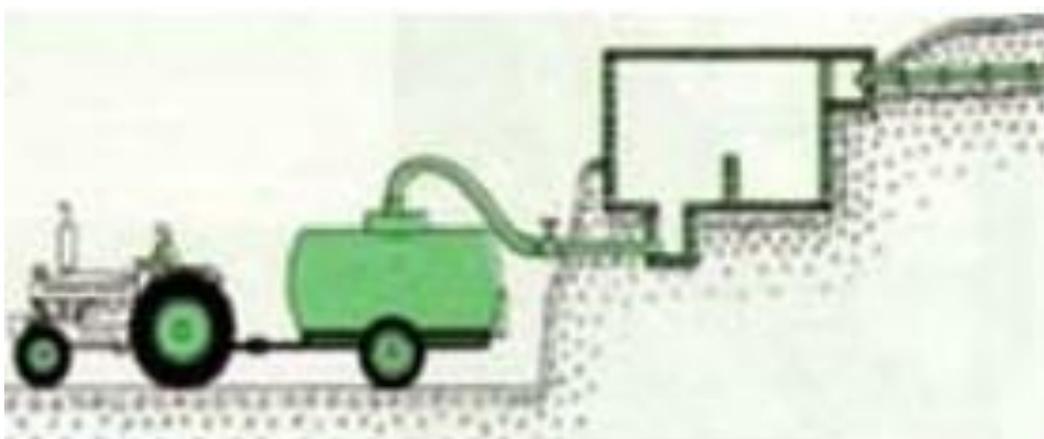


**Figura 16.** Dejeito produzido na lavagem da sala de ordenha. **Fonte:** (SENAR, 2017).

Segundo Ibelli (2020) a esterqueira deve ficar a 50m do estábulo e 200m das residências para prevenir o mau cheiro e proliferação de moscas. Na esterqueira ocorre a fermentação do material entre 60 e 90 dias, dependendo da temperatura média da região. Esse processo favorece a morte de larvas de vermes e produz um adubo de qualidade, seguro e de fácil aproveitamento. A esterqueira pode ser construída de alvenaria ou madeira, tradicionalmente dividida em três modelos: subterrânea (Figura 17); encosta (Figura 18) e celas (Figura 19).



**Figura 17.** Esterqueira tipo subterrânea. **Fonte:** (IBELLI, 2020).



**Figura 18.** Esterqueira tipo encosta. **Fonte:** (IBELLI, 2020).



**Figura 19.** Esterqueira tipo celas. **Fonte:** (IBELLI, 2020).

### *3.5.13 Chorumeira*

Para retirar o biofertilizantes da esterqueira e fazer a fertirrigação de pastos e plantações, recomenda-se o uso de uma chorumeira. É um equipamento acoplado a um trator que retira o material do tanque e lança nas pastagens (Figura 20). O produtor não precisa comprar uma chorumeira. Ele pode alugar o equipamento porque fica mais em conta (VARELLA, 2020).



**Figura 20.** Aplicação do biofertilizante. **Fonte:** (VARELA, 2020)

### **3.6 Aspectos econômicos relacionados com os dejetos de vacas leiteiras**

Silva (2019) calculou o balanço e a eficiência do uso de nutrientes de um sistema de produção de leite, com objetivo de avaliar quanto valem os dejetos das vacas leiteiras, ou seja, valorar economicamente os nutrientes que permanecem no sistema na forma de dejetos.

O balanço de nutrientes foi calculado com base em um sistema de produção em que tinha um manejo na estação chuvosa, animais a pasto, e de seca, animais em confinamento. A estação de seca foi o período escolhido para realização do balanço pelos animais estarem em confinamento e haver a necessidade de manejo dos dejetos. Na estação chuvosa os animais permaneciam a pasto, sendo a distribuição dos dejetos feita naturalmente (SILVA, 2019). Os dados do sistema são apresentados na (Tabela 15).

**Tabela 15.** Dados da produção de leite

<b>Dados</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
Período do balanço ou período de confinamento	dia	183
Produção média de leite	kg/vaca/dia	13
Vaca em lactação	nº	59
Peso corporal médio	kg	550
Consumo de matéria seca	kg/dia/animal	14

**Fonte:** Silva (2019).

Para o cálculo balanço de nutrientes considerou-se somente as vacas em lactação e sem a aquisição e venda de animais. Os nutrientes analisados foram nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), sendo as entradas os ingredientes da dieta e a saída o produto leite. Os cálculos foram feitos com base na matéria seca. O balanço foi calculado pela diferença entre a quantidade de N, P e K que entrou por meio dos alimentos e a saída por meio da produção de leite (SILVA, 2019).

A (Tabela 16) apresenta as entradas, a saída e o balanço de nutrientes do sistema de produção de leite. O balanço foi positivo para os três nutrientes, as entradas foram maiores que as saídas. A entrada de N foi de 2.610,69 kg, a de P de 512,59 kg e a de K de 1.458,52 kg, sendo que 45% 40% e 71% desses valores foram constituídos pela silagem de milho, respectivamente. Considerou-se que a diferença entre entradas e a saída ficou no sistema na forma de dejetos que devem ser manejados a fim de reduzir o potencial poluidor do sistema de produção. Sabe-se que parte desta diferença é utilizada na formação dos ossos, tecidos e outros processos fisiológicos dos animais. A eficiência de uso do N foi de 27%, do P 22% e do K 13% SILVA (2019).

**Tabela 16.** Quantificação das entradas e saída e balanço de nutrientes do sistema de produção de leite no período de confinamento

Item	kg por período			kg por vaca		
	N	P	K	N	P	K
<b>Entreda (insumos)</b>						
Silagem de milho	1.248,44 (48%)	204,49 (40%)	1033,20 (71%)	21,1 6	3,4 7	17,5 1
Milho moído	466,94 (18%)	70,71 (16%)	119,45 (8%)	7,91	1,3 7	2,02
Farelo de soja	895,31 (34%)	65,44 (13%)	241,09 (17%)	15,1 7	1,1 1	4,09
Mistura mineral	-	161,96 (32%)	64,78 (4%)	-	2,7 5	1,1
Total entrada	2.610,69 (100%)	512,59 (100%)	1458,52 (100%)	44,2 5	8,6 9	24,7 2
<b>Saída (produto)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Leite	704,01	115,1	186,68	11,9 3	1,9 5	3,16
Balanço (entrada - saída)	1906,68	397,49	1271,84	32,3 2	6,7 4	21,5 6

**Fonte:** Silva (2019).

O valor econômico dos dejetos foi calculado com base no preço médio de mercado dos fertilizantes equivalentes, como ureia (45% N), superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O). A quantificação dos nutrientes no dejetos e sua respectiva valoração econômica são apresentados na Tabela 3. No período estudado, estimou-se que o valor do dejetos total, o valor do dejetos por vaca e o valor do dejetos por kg de leite foi de R\$ 18.771,24, R\$ 318,16 e de R\$ 0,13, respectivamente (SILVA, 2019).

Com base na (Tabela 17), o valor do dejetos por vaca e por litro de leite foram de R\$18.771,24 e R\$0,13, respectivamente. Esses valores demonstram a importância econômica da utilização dos dejetos como fonte de nutrientes para as culturas vegetais na propriedade leiteira (SILVA, 2019).

**Tabela 17.** Quantificação do nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e a valoração do dejetos no período de confinamento (183) dias).

<b>Item</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Dejeto (kg)	1.906,68	397,49	1.271,84
Perdas por volatilização <sup>1</sup> (kg)	533,87	-	-
Quantidade aproveitável (kg)	1.372,81	397,49	1.271,84
Preço médio de mercado do fertilizante equivalente <sup>2</sup> (R\$/kg)	1,9	1,4	1,9
Valor estimado do dejetos no período <sup>3</sup> (R\$)	5.796,31	3.751,98	9.222,96

<sup>1</sup>Considerou-se perda de N de 28%, de acordo com Xiccato et al. (2005).

<sup>2</sup>Adubo comercial utilizado para as estimativas: ureia (45% N); superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O); preços sugeridos e levantados juntos ao Instituto de Economia Agrícola de São Paulo para o ano de 2017 (IEA-SP, 2018).

<sup>3</sup>Valor total do dejetos produzido= R\$ 18.771,24.

**Fonte:** Silva (2019).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Existem diferentes sistemas de criação de bovinos leiteiros, merecendo destaque os sistemas extensivo, semi-extensivo e intensivo. Cada um destes sistemas produtivos interagem de maneira peculiar com o meio ambiente e seus recursos naturais, exercendo influências distintas que irão determinar o nível de impacto causado.

Quanto maior o empreendimento leiteiro, mais problemático se torna o manejo dos dejetos, por isto deve ser realizado um planejamento criterioso dos empreendimentos porvir para se evitar os problemas ambientais que já vem ocorrendo em outros países.

O tratamento dos dejetos contribui para a redução de poluentes, oferecendo possibilidades para reciclar os nutrientes da alimentação animal e colabora com a preservação e melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, mantendo um sistema produtivo e sustentável.

A preservação ambiental, preocupação básica de qualquer sistema de produção, deve estar presente em qualquer atividade, em especial no manejo dos dejetos de animais. Prioritariamente os dejetos devem ser usados como adubo orgânico, respeitando sempre as limitações impostas pelo solo, água e planta. Quando isso não for possível, há necessidade de tratar os dejetos adequadamente, de maneira que não ofereçam riscos de poluição quando retornarem à natureza.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUELWAFI, R.; AMIR, S.; SOUABI, S.; WINTERTON, P.; NDIRA, V.; REVEL, J.; HAFIDI, M. The fulvic acid fraction as it changes in the mature phase of vegetable oil-mill sludge and domestic waste composting. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 6112–6118, 2008.

AQUINO, A. M. et al Reprodução de minhocas (Oligochaeta) em esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.2, p.161-8 (1994).

AWASTHI, M. K.; PANDEY, A. K.; KHAN, J.; BUNDELA, P. S.; WONG, J. W. C.; SELVAM, A. Evaluation of thermophilic fungal consortium for organic municipal solid waste composting. **Bioresource Technology**, v. 168, p. 214–221, 2014.

BARRINGTON, S.F. et al In-storage composting of solid dairy manures. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 36, n. 4, 1994.

BECKER, R. V. B.; BITTENCOURT, G. A.; NAMIUCHI, M. G.; PAZ, M. F.; CORRÊA, E. K. Estudo de caso: diagnóstico ambiental e proposta de medidas mitigadoras em um empreendimento de bovinocultura de leite no Rio Grande do Sul. VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, 2012.

Bodman citado por Peixoto (1986)

BRANCO, S.M. **Poluição: a morte de nossos rios**. 2o Ed. São Paulo: ASCETESB, 1983.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

BRITO, M. Compostagem para a Agricultura Biológica. *In: Manual de Agricultura Biológica – Terras de Bouro*. MOURÃO, I.; ARAÚJO, J. P.; BRITO, M. (Org.) Município de Terras de Bouro. Cap. III, p. 119- 137, 2006.

CALDERAN, T. B. **Consórcio público intermunicipal de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos: um estudo de caso**. 224f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2013.

CAMPOS, A. T.; FERREIRA, W. A.; PACCOLA, A. A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ULBANERE, R. C.; CARDOSO, R. M.; CAMPOS, A. T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 426-438, 2002.

