

SUÍNO CULTURA industrial

ISSN 2177-8930

Nº 02|2024 | ANO 46 | Edição 317 | R\$ 26,00

Gessulli
**agri
mídia**
REFERÊNCIA E INOVAÇÃO



PULMÃO SAUDÁVEL

Controle e monitoramento das pneumonias em suínos evitam perdas econômicas nas granjas



ENTREVISTA

Luiz Rua, diretor de mercados da ABPA, fala sobre a abertura dos novos mercados e plantas de exportação de carnes brasileiras e seu impacto econômico no setor.



SUSTENTABILIDADE

Combinação adequada de estratégias de mitigação é essencial para aliviar as emissões de gases de efeito estufa sem sacrificar a oferta de carne suína.

DESTINAÇÃO DOS ANIMAIS MORTOS NA GRANJA: QUAIS AS SOLUÇÕES DISPONÍVEIS ATUALMENTE?

Por Rodrigo da Silveira Nicoloso

O modelo de produção de animais em confinamento e em escala industrial tornou o Brasil um dos principais produtores e exportadores de carne suína do mundo. Desde o ano 2000, a produção praticamente dobrou atingindo 5 milhões de toneladas de carne suína em 2022, sendo que

22,5% deste volume foi destinado para exportação naquele ano (ABPA, 2023). Este resultado foi alcançado por meio de avanços tecnológicos que proporcionaram ganhos de produtividade, melhorias na qualidade dos produtos e um *status* sanitário diferenciado para os rebanhos brasileiros. No entanto, também foi fruto de uma mudança profunda



Crédito: Freepick



no perfil dos estabelecimentos suinícolas que reduziram em número, mas cresceram significativamente em escala em todo o país. Segundo dados do Censo Agropecuário, entre 2006 e 2017, houve uma redução de 10% no número de estabelecimentos classificados como de suinocultura industrial no Brasil (MIELE e ALMEIDA, 2023). Por outro lado, o número médio de animais alojados por estabelecimento cresceu 69% de 974 para 1.646 cabeças entre os dois Censos, segundo os autores.

Este cenário, em que houve concomitante aumento de escala e de produtividade, levou o Brasil a ser tornar um dos países mais competitivos do mundo na produção de suínos (MIELE, 2023). Porém, também trouxe à cadeia de produção grandes desafios quanto ao manejo dos resíduos da produção animal nas propriedades rurais, notadamente os dejetos de suínos e as carcaças de animais mortos não abatidos. Neste artigo, vamos discutir quais as principais opções para manejo e descarte das carcaças de animais mortos nas granjas. Estes resíduos, além de representarem elevado risco sanitário aos rebanhos, também necessitam atenção quanto ao seu risco à saúde do trabalhador rural e ao meio ambiente se mane-

gados ou descartados de forma inapropriada. No entanto, primeiramente, é necessário compreendermos a dimensão do problema.

Na Tabela 1, podemos observar os dados médios de produção e caracterização dos dejetos e das carcaças de suínos mortos não abatidos em diferentes sistemas de produção empregados no Brasil. Estes valores foram obtidos através do monitoramento da produção dos dejetos gerados em granjas comerciais de suínos na região Sul do Brasil e de levantamento da produtividade e mortalidade média dos rebanhos na mesma região a partir de estudos liderados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) - Suínos e Aves e cujos resultados estão sumarizados em Nicoloso *et al.* (2023). Tomando por exemplo, e como referência, o sistema de produção de Unidade de Produção de Leitões, verificamos que cada matriz alojada produz por ano 5,7 m³ de dejetos e 30 kg de carcaças de animais mortos e restos de parição por ano. Estes valores incluem os resíduos gerados pelas matrizes nas diferentes fases de produção e pelos leitões em maternidade e creche. O mesmo padrão se aplica para os demais tipos de granja cujos valores listados na Tabela 1 incluem a produção

Tabela 1. Produção e caracterização média dos dejetos e das carcaças de suínos não abatidos por unidade animal de referência (UAR) em diferentes sistemas de produção empregados no Brasil¹

Tipo de Granja ou Sistema de Produção	UAR	Dejetos de suínos				Carcaças de animais mortos			
		Volume	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Massa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		m ³ ano ⁻¹	kg ano ⁻¹						
Crescimento e terminação	suíno	1,53	8,1	4,2	4,0	5,6	0,144	0,032	0,015
Creche	leitão	0,48	1,6	0,8	1,1	2,9	0,082	0,015	0,007
Unidade de Produção de Desmamados	matriz	4,16	15,3	9,5	7,4	39,2	1,067	0,240	0,109
Unidade de Produção de Leitões	matriz	5,70	20,3	12,0	10,9	30,0	0,803	0,190	0,088
Ciclo Completo	matriz	18,49	88,1	47,1	44,8	86,3	2,278	0,512	0,238
Wean-to-finish single stock	leitão	1,30	6,6	3,4	3,4	5,1	0,134	0,029	0,014
Wean-to-finish double stock	leitão	0,72	3,5	1,8	1,9	3,0	0,078	0,017	0,008
Machos	macho	2,38	10,9	8,2	5,4	12,5	0,281	0,079	0,044

¹Adaptado de Nicoloso *et al.* (2023).

de dejetos e carcaças de animais mortos por unidade de referência animal e considerando todas as fases de produção que compõem aquele sistema de produção.

