

## CAPÍTULO 2

---

# Dejetos suínos: armazenamento em esterqueiras e tratamento em lagoas

*André Cestonaro do Amaral, Deisi Cristina Tapparo,  
Marco Antonio Ramme, Eduardo Lando Bernardo,  
Ricardo Luis Radis Steinmetz e Airtton Kunz*

### Introdução

Após coletado, o dejetos suíno necessita ser estabilizado, para posterior aproveitamento do potencial fertilizante, ou tratado, para atingir padrões de lançamento em corpos hídricos. A estabilização pode ocorrer em lagoas sequenciais ou biodigestores, ou ainda pode ser armazenada em esterqueiras para posterior uso. Quando os biodigestores são construídos e operados dentro de critérios técnicos, o efluente estabilizado (digestato) tem baixa carga orgânica, mas alta concentração de nutrientes, podendo então ser reciclado como fertilizante na agricultura.

O sistema de estabilização por esterqueiras ou tratamento em lagoas tem como vantagens o fato de ser de baixo custo, simples e de fácil operação. Além disso, os sistemas de lagoas de estabilização apresentam satisfatória remoção de DBO e nutrientes. Como desvantagem, tem-se o fato de necessitar de grande área para instalação e possibilidade de proliferação de odores desagradáveis.

O dejetos armazenado em esterqueiras ou o efluente final (após lagoa de maturação) pode ser utilizado como biofertilizante. No entanto, é imprescindível seguir as recomendações agrônômicas para o seu uso.

## **Esterqueiras**

As esterqueiras constituem-se em depósitos que têm por objetivo principal a armazenagem dos dejetos líquidos provenientes de sistemas de produção de suínos. São estruturas que permitem a estabilização dos dejetos após serem retirados das instalações. As esterqueiras podem ser utilizadas quando o produtor possui área suficiente (própria ou de terceiros) para aplicação do dejetos no solo, seguindo os critérios específicos das legislações ambientais.

Por operarem em regime de fluxo pistonado, é recomendado sempre que se tenha duas esterqueiras em paralelo em cada propriedade, permitindo assim estratégias de manejo e possibilitando manutenção quando necessário. Isso demanda uma estrutura com capacidade suficiente para armazenar o digestato até que o mesmo possa ser aplicado em área agrícola, caso seja destinado à reciclagem como biofertilizante. O tempo mínimo de armazenamento em cada esterqueira é superior a 40 dias, computados após o seu enchimento completo. Desta maneira, a capacidade total do sistema de armazenamento não deve ser inferior a 80 dias. Em sistema de armazenamento de dejetos tratados por biodigestão (lagoa anaeróbia de armazenamento de digestato), pode-se utilizar apenas uma lagoa de armazenamento de digestato com capacidade de armazenamento total ou tempo de retenção hidráulico nunca inferior a 40 dias.

Outro ponto relevante é a possibilidade de cobertura das esterqueiras. Essa ação diminui a entrada de água da chuva, aumentando o potencial de estocagem dos dejetos e diminuindo a diluição dos mesmos.

As esterqueiras podem ser subdivididas conforme os materiais construtivos utilizados, variando entre as regiões do Brasil. Os mais comuns são alvenaria ou geomembrana (PVC ou PEAD).

## Materiais construtivos

### Estruturas em alvenaria

As esterqueiras em alvenaria são recomendadas em situações onde o terreno apresenta pedregosidade, cascalho, laje ou lençol freático superficial. Elas podem ser construídas em formato retangular, quadrado ou circular (Figura 1).



Foto: Paulo Armando Victória de Oliveira

**Figura 1.** Esterqueira construída em alvenaria em formato circular.

Para evitar infiltrações, as esterqueiras devem ter um sistema de drenagem, principalmente em terreno onde o lençol freático for superficial (Dartora; Tumelero; Perdomo, 1998). Devem ser revestidas internamente e externamente com argamassa de cimento e areia com traço 1:3 e com duas demãos de camada impermeabilizante de alta espessura.