CAMPOS, A. T. **Análise da viabilidade da reciclagem de dejetos de bovinos com tratamento biológico, em sistema intensivo de produção de leite**. 161f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1997

CAMPOS, A. T. **Importância da Água para Bovinos de Leite**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2001. Disponível em: <[http://www.cnpqgl.embrapa.br/totem/conteudo/Alimentacao\\_e\\_manejo\\_animal/Pasta\\_do\\_Produtor/31\\_Importancia\\_da\\_agua\\_para\\_bovinos\\_de\\_leite.pdf](http://www.cnpqgl.embrapa.br/totem/conteudo/Alimentacao_e_manejo_animal/Pasta_do_Produtor/31_Importancia_da_agua_para_bovinos_de_leite.pdf)>.

CAMPOS, A. T. 2021. **Manejo de dejetos**. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado\\_de\\_leite/producao/sistemas-de-producao/instalacoes/manejo-dos-dejetos](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/producao/sistemas-de-producao/instalacoes/manejo-dos-dejetos). Acesso em: 20 de jan. 2023.

CAPOZOLI, U. **Poluição ameaça água subterrânea em SP**. Jornal “O Estado de São Paulo”, 5 de abril de 1998.

COLÓN, J.; MARTÍNEZ-BLANCOC, J.; GABARRELLA, X.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A; RIERADEVALLA, J.; FONT, X. Environmental assessment of home composting. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, p. 893–904, 2010

CONE, M. **Farms try to clean up their act**. Jornal “Los Angeles Times”, 28 de abril de 1998.

CORRÊA, E. K. **Estudo dos processos de compostagem no sistema de produção de suínos sobre cama**. 108f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Agroindustrial) – Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

CUNHA-QUEDA, A. C. F.; VALLINI, G.; SOUSA, R. F. X. B.; DUARTE, E. C. N. F. A. Estudo da evolução de actividades enzimáticas durante a compostagem de resíduos provenientes de mercados horto-frutícolas. **Anais do Instituto Superior de Agronomia**, v. 49, p. 193-207, 2003.

DASSIE, C. **Qualidade do leite**. Revista “Balde Branco”, p. 19-23, 1999a.

DASSIE, C. Tirando proveito do esterco em confinamentos. **Revista Balde Branco**, p. 3441, 1999b.

DEMAJOROVIC, J.; BESEN, G. R.; RATHSAM, A. A. **Os desafios da gestão compartilhada de resíduos sólidos face à lógica do mercado**. II Encontro da ANPPAS – Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Indaiatuba, 2004.

ENNIX Inc. PRODUCT GUIDE. Manual da empresa.- EUA, 1996.

EPA – Environmental Protection Agency. Website oficial: [www.epa.gov](http://www.epa.gov). 2000.

EPSTEIN, E., *The Science of composting*. Lancaster: Technomic Publishing, 493 p., 1997.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; PEREIRA, O. G.; MATOS, A. T. de. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 14, n.5, p. 458-466, 2010

FELS, L. E.; ZAMAMA, M.; ASLI, A. E.; HAFIDI, M. Assessment of biotransformation of organic matter during co-composting of sewage sludge-lignocelulosic waste by chemical, FTIR analyses, and phytotoxicity tests. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 87, p. 128-137, 2014.

FRANCO, A.; SCHUHMACHER, M.; ROCA, E.; DOMINGO, J. L. Application of cattle manure as fertilizer in pastureland: Estimating the incremental risk due to metal accumulation employing a multicompartiment model. **Environment International**, v. 32, p. 724–732, 2006.

GE, J.; HUANG, G.; HUANG, J.; ZENG, J.; HAN, L. Modeling of oxygen uptake rate evolution in pig manure-wheat straw aerobic composting process. **Chemical Engineering Journal**, v. 276, p. 29–36, 2015.

GIESSMANN, 1981; MWPS-18, 1985

GJORGJEVA, E. P.; PEROVSKIB, V.; MIRASCIEVAC, S.; KIROVAD, S. Solving the problem of waste. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 15, p. 1475–1478, 2011.