Verifica-se, em termos comparativos, que a massa de carcaças de animais mortos não representa mais do que 1% do volume de dejetos gerados no mesmo tipo de granja, tendo como mediana uma relação de 0,5% entre os dois indicadores para todos os sistemas de produção. Considerando a quantidade de nutrientes nitrogênio (N), fósforo (expresso como ortofosfato de fósforo - P₂O₅) e potássio (na forma de óxido de potássio - K₂O) associados a estes resíduos, as carcaças de animais mortos representam em mediana 2,6, 1,0 e 0,6% da quantidade desses nutrientes presentes nos dejetos gerados nas granjas, respectivamente.

Esta análise é importante porque a principal rota tecnológica para destinação dos resíduos da produção animal, no Brasil e no mundo, é o seu uso como fertilizante na agricultura em que os nutrientes associados aos dejetos de animais e demais resíduos são reciclados na produção de grãos e pastagens, entre outros usos agrícolas. Assim, a adequação ambiental das granjas de suínos depende do balanço entre a oferta de nutrientes associados aos dejetos gerados na granja e a demanda por estes mesmos nutrientes nas áreas agrícolas licenciadas para a reciclagem dos dejetos como fertilizantes (NICOLOSO *et al.*, 2023). Portanto, considerando tanto o volume gerado quanto a oferta de nutrientes em comparação aos dejetos de suínos, as carcaças de animais mortos têm pouca relevância do ponto de vista ambiental se estes resíduos foram tratados adequadamente e reciclados como fertilizantes na agricultura seguindo critérios agronômicos. Mas então, por quê a destinação das carcaças de animais mortos não abatidos continua sendo um problema para os suinocultores? Ocorre que não menos importante que o impacto ambiental, são os riscos que estes resíduos representam para a sanidade dos rebanhos e, principalmente, para a saúde do trabalhador rural que necessita manejar as carcaças de animais mortos nas granjas. Com o crescimento das granjas em escala de produção, a tecnologia de tratamento das carcaças por compostagem tradicional (Paiva *et al.*, 2001) tornou-se incapaz de atender a mortalidade rotineira das granjas. Neste contexto, a simples ampliação das unidades de compostagem não resolve uma limitação intrínseca desta tecnologia que é a grande demanda por mão de obra para manejo das carcaças, montagem e manejo das células de compostagem.

Neste escopo, a Embrapa foi demandada pelo setor produtivo a desenvolver e validar novas tecnologias para

a destinação dos animais mortos nas granjas. Como resposta a esta demanda, a Embrapa - Suínos e Aves liderou o projeto Tecnologias para Destinação de Animais Mortos (TEC-DAM) que foi concluído em 2023. Mais informações sobre o projeto e seus resultados podem ser consultados em www.embrapa.br/suinos-e-aves/tec-dam. A seguir, discutiremos as principais tecnologias validadas no âmbito do projeto TEC-DAM e suas vantagens e desvantagens, de modo a orientar os produtores a selecionarem aquelas mais adaptadas à sua realidade de escala de produção, demanda de investimento e custo de operação.

RECOLHIMENTO DE ANIMAIS MORTOS

A possibilidade do recolhimento nas granjas das carcaças de animais mortos não abatidos para processamento em unidades de tratamento centralizadas foi uma das principais inovações geradas pelo projeto TEC-DAM. O trabalho desenvolvido pela Embrapa - Suínos e Aves teve foco na análise do risco da disseminação de doenças (Caron *et al.*, 2018) e no estabelecimento das condições de biossegurança para o recolhimento de animais mortos das propriedades rurais e o transporte até empresas processadoras (MORÉS *et al.*, 2018).

Caron *et al.* (2018) avaliaram o risco de transmissão e difusão de 13 patógenos de importância para os rebanhos de suínos em três cenários de recolhimento de carcaças de suínos mortos não abatidos nas granjas. No primeiro cenário, as carcaças são mantidas sem refrigeração durante todo o processo e o caminhão que faz o recolhimento se desloca de granja em granja, sendo higienizado apenas após o descarregamento na planta de processamento. Em um segundo cenário, as carcaças são mantidas congeladas durante todo o processo e o caminhão faz o recolhimento de uma granja por vez, se deslocando diretamente para a planta de processamento para descarregamento e higienização. O terceiro cenário é similar ao primeiro, com a diferença de que o caminhão de recolhimento descarrega as carcaças em um entreposto onde as carcaças são congeladas e armazenadas até serem transportadas por um segundo caminhão também refrigerado até a planta de processamento.

Os autores concluíram que o risco de transmissão ou difusão de todos os patógenos analisados foi insignificante no segundo cenário, o que indica que um evento de contaminação dos rebanhos através deste processo seria

tão raro que não merece ser considerado. Para os demais cenários, o risco de transmissão ou difusão de três patógenos foi considerado insignificante (*Brucella suis*, *Pestivirus* e *Vesiculovirus*), outros nove foram classificados como de risco muito baixo (*Actinobacillus pleuropneumoniae*, *Brachyspira hyodysenteriae*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Mycobacterium bovis*, *Salmonella ntérica sorovar Choleraesuis*, *Alphaherpesvirus* e *Senecavirus*) e apenas um foi classificado como de risco baixo (*Leptospira interrogans*). Conforme estabelecido no trabalho, a classe de risco muito baixo indica que um evento de contaminação dos rebanhos devido à difusão destes patógenos pelo recolhimento das carcaças nas granjas é um evento raro, mas que pode ocorrer em circunstâncias excepcionais. Já a classe de risco baixo indica que um evento também seria raro, mas que poderia ocorrer sob determinadas circunstâncias não excepcionais.

Com base nestes resultados, Morés *et al.* (2018) recomendaram uma série de critérios de biossegurança para que o recolhimento dos animais nas granjas tenha mitigado os riscos de disseminação de patógenos. Entre eles, está a obrigatoriedade do recolhimento das carcaças sