

# Produção Animal e Recursos Hídricos

Tecnologias para manejo de resíduos  
e uso eficiente dos insumos



Julio Cesar Pascale Palhares

Editor Técnico

**Embrapa**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Pecuária Sudeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Produção animal e recursos hídricos**

**Tecnologias para manejo de resíduos  
e uso eficiente dos insumos**

*Julio Cesar Pascale Palhares*  
Editor Técnico

*Embrapa  
Brasília, DF  
2019*

**Embrapa Pecuária Sudeste**

Rodovia Washington Luiz, Km 234 s/nº  
Fazenda Canchim  
Caixa Postal 339  
13560-970 São Carlos, SP  
Fone: (16) 3411-5600

**Responsável pelo conteúdo**

Embrapa Pecuária Sudeste

Comitê Local de Publicações

Presidente

*Alexandre Berndt*

Secretária-executiva

*Simone Cristina Méo Niciura*

Membros

*Maria Cristina Campanelli Brito*

*Emilia M. P. Camarnado*

*Milena Ambrosio Telles*

*Mara Angélica Pedrochi*

**Embrapa, Secretaria-Geral**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (final)  
70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4236  
Fax: (61) 3448-2494  
[www.embrapa.br/livraria](http://www.embrapa.br/livraria)  
[livraria@embrapa.br](mailto:livraria@embrapa.br)

**Responsável pela edição**

Secretaria-Geral

Coordenação editorial

*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Erika do Carmo Lima Ferreira*

Revisão de texto

*Jane Baptistone de Araújo*

*Ana Maranhão Nogueira*

Normalização bibliográfica

*Márcia Maria Pereira de Souza*

Projeto gráfico e editoração eletrônica

*Leandro Sousa Fazio*

Capa

*Paula Cristina Rodrigues Franco*

**1ª edição**

Publicação digitalizada

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa

---

Produção animal e recursos hídricos : tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos / Julio Cesar Pascale Palhares, editor técnico – Brasília, DF : Embrapa, 2019.

PDF (210 p.). : il

ISBN 978-85-7035-911-7

1. Água. 2. Produção animal. 3. Resíduo orgânico. I. Título. II. Embrapa Pecuária Sudeste.

CDD (21. ed.) 636.293

## Autores

### **Aline Viancelli**

Bióloga, doutora em Biotecnologia e Biociências, professora da Universidade do Contestado, Concórdia, SC

### **Airton Kunz**

Químico industrial, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

### **Arthur Carniato Sanches**

Engenheiro agrícola e ambiental, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas, professor da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS

### **Augusto Hauber Gameiro**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Aplicada, professor da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/USP, Pirassununga, SP

### **Célia Regina Monte Baradi**

Biomédica, doutora em Ciências Biológicas-Biologia Molecular, professora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

### **Celso Aita**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

### **Danielle Morais Amorim**

Engenheira agrícola e ambiental, mestre em Engenharia Agrícola, doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, SP

### **Ezequiel Cesar Carvalho Miola**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS

### **Fernanda Lamede Ferreira de Jesus**

Engenheira agrícola e ambiental, mestre em Engenharia Agrícola, doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, SP

# Tecnologias para tratamentos de efluentes da produção animal visando ao reúso de água

Airton Kunz ■ Gislaine Fongaro

## Introdução

A demanda mundial por água potável e alimentos, bem como o cenário de mudanças climáticas devem ser motivo de preocupação para o setor pecuário, que deve considerar e responder positivamente a esses desafios. Nesse aspecto, a produção pecuária, que é de extrema importância para o Brasil, demanda água para os processos produtivos, gerando líquidos que podem ser tratados e reutilizados, por meio de reciclagem, em atividades inerentes à agricultura, como, por exemplo, a produção de grãos.

Em geral, a água de reúso pode satisfazer a maioria das demandas de água, desde que seja adequadamente tratada para garantir a qualidade de acordo com a maior chance de exposição humana e animal. Esse reúso, porém, deve ser planejado, condizendo com sua finalidade no que se refere à qualidade sanitária e nutricional dessas águas, evitando poluição ambiental, como eutrofização por lixiviação e/ou escoamento de nitrato, fósforo, emissões de amônia e gases de efeito de estufa (GEE).

Segunda a Agência de Proteção Ambiental Americana (2016), as águas recicladas para fins de reúso são usadas principalmente para agricultura, paisagismo, irrigação de parques públicos, entre outras finalidades, por isso os níveis de tratamento empregados não são dirigidos, na maioria das vezes, a atender parâmetros de potabilidade hídrica.

Mesmo com a demanda crescente por recursos hídricos e a necessidade de buscar fontes alternativas para obtenção de recursos hídricos, o Brasil ainda carece de legislação específica para regulamentação do reúso de águas. Segundo a Agência Nacional de Águas (2016), o Brasil precisa de legislações que priorizem a segurança do meio ambiente e dos usuários, no que se refere tanto ao manuseio quanto ao

consumo de água de reúso, buscando instruções e legislações que atendam e controlem tal demanda.

A Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (Fatma), por meio da Instrução Normativa nº 11 (Santa Catarina, 2014), prevê o uso de dejetos de suínos em solos, de acordo com os seguintes fatores: demanda nutricional da cultura a ser adubada, concentração de nutrientes e índice de eficiência agrônômica dos nutrientes para cada tipo de fertilizante orgânico.

Cabe ressaltar que o reúso de água pode diminuir o uso de água doce dos ecossistemas, complementado às demandas de água nos setores produtivos, principalmente na pecuária e agroindústria. Porém há demanda de tratamentos focados na redução do risco sanitário e ambiental, atuando na redução de agentes patogênicos, no equilíbrio nutricional e na redução de compostos xenobióticos (poluentes emergentes) (Bernet; Béline, 2009).

Nessa perspectiva, o presente capítulo apresenta e discute as principais tecnologias de tratamento de efluentes da produção animal visando ao reúso de água.

## **Processos aplicados no tratamento de dejetos animais visando ao reúso de águas residuárias**

### **Sistema de separação de fase (sólido/líquido)**

Os sistemas físicos são eficientes no processo de separação de fases (sólido/líquido), a partir de dejetos animais, como de suínos e bovinos de leite. Em geral, os dejetos possuem alta concentração de partículas sólidas, as quais, por recomendação, devem ser separadas da fração líquida. Esse processo aumenta a sobrevida dos sistemas de tratamento (ex.: assoreamento de biodigestores) e contribui para a diminuição de sobrecarga do tratamento como um todo, prevenindo a deposição de sólidos em tanques e lagoas (Kunz et al., 2009; Amaral et al., 2016).

Na separação de fases, pode-se empregar o peneiramento, em peneiras com tamanho de crivo geralmente entre 1 mm e 2 mm, seguido por processos de

sedimentação ou floculação-coagulação (pela adição de agentes químicos como extratos tanantes) (Kunz et al., 2009; Amaral et al., 2016).

Equipamentos como decantadores e prensa de parafuso podem otimizar o fracionamento dos efluentes em sólido (lodo) – para atender a demanda da biofertilização de solos – e líquido (efluente final) – a ser utilizado com água de reúso. No entanto, a reciclagem desses produtos depende de sua segurança sanitária, uma vez que muitos patógenos entéricos podem se agregar nas partículas sólidas formadas, sendo então carregados para essa porção da fração podendo ainda permanecer na fração líquida (Fongaro et al., 2016).

A separação sólido-líquido é comumente utilizada nos sistemas de tratamento de excretas humanas e animais, para facilitar os processos biológicos tanto aeróbios quanto anaeróbios evitando falhas nesses sistemas de tratamento (Etterer; Wilderer, 2001; Schwarzenbeck et al., 2005).

#### Processos de tratamento que envolvem rotas biológicas

A seguir são descritas algumas tecnologias de tratamento que envolvem processos biológicos (anaeróbios, aeróbios ou sua associação) para o tratamento de resíduos da produção animal. O uso de processos biológicos para o tratamento desse tipo de resíduo é atrativo pela alta biodegradabilidade desses efluentes.

##### *Biodigestores do tipo lagoa coberta (BLCs)*

O processo de biodigestão anaeróbia depende primordialmente da temperatura, do pH e da condição nutricional do dejetos, uma vez que esses são os principais fatores intervenientes na condição de sobrevivência dos microrganismos anaeróbios. O processo de biodigestão anaeróbia, que ocorre com a degradação da matéria orgânica por via anaeróbia, passa pelas seguintes fases:

- 1) Hidrólise: a primeira fase no processo de degradação anaeróbia consiste na hidrólise de materiais particulados, transformando-os em compostos solúveis mais simples.