GUIDONI, L. L. C.; BITTENCOURT, G. A.; MARQUES, R. V.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. **Tecno-lógica**, v. 17, n. 1, p. 44-51, 2013.

HESS, M.L. **Lagoas anaeróbias in Lagoas de estabilização**. 2a Ed. CETESB, São Paulo 1975 p.67-75.

IBELLI, G. 2020. **Manejo de dejetos em confinamento**. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/agro-sustentavel/53386/manejo-de-dejetos-em-confinamentos.htm#:~:text=O%20tratamento%20dos%20dejetos%20contribui,um%20sistema%20produtivo%20e%20sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 20 de jan. 2023.

JURADO, M. M.; SUÁREZ-ESTRELLA, F.; VARGAS-GARCÍA, M. C.; LÓPEZ, M. J.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, J. A.; MORENO, J. Increasing native microbiota in lignocellulosic waste composting: Effects on process efficiency and final product maturity. **Process Biochemistry**, v. 49, p. 1958-1969, 2014.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem - maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Editora Degaspari; 1998.

KIEHL, E. J. Produção de composto e vermicomposto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 212, p. 40-52, 2001.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 492 p., 1985.

KULIKOWSKA, D.; GUSIATIN, Z. M. Sewage sludge composting in a two-stage system: Carbon and nitrogen transformations and potential ecological risk assessment. **Waste Management**, v. 38, p. 312–320, 2015.

LARANJA, L.F. Mastite em novilhas: prevalência, riscos e controle. **Revista Glória Rural** no 15, outubro de 1998a, p.26-30.

LÓPEZ-GONZÁLEZ, J. A.; VARGAS-GARCÍA, M. C.; LÓPEZ, M. J.; SUÁREZESTRELLA, F.; JURADO, M; MORENO, J. Enzymatic characterization

of microbial isolates from lignocellulose waste composting: Chronological evolution. **Journal of Environmental Management**, v. 145, p. 137-146, 2014.

LOTT, S.C. et al Settling characteristics of feedlot cattle feces and manure, **Transactions of the ASAE**. v. 37, n. 1, p. 281-285, 1994.

MACHADO, I.D. **Brasil tem nova legislação**. Jornal "O Estado de São Paulo", 23 de Março de 1998.

MANSO, K. R. J. **Confinamento de bovinos: estudo do gerenciamento dos resíduos**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007. Mathur et al. (1990)

MATOS, A. T. Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental / UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005.

MCCARTHY, G.; LAWLOR, P. G.; COFFEY, L.; NOLAN, T.; GUTIERREZ, M; GARDINER, G. E. An assessment of pathogen removal during composting of the separated solid fraction of pig manure. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 90599067, 2011

MERKEL, A. J. **Managing livestock wastes**. Westport: Avi Publishing, 1981.

MEYER, M. et al A survey of dairy manure management practices in California. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1841-1845, 1997.

MOORE, J.A. et al Settling solids in animal wastes slurries. **Transactions of the ASAE**, v. 18, p. 694, 1975.

MOREIRA, V. R. 2013. **Manejo de dejetos em fazendas leiteiras - Parte I**. Disponível em: <https://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/manejo-de-dejetos-em-fazendas-leiteiras---parte-i>. Acesso em 21 de jan. 2023.

NAKAMURA, S. 2018. **Esterco de Gado - Nutrientes e Benefícios**. Disponível em: <https://hortaverticalemcasa.blogspot.com/2018/09/esterco-de-gado-nutrientes-e-beneficios.html>. Acesso em 20 de jan. 2023.

OVERCASH, M. R. **Livestock waste management** – Volume I. Florida: CRC Press Inc., 1983.

PÁDUA, J. A. O nascimento da política verde no Brasil: fatores exógenos e endógenos. In: LEIS, H.R. (Org.) **Ecologia e Política Mundial**. Petrópolis/Rio de Janeiro: Vozes/FASE/PUC-Rio, 135-161 p., 1991.