### Estruturas em geomembrana

As esterqueiras podem ser escavadas no solo, sendo revestidas com geomembrana em PVC ou PEAD 0,8 mm ou superior. A inclinação do talude deve respeitar indicações de engenharia, mas geralmente é fixada em ângulos próximos a 45° (usualmente entre 30° e 60°). No entorno da esterqueira tem-se a vala de ancoragem. Essa deverá ter seção transversal mínima de 0,50 x 0,50 m, com no mínimo 0,50 m (e até 1 m) de distância das laterais da vala dos tanques (Figura 2).

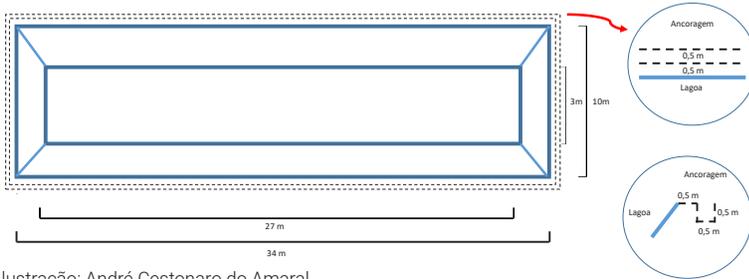


Ilustração: André Cestonaro do Amaral

**Figura 2.** Vista superior de modelo de lagoa escavada, revestida com geomembrana, com talude a 45° e volume de 700 m<sup>3</sup> com detalhes de ancoragem da geomembrana.

Nos cantos, essas estruturas podem ser curvas (arredondadas) para possibilitar melhor concordância, evitando-se depósitos de água e ondulações na geomembrana. Há também alguns projetos que optam por vigas de concreto para ancoragem das esterqueiras e lagoas.

Recomenda-se também a instalação de tubos e caixas de limpeza em esterqueiras. Os tubos permitem um acesso mais fácil ao lodo da esterqueira e também protegem a geomembrana durante a remoção de biofertilizante por equipamentos a esta função dedicados (Figura 3). Observa-se na Figura 3 que o tubo de limpeza passa abaixo da vala de ancoragem, evitando assim problemas estruturais.

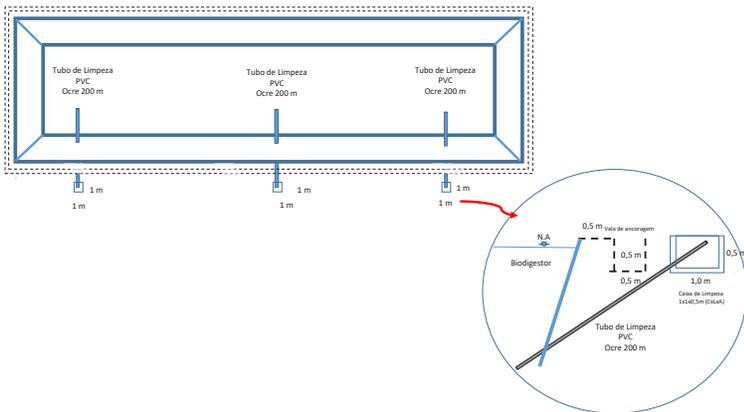


Ilustração: André Cestonaro do Amaral

**Figura 3.** Vista superior de modelo de esterqueira com tubulação e caixa de limpeza.

## Dimensionamento do sistema de armazenamento de dejetos

O correto dimensionamento é fundamental para que consigamos evitar os riscos ambientais desta prática, armazenando os dejetos pelo tempo suficiente para sua estabilização antes do uso agrícola (IMA, 2022).