- 2) Acidogênese: nesta etapa, os produtos que resultam da hidrólise são metabolizados pelas bactérias fermentativas em compostos orgânicos simples, como álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos graxos voláteis de cadeia curta, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>. Esta fase propicia o crescimento de novas comunidades microbianas, pois a fermentação ocorre por um grupo diversificado de bactérias.
- 3) Acetogênese: trata-se de uma etapa que possibilita a transformação de produtos da acidogênese em ácido acético (precursor da formação do metano). Os ácidos, em concentrações elevadas, inibem a etapa final da digestão anaeróbia, ou seja, os ácidos precisam ser consumidos durante o processo.
- 4) Metanogênese: esta é a etapa final do processo de biodigestão anaeróbia, em que os compostos produzidos na fase acidogênica são transformados em biogás por microrganismos anaeróbios estritos. Os substratos responsáveis pela formação do metano são o dióxido de carbono, o hidrogênio, o ácido acético, o ácido fórmico e o etanol. As principais vias para a formação do metano são a descarboxilação do ácido acético (microrganismos metanogênicos acetoclásticos) ou a redução do dióxido de carbono (microrganismos metanogênicos hidrogenotróficos) (Belli Filho et al., 2004; Willians et al., 2013).

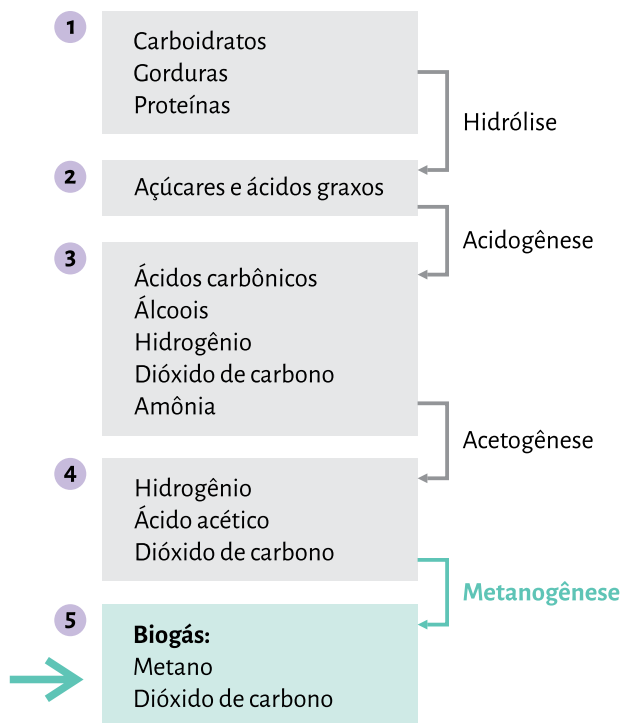
A Figura 1 resume as fases do processo de biodigestão anaeróbia.

Os biodigestores do tipo lagoa coberta (BLCs) são os mais adotados em propriedades suinícolas e leiteiras no Brasil, pois têm menor custo de implantação e manutenção, quando comparados aos demais modelos de biodigestores anaeróbios (Vivan et al., 2010; Miele et al., 2015).

Basicamente, os BLCs são constituídos por um tanque de digestão em lona PVC e por um gasômetro (campânula). O primeiro serve para armazenar e digerir a biomassa e o segundo para armazenar o biogás produzido pela digestão anaeróbia, de acordo com o esquema representativo da Figura 2.

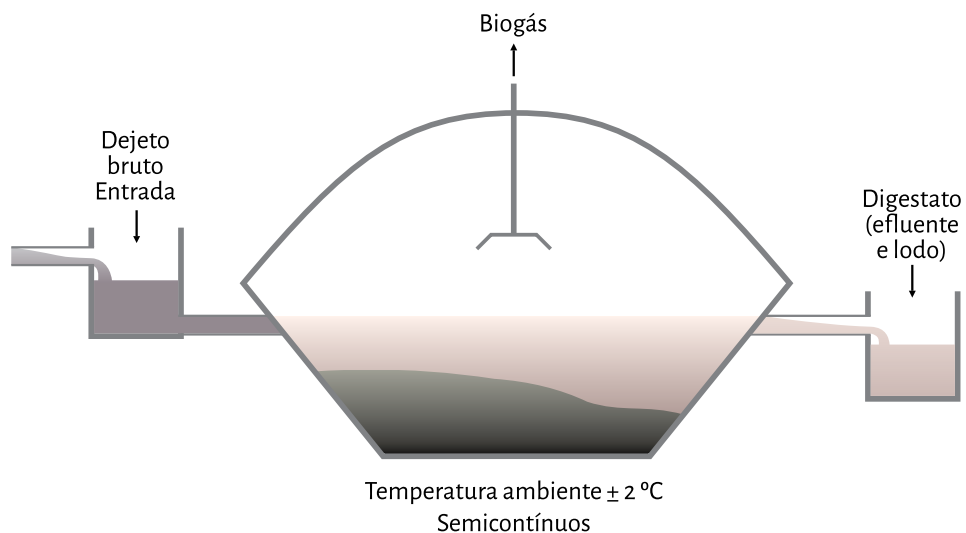
Os BLCs podem atuar de forma contínua, semicontínua ou em batelada (Henn, 2005). Toda carga de dejetos aplicada requer um tempo de retenção hidráulica que, em geral, varia entre 25 e 40 dias dependendo das variações climáticas, da eficiência





**Figura 1.** Resumo das fases do processo de biodigestão anaeróbia.

Fonte: Adaptado de Fongaro et al. (2016).



**Figura 2.** Diagrama esquemático de um biodigestor anaeróbio do tipo lagoa coberta, o mais comum no Brasil.

Fonte: Adaptado de Fongaro et al. (2016).

do reator e da separação prévia de sólidos. O volume do biodigestor é projetado de acordo com o volume de dejetos produzidos diariamente e do tempo de retenção hidráulica (TRH) adotado (Kunz et al., 2009).

Os BLCs aplicados no tratamento de dejetos suínolas foram estudados no Brasil em escala laboratorial e real, visando avaliar, além da produção energética, a remoção e inativação de patógenos entéricos, como *Salmonella* spp., circovírus suíno e rotavírus A. Resultados obtidos por Fongaro et al. (2015) apresentaram remoção de até 99% desses patógenos. Os autores consideraram a necessidade de tratamento secundário para atingir minimamente 99,9% de redução desses patógenos para diminuir significativamente os riscos microbiológicos para fins de reúso do efluente como biofertilizante e água residuária.

#### *Estímulos à produção e ao uso de biogás no Brasil*

A necessidade de mitigação das emissões de GEE para o controle das mudanças climáticas e as demandas energéticas mundiais têm impulsionado e estimulado a produção e biogás. O Acordo de Paris, firmado durante a 21ª Conferência das Partes (COP-21), em dezembro de 2015, deu continuidade às ações globais de mitigação das emissões de GEE. Os países signatários do acordo assumiram suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC, do inglês Nationally Determined Contribution), por meio das quais se comprometeram em reduzir suas emissões de GEE e evitar a elevação da temperatura média global acima de 2,0 °C em relação aos níveis anteriores à Revolução Industrial – com esforços para mantê-la em até 1,5 °C (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2017).

No Acordo de Paris, o Brasil assumiu uma contribuição na redução de GEE de 37% até 2025 e de 43% até 2030, em relação ao emitido no ano de 2005, que foi de 2,1 Gt CO<sub>2</sub>eq (Estudo..., 2005). Entre as estratégias identificadas para atingir essas metas, destacam-se as seguintes: a ampliação do uso de biocombustíveis na matriz energética – etanol e biodiesel (18% até 2030); a expansão da participação de energias renováveis na composição da matriz energética brasileira – eólica, biomassa, solar (45% até 2030); a promoção da eficiência energética no setor elétrico (10% até

2030); a restauração e recuperação de florestas (12 milhões de hectares de vegetação até 2030); o fortalecimento de políticas para o desmatamento ilegal zero (até 2030); o fomento para a agricultura de baixo carbono – restauração de pastagens degradadas (15 milhões de hectares até 2030); e a expansão da integração lavoura-pecuária-floresta (5 milhões de hectares até 2030) (Borba et al., 2012; Pretendida..., 2017; United Nations Framework Convention on Climate Change, 2017).

Nesse sentido, o Brasil tem estimulado a produção de biocombustíveis, como o biogás nacional, auxiliando na mitigação de emissão de metano. Entre os programas nacionais, as principais ações são aquelas voltadas ao reúso de água e biofertilizantes do setor pecuário, por intermédio da Rede BiogásFert (2016), visando à agregação de valor aos resíduos e à redução de emissões de GEE. Além disso, o País possui importantes programas que envolvem a produção de biogás. Outro esforço importante se concretizou no Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que buscou contribuir para a implementação de tecnologias, práticas e processos, a fim de cooperar com as metas nacionais de mitigação de emissões de GEE, nas quais a biodigestão anaeróbia foi contemplada, incentivando a geração e o uso do biogás. Mais recentemente, em concomitância com os programas supracitados, o Programa RenovaBio, iniciado em 2017, criou mecanismos para o uso sustentável dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, estimulando também a produção de biogás a partir de efluentes agropecuários, como importante estratégia para a agropecuária brasileira (Brasil, 2016).

A Lei nº 13.576 (Brasil, 2017), que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências, instituiu em seu art. 1º os objetivos de tal política, destacando os seguintes objetivos: a) atender aos compromissos do Brasil no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima; b) contribuir para a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de GEE na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida; c) promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; d) contribuir

com previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis. O RenovaBio deve promover a livre concorrência no mercado de biocombustíveis, agregar valor à biomassa brasileira e reconhecer o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética brasileira.

Esses esforços nacionais se devem e se somam ao potencial brasileiro para geração e aproveitamento energético a partir do biogás, especialmente por possuir, além de grandes aglomerações populacionais em centros urbanos, expressiva produção agropecuária (Empresa de Pesquisa Energética, 2016). Nesse sentido, há boas perspectivas quanto à geração de bioenergia até 2050, a partir do aproveitamento do biogás proveniente das principais fontes de dejetos pecuários brasileiros, em escala centralizada e distribuída (Tabela 1).

**Tabela 1.** Perspectivas de geração de bioenergia até 2050 a partir do aproveitamento do biogás proveniente das principais fontes de dejetos pecuários brasileiros.

| Fonte  | Ano  |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|
|  | 2015 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
| <b>Geração centralizada (TWh)</b>              |      |      |      |      |      |
| Gado leiteiro                                  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,6  |
| Gado de corte <sup>(1)</sup>                   | –    | –    | –    | 0    | 0,1  |
| Suínocultura                                   | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,8  |
| Avicultura                                     | 6    | 6    | 7    | 10   | 12   |
| <b>Geração distribuída<sup>(2)</sup> (TWh)</b> |      |      |      |      |      |
| Gado leiteiro                                  | 12   | 12   | 13   | 6    | 19   |
| Gado de corte                                  | –    | –    | –    | –    | 3    |
| Suínocultura                                   | 6    | 6    | 8    | 10   | 13   |
| Avicultura                                     | 12   | 13   | 16   | 21   | 27   |

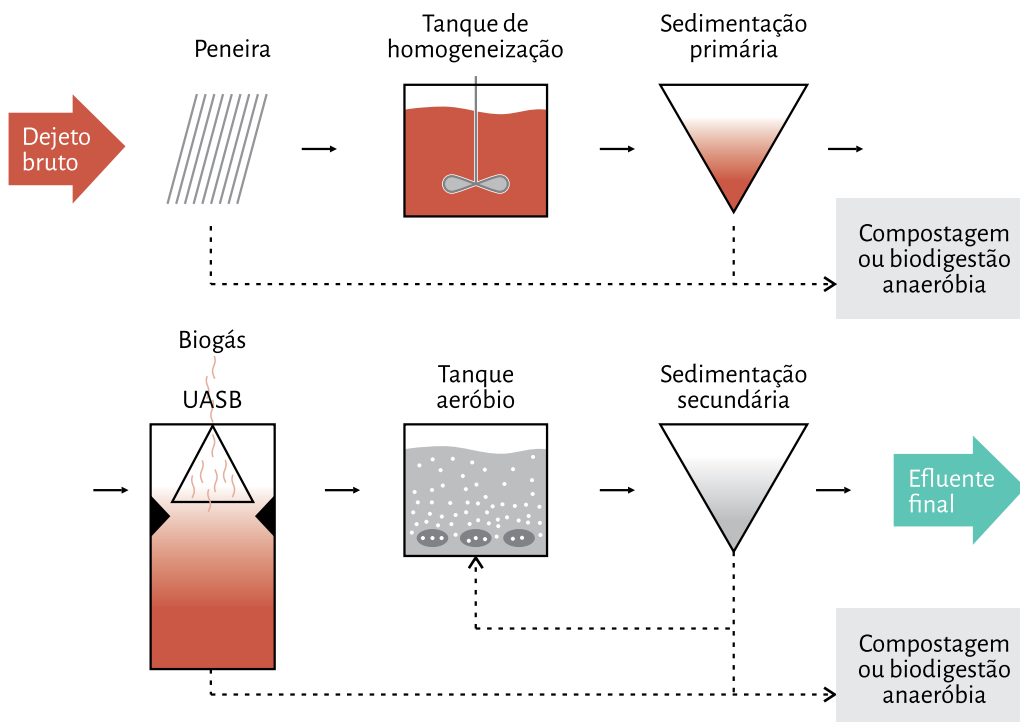
<sup>(1)</sup>Criação confinada. <sup>(2)</sup>Geração distribuída: a fonte geradora está localizada próximo do consumidor final, o que reduz o custo e os impactos comuns à geração centralizada.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2016).

### Unidades de tratamento de dejetos

A possibilidade de conjugação de rotas de tratamento torna-se interessante, pois permite alcançar a sinergia pela conjugação dos diferentes processos unitários, aproveitando as potencialidades dessas tecnologias. Um exemplo disso é a estação de tratamento de dejetos de suínos (ETDS), que é composta de uma unidade de separação sólido-líquido, um tanque equalizador, um flotodecantador primário e uma unidade biológica de tratamento anaeróbio (reator Uasb, do inglês *upflow anaerobic sludge blanket*) e um decantador secundário (Figura 3).

Durante o processo de tratamento pela combinação de rotas anaeróbias e aeróbias, há uma significativa redução de patógenos, sobretudo de bactérias. Os vírus são reduzidos no processo, no entanto não eliminados completamente (Viancelli et al., 2013). Os patógenos em contato com essa biomassa podem ser mais facilmente



**Figura 3.** Fluxograma representativo da estação de tratamento de dejetos de suínos (ETDS) – Embrapa Suínos e Aves.

inativados, considerando a abundância de proteases e metabólitos presentes, como os fungos, bem como pela predação por protozoários (Dika et al., 2011).

Outro exemplo de tecnologia limpa desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves é o Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura (Sistrates), que integra anaerobiose e aerobiose, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental das águas residuárias da suinocultura pela remoção conjunta de carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) (Miele et al., 2011).

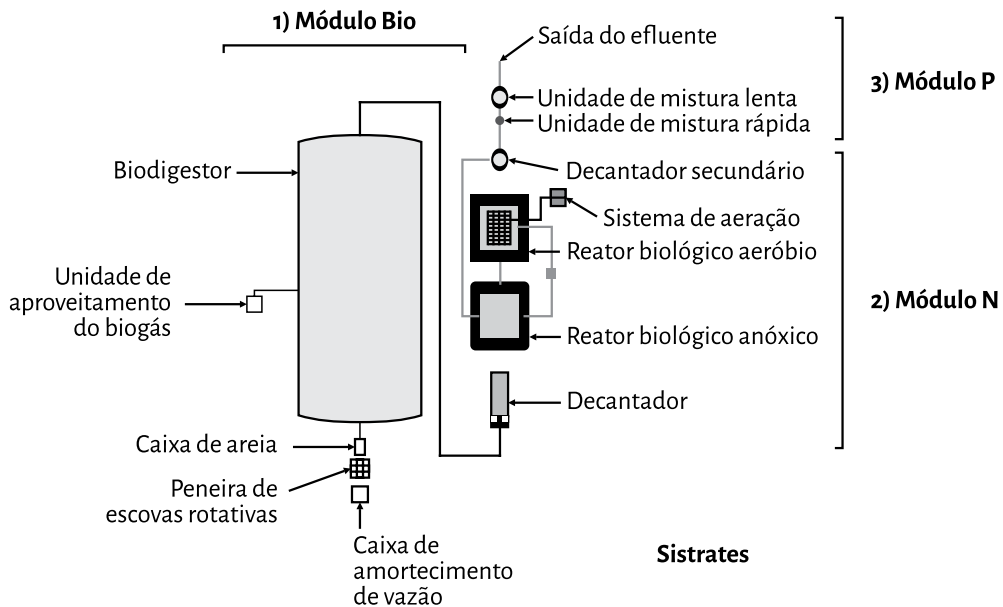
O processo baseia-se na separação física de sólidos grosseiros e partículas discretas, seguida da biodigestão anaeróbia, remoção biológica de N por nitrificação e desnitrificação e precipitação química do P. O Sistrates pode ser aplicado de maneira modular e adicional, de acordo com as necessidades de tratamento – módulo Biodigestor (Bio) + módulo N + módulo P –, e permite alcançar e melhorar os níveis de tratamento das águas residuárias da suinocultura, possibilitando seu reúso nas instalações ou na agricultura. Com isso, o impacto ambiental é minimizado, pois há redução da área necessária para disposição dos efluentes tratados (Miele et al., 2011).

No Sistrates, a geração de biogás obtida no módulo Bio pode ser utilizada como fonte de calor ou energia elétrica, o que reduz o requisito energético externo ao sistema produtivo (Figura 4). Nos módulos N e P, podem-se reaproveitar esses nutrientes para fins nutricionais no setor agropecuário. O P extraído é de alta pureza e apresenta alto potencial fertilizante e de reúso na alimentação animal (Fernandes et al., 2012; Tavernari et al., 2016).

O sistema apresenta alta capacidade de remoção de patógenos, fornecendo um efluente final de alta qualidade, especialmente após o processo de remoção de P, em que o uso de agente alcalinizante e a consequente elevação do pH funcionam como excelente agente para eliminação de bactérias e vírus (Viancelli et al., 2015).

## **Considerações finais**

A destinação da água de reúso deve atender as normas e os padrões de qualidade estabelecidos, logo a busca pela higienização total dos efluentes acaba, muitas



**Figura 4.** Vista superior do Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura (Sistrates).

vezes, inviabilizando o reúso, por causa dos elevados custos associados e das limitações tecnológicas. Por isso, há que se considerar a prática do reúso para adotar técnicas que atendam a demanda, as condições de saúde da população exposta ao risco e as possíveis vias de exposição humanas e animais (Bilotta et al., 2017).

A destinação de águas de reúso pode seguir o reúso potável e o não potável. No caso do reúso potável, menos frequente, o efluente tratado pode ser utilizado em substituição a fontes de água potável, como para abastecimento humano (Mancuso; Santos, 2003). Já o reúso não potável é utilizado para irrigação (culturas agrícolas e jardinagem), complementação de correntes de água em plantas industriais, recarga de aquíferos, lavagem de instalações pecuárias, dentre outros usos. Por serem menos exigentes e com risco diminuído em relação ao reúso potável, essas práticas são incentivadas por políticas públicas adequadas e indicadas, principalmente, para os centros urbanos, com baixa disponibilidade de fontes de água (Mierzwa; Hespanhol, 2005).

Portanto, a escolha da tecnologia a ser adotada para tratamento do efluente e seu posterior reúso dependerão da qualidade requerida, sob o ponto de vista

físico-químico ou microbiológico. É imprescindível respeitar o que preconiza a legislação e atender os requisitos técnicos, a fim de que os processos produtivos, nos quais essa água será utilizada, não sejam comprometidos.

## Referências

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL AMERICANA. **Onsite Wastewater Treatment Systems Manual**. Washington, DC: Environmental Protection Agency: Office of Water, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2016**. Brasília, DF: ANA, 2016. 95 p. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf/view>>. Acesso em: 21 set. 2018.

AMARAL, A. C.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; SCUSSIATO, L.; TAPPARO, D. C.; GASPARETO, T. C. Influence of solid-liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. **Journal of Environmental Management**, v. 168, p. 229-235, Mar. 2016.

BELLI FILHO, P.; OLIVIERA PINTO, R. de; KOERICH, K.; GERSON MATIAS, W.; MOREIRA SOARES, H. Lodos de tanques sépticos. Caracterização e tratamento anaeróbio em um digestor piloto. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29., 2004, San Juan. **Anais...** San Juan: Aidis, 2004. p. 1-7.

BERNET, N.; BÉLINE, F. Challenges and innovations on biological treatment of livestock effluents. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5431-5436, Nov. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.003>>. Acesso em: 20 set. 2018.

BILOTTA, P.; STEINMETZ, R. L.; KUNZ, A.; MORES, R. Swine effluent post-treatment by alkaline control and UV radiation combined for water reuse. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, n. 3, p. 1247-1253, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.033>>. Acesso em: 20 set. 2018.

BORBA, B. S. M. C.; LUCENA, A. F. P.; RATHMANN, R. Energy-related climate mitigation in Brazil: potential, abatement costs. **Energy Policy**, v. 49, p. 430-441, out. 2012.



BRASIL. Lei nº 13.576 de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 dez. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano ABC – Agricultura de baixa emissão de carbono**. Brasília, DF, 2016.

DIKA, C.; DUVAL, J. F.; LY-CHATAIN, H. M.; MERLIN, C.; GANTZER, C. Impact of internal RNA on aggregation and electrokinetics of viruses: comparison between MS2 phage and corresponding virus-like particles. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 77, n. 14, 4939-4948, 2011. DOI: 10.1128/AEM.00407-11.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise energética e dados agregados de 1970 a 2016**: balanço energético nacional, 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2018.

ESTUDO do potencial da geração de energia renovável proveniente dos “aterros sanitários” nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil. Brasília, DF: MMA, 2005. Disponível em <[www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/-aba-hrefcepea-mmaphpdestaque-estudo-do-potencial-da-geracao-de-energia-renovavel-proveniente-dos-aterros-sanitarios-nas-regioes-metropolitanas-e-grandes-cidades-do-brasil-a-b.aspx](http://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/-aba-hrefcepea-mmaphpdestaque-estudo-do-potencial-da-geracao-de-energia-renovavel-proveniente-dos-aterros-sanitarios-nas-regioes-metropolitanas-e-grandes-cidades-do-brasil-a-b.aspx)>. Acesso em: 21 set. 2018.