PAIN, B.F. et al Factors affecting the performances of four slurry separating machines. **Journal of Agriculture Engineer**, v. 23, p. 231, 1978.

PEIXOTO, A. M. **Bovinocultura Leiteira: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1986.

PHILIPPI JÚNIOR, A. **Sistema de resíduos sólidos: coleta e transporte no meio urbano**. 186f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

PHILIPPI JÚNIOR, A. **Lixo e saneamento: 500 anos na região mais desenvolvida do país**. In: Seminário lixo e cidadania: região da grande ABC, São Paulo: Consórcio Intermunicipal da região do grande ABC, p. 22-27, 2001.

POHLMANN, M. **Levantamento de Técnicas de Manejo de Resíduos da Bovinocultura Leiteira no Estado de São Paulo**. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **O desafio ambiental**. Rio de Janeiro: Record, 2004

POWERS, W.J. Effects of hydraulic retention time on performance and effluent odor of conventional and fixed-film anaerobic digesters fed dairy manure waste waters. **Transactions of the ASAE**. v. 40, n. 5, p. 1449-1455, 1997.

RIBEIRO, W.C. **Água: pensando no futuro**. Jornal do CREA São Paulo, junho/julho de 98.

RICARDO, T. N. A. **Plano de manejo de resíduos de bovinocultura leiteira de uma propriedade rural no município de Santa Bárbara do Monte Verde, MG**. Trabalho de Conclusão de curso. Faculdade de Engenharia da UFJF, Juiz de Fora, 2016.

RYNK, R. **On-farm composting handbook**. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca: Cooperative Extension, 1992.

SAFLEY, L. M. Jr.; WESTERMAN, P.W. Performance of a low temperature lagoon digester. **Bioresource Technology**, v. 41, p.167-175. 1992.

SENAR. 2017. **Resíduos da produção de leite: quantidade e qualidade**. Disponível em: <http://www2.senar.com.br/Home>. Acesso em: 20 de jan. 2023.

SILVA, M. F. 2019. **Afinal, quanto vale os dejetos das vacas leiteiras em regime de confinamento?**. Disponível em: <https://www.farmnews.com.br/gestao/quanto-vale-os-dejetos-das-vacas/#:~:text=Pelos%20dados%20da%20pesquisa%2C%20o,R%240%2C13%2C%20respectivamente>. Acesso em: 20 de jan. 2023.

SONG, C.; LI, M.; XI, B.; WEI, Z.; ZHAO, Y.; JIA, X.; QI, H.; ZHU, C. Characterisation of dissolved organic matter extracted from the bio-oxidative phase of co-composting of biogas residues and livestock manure using spectroscopic techniques. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 103, p. 38-50, 2015.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JUNIOR, B. D. E. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. D. E. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 59-85, 2009.

VAN HORN, H. H. et al Components of Dairy Manure Management Systems. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p.2008-2030, 1994.

VARELLA, M. 2020. **Emater-MG recomenda construção de esterqueiras para tratamento de dejetos de bovinos**. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/gestao-rural/gestao/noticias/emater-mg-recomenda-construcao-de-esterqueiras-para-tratamento-de-dejetos-de-bovinos-197501>. Acesso em: 20 de jan. 2023.

VELLOSO, M. P. Os restos na história: percepções sobre resíduos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 6, p. 1953-1964, 2008.

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização**. Dept. Eng. Sanitária e Ambiental UFMG, 1996.

WHITE, R.K. Lagoon system for animal wastes in Animal Wastes. Applied Science Publishers Ltd, London (1977) p. 213-232.

ZHOU, Y; SELVAM, A.; WONG, J. W. C. Evaluation of humic substances during cocomposting of food waste, sawdust and Chinese medicinal herbal residues. **Bioresource Technology**, v. 168, p. 229-234, 2014.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Specification for sold waste compost. In: The biocycle guide to the art & science of composting. Emmaus: Journal Global Press., p. 200-205, 1991.