Para o dimensionamento do volume dos sistemas de armazenagem de dejetos devem ser usadas as seguintes equações:

$$V_{total} = V_{útil} + V_{segurança} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$V_{total}$  = Volume total (m<sup>3</sup>)

$V_{útil}$  = Volume de enchimento por dejetos e excedente de precipitação durante o período de armazenagem, considerando dimensões projetadas para o sistema (m<sup>3</sup>)

$V_{segurança}$  = volume de segurança referente a borda livre mínima de 0,25 m (m<sup>3</sup>) para evitar transbordamento

Para definição do volume útil em projetos com esterqueiras e lagoas abertas pode-se utilizar a equação abaixo:

$$V_{útil} = V_{eflu} + V_{balPE} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$V_{eflu}$  = Volume estimado de dejetos gerado na granja durante intervalo entre remoções do efluente (m<sup>3</sup>)

$V_{balPE}$  = Volume de segurança estimado pelo balanço de precipitação nos quatro meses críticos (m<sup>3</sup>)

$$V_{eflu} = V_{dan} \times \frac{Na}{365} \times Int \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$V_{dan}$  = produção anual de dejetos por animal alojado (capacidade máxima) e tipo de granja conforme Tabela 2 do Capítulo 1 deste livro (m<sup>3</sup>)

**Na** = capacidade de alojamento (número de animais por tipo de granja)

**Int** = maior intervalo entre remoções de efluente para disposição em áreas agrícolas, refere-se ao tempo de retenção hidráulica (dias)

$$V_{balPE} = Bal_{PE} \times Abs \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

**Bal<sub>PE</sub>** = Balanço entre a precipitação média mensal e a evaporação potencial mensal da série histórica registrada na estação meteorológica, dos quatro meses sequenciais mais críticos do ano, mais próxima do local do projeto. Caso a esterqueira ou lagoa possuir cobertura que impeça a entrada de água da chuva, considerar Bal<sub>PE</sub>=0

**Abs** = área da borda superior das esterqueiras (m<sup>2</sup>)

Quando se utiliza o biodigestor (tratamento) para estabilização da matéria orgânica do resíduo, o tempo de retenção hidráulica deste e a capacidade volumétrica dos biodigestores não pode ser contabilizada como tempo de armazenagem de digestato para uso agrícola como biofertilizante.

As estruturas de armazenamento de digestato, única ou não, devem ser sempre dimensionadas de modo a atender à demanda de armazenagem requerida em função do calendário de uso dos dejetos como fertilizantes nas áreas agrícolas licenciadas para tanto, não sendo nunca inferior a 40 dias.

## Lagoas de estabilização

Uma opção de maior eficiência na estabilização de dejetos suínos em relação às esterqueiras é o sistema de lagoas. Os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se em uma forma simples para o tratamento de dejetos de suínos e vêm sendo estudados como alternativas de baixo custo e que não requerem maiores cuidados operacionais (Vivan *et al.*, 2010) Figura 4).



Foto: André Cestonaro do Amaral

**Figura 4.** Sistema de lagoas em série para estabilização e tratamento de dejetos suíno.

Há diversas variantes dos sistemas de lagoas, com diferentes requisitos de área, mas este sistema é basicamente composto por lagoas em série (anaeróbia, facultativa e de maturação). Esse sistema de tratamento é indicado principalmente para regiões de clima quente e possui eficiência na remoção de DBO superior a 85% (Vivan *et al.*, 2010).

## Tipos de lagoas

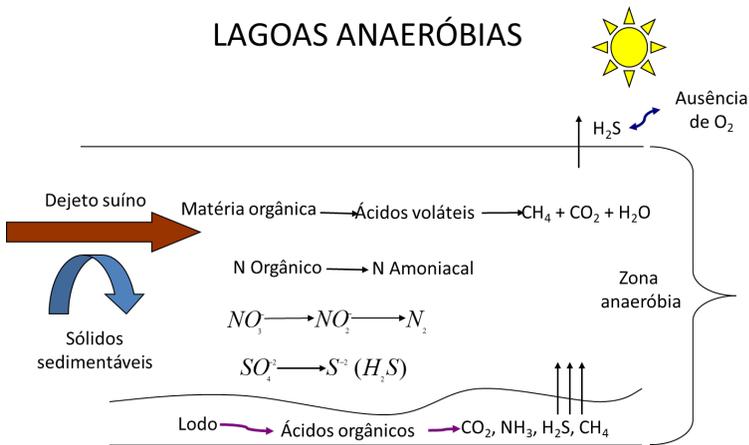
### Lagoa anaeróbia

Para o funcionamento correto das lagoas sequenciais a existência de zona anaeróbia é essencial. Nesta lagoa ocorre a degradação da matéria orgânica com produção de metano e dióxido de carbono e água. A conversão da matéria orgânica é lenta, devido às taxas de duplicação dos microrganismos envolvidos no processo.