ETTERER, T.; WILDERER, P. A. Generation and properties of aerobic granular sludge. **Water Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 19-26, Feb. 2001.

FERNANDES, G. W.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; SZOGI, A.; VANOTTI, M.; FLORES, E. M. M.; DRESSLER, V. L. Chemical phosphorus removal: a clean strategy for piggery wastewater management in Brazil. **Environmental Technology**, v. 33, n. 14, p. 1677-1683, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09593330.2011.642896>>. Acesso em: 21 set. 2018.

FONGARO, G. PADILHA, J. SCHISSI, C. D. NASCIMENTO, M. A. BAMPI, G. B. VIANCELLI, A. BARARDI, C. R. M. Human and animal enteric virus in groundwater from deep wells, and recreational and network water. **Environmental Science and Pollution Research**, 2224, 20060-20066, 2015.

FONGARO, G.; KUNZ, A.; MAGRI, M. E.; SCHISSI, C. D.; VIANCELLI, A.; PHILIPPI, L. S.; BARARDI, C. R. M. Settling and survival profile of enteric pathogens in the swine effluent

for water reuse purpose. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 219, n. 8, p. 883-889, Nov. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.07.004>>. Acesso em: 21 set. 2018.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, M. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, nov. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.039>>. Acesso em: 21 set. 2018.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. DOS; PHILIPPI JÚNIOR, A. (Coord.). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003.

MIELE, M.; KUNZ, A.; CORREA, J. C.; BORTOLI, M.; STEINMETZ, R. Impacto econômico de um sistema de tratamento de efluentes de biodigestores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40., 2011, Cuiabá-MT. **Anais...** Cuiabá-MT: SBEA, 2011.

MIELE, M.; SILVA, M. L. B.; NICOLOSO, R. S.; CORREA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; SANDI, A. J. Tratamento de efluentes de usinas de biogás. **Revista de Política Agrícola**, ano XXIV, n. 1, p. 31-41, 2015.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 143 p.

PRETENDIDA Contribuição Nacionalmente Determinada. 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80108/BRASIL%20iNDC%20portugues%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2018.

REDE BiogásFert. 2016. Disponível em: <[www.cnpsa.embrapa.br/biogasfert/](http://www.cnpsa.embrapa.br/biogasfert/)>. Acesso em: 21 set. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). **Instrução Normativa 11 versão outubro/2014**. Santa Catarina: Fatma, 2014. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/ins/11/IN%2011%20Suinocultura.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SCHWARZENBECK, N.; BORGES, J. M.; WILDERER, P. A. Treatment of dairy effluents in an aerobic granular sludge sequencing batch reactor. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 66, p. 711-718, 2005.

TAVERNARI, F.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R.; LIMA, G.; MELLO, P.; DRESSLER, V.; SORDI, C.; SUZIN, L.; MANSKE, N. Fósforo disponível de fosfato extraído de efluentes da suinocultura. Concórdia: Embrapa Suíno e Aves, 2016. (Embrapa Suíno e Aves. Comunicado técnico, 535).

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **The Paris agreement**. 2017. Disponível em: <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>>. Acesso em: 21 set. 2018.

VIANCELLI, A.; KUNZ, A.; FONGARO, G.; KICH, J. D.; BARARDI, C. R. M.; SUZIN, L. Pathogen inactivation and the chemical removal of phosphorus from swine wastewater. **Water Air Soil Pollution**, v. 226, p. 223-271, July 2015.

VIANCELLI, A.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R.; KICH, J. D.; SOUZA, C. K.; CANAL, C. W.; COLDEBELLA, A.; ESTEVES, P. A.; BRARDI, C. R. M. Performance of two manure treatment systems on chemical compositions and on the reduction of pathogens. **Chemosphere**, v. 90, n. 4, p. 1539-1544, Jan. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.08.055>>. Acesso em: 21 set. 2018.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V. Eficiência de interação biodigestores 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.

WILLIAMS, J.; WILLIAMS, H.; DINSDALE, R.; GUWY, A.; ESTEVES, S. Monitoring methanogenic population dynamics in a full-scale anaerobic digester to facilitate operational monitoring management. **Bioresource Technology**, v. 140, p. 234-242, July 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.04.089>>. Acesso em: 21 set. 2018.