Devido a essa conversão lenta, a temperatura possui um papel importante para acelerar o crescimento de microrganismos e consequentemente as taxas de remoção da matéria orgânica, fazendo com que regiões quentes sejam ideais para a utilização desse processo.

Caso o sistema seja adequadamente dimensionado e operado não ocorrerá a geração de maus odores. Esta lagoa geralmente possui uma profundidade de 3 a 5 m (mais profunda que as demais), tem-se assim um ambiente anaeróbico, favorecendo a degradação da matéria orgânica (Figura 5), geralmente atingindo 40 a 50% de eficiência de remoção de DBO (Von Sperling, 2006).

A Figura 5 exemplifica as etapas para degradação da matéria orgânica e geração de gases.



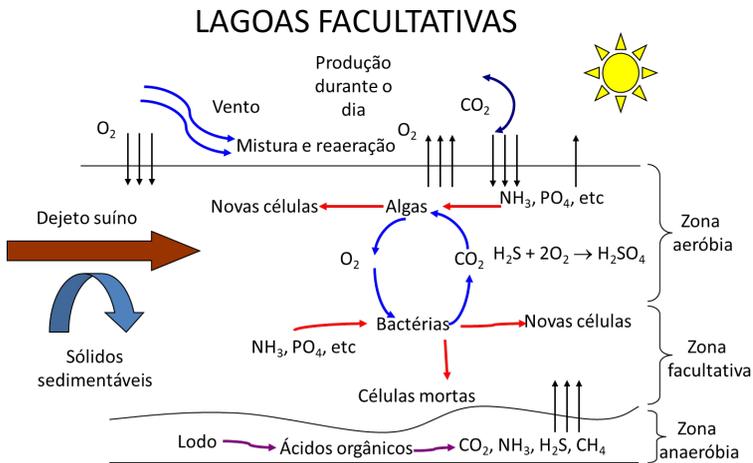
**Figura 5.** Processos de degradação da matéria orgânica em lagoas anaeróbias.  
Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2006.

### Lagoa facultativa

A lagoa facultativa possui três zonas: aeróbia, facultativa e anaeróbia. O efluente, após passar pela lagoa anaeróbia, já está parcialmente depurado, apresenta uma menor concentração de matéria orgânica e baixo índice de turbidez, o que facilita a penetração de luz e o desenvolvimento de algas. A matéria orgânica está dispersa no meio. Na primeira zona, a mesma é oxidada por meio da respiração aeróbia, sendo que o suprimento de oxigênio necessário para o processo é feito pela fotossíntese e pelo processo simbiótico entre bactérias e algas. A lagoa facultativa pode ser construída em uma profundidade intermediária-

ria (1,5 a 2,5 m), tendo um lodo anaeróbico no fundo e a matéria orgânica dissolvida ou em suspensão permanecem dispersas no líquido na zona superior do líquido.

A Figura 6 representa as reações de degradação da matéria orgânica em lagoa facultativa, onde prevalecem processos aeróbios na superfície e anaeróbios no fundo da lagoa.



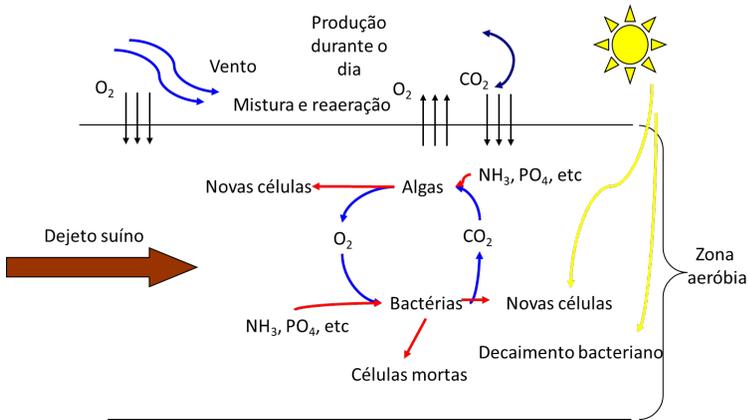
**Figura 6.** Processo de degradação da matéria orgânica em lagoa facultativa. Digestão aeróbia na superfície da lagoa e digestão anaeróbia no fundo.

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2006.

### Lagoas de maturação

As lagoas de maturação são conhecidas também por lagoas de polimento e colaboram para a redução da carga de nutrientes e remoção de patógenos, via metabolismo endógeno e incidência de radiação ultravioleta proveniente da luz solar, conforme Figura 7. Os principais mecanismos de remoção de nutrientes em lagoas de maturação são: volatilização de amônia, nitrificação e desnitrificação, assimilação de nitrogênio e fósforo pelas algas.

Estas lagoas apresentam uma profundidade rasa comparado às demais (1 a 2 m), a qual permite a eficaz ação dos raios ultravioleta sobre os organismos presentes em toda a coluna d'água.



**Figura 7.** Processo de remoção de nutrientes em lagoa de maturação.

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2006.

## Dimensionamento do sistema de lagoas de estabilização

Os aspectos construtivos são idênticos aos apresentados para esterqueiras escavadas. O dimensionamento detalhado das lagoas seriadas deve seguir as recomendações descritas por Dartora *et al.*, (1998). É importante frisar que apenas o efluente da última lagoa, ou seja, da lagoa de maturação, deve ser utilizado como biofertilizante, respeitando recomendações agrônômicas.

Uma alternativa que é implementada em granjas de suíno é a utilização de um sistema de manejo de dejetos suínos composto por biodigestor seguido de lagoas sequenciais. Esse arranjo aumenta a eficiência de remoção de matéria orgânica, cobre, zinco, fósforo e nitrogênio amoniacal (Vivan *et al.*, 2010). No entanto, apesar de aumentar a remoção destes compostos, o efluente não deve ser lançado em corpos hídricos, sendo o uso somente permitido para fins de fertilização.

## Conclusão

Após a coleta dentro das instalações das granjas, a estratégia de armazenamento é fundamental para reduzir os riscos ambientais dos dejetos de suínos. Há várias opções de gerenciamento, armazenamento ou tratamento dos mesmos, como o uso de esterqueiras e lagoas.

A escolha do arranjo tecnológico deve seguir a norma ambiental vigente, garantindo maior segurança ao processo produtivo e ao meio ambiente. Independentemente do sistema de armazenamento escolhido, o tempo necessário para a estabilização do dejetos para posterior uso agrícola deve ser respeitado.

O uso do dejetos como biofertilizante deve seguir recomendações agronômicas, uma vez que sua aplicação tem por objetivo suprir a demanda de nutrientes das culturas agrícolas, sem excessos que possam impactar o meio ambiente e o balanço de nutrientes desta prática.

## Referências

AMARAL, A. C.; STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A. Os Biodigestores. In: KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. (Org). **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. 2. ed. Concórdia: Sbera, Embrapa Suínos e Aves, 2022. p. 43-70.

DARTORA, V.; TUMELERO, C. C.; PERDOMO, C. C. Manejo de Dejetos de Suínos. **Bipers**: Boletim Informativo de Pesquisa - Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS, ano 7, n. 11, mar. 1998.

IMA - Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. **Instrução Normativa 11**: Suinocultura. 2022. Dispões sobre as recomendações técnicas de dimensionamento do sistema de armazenamento de dejetos. Disponível em: <https://in.ima.sc.gov.br/>. Acesso em: 5 nov. 2023

VIVAN, M. *et al.* Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 320-325, 2010.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 1, 2, 3, 4, 5. Belo Horizonte: Editora FCO, 2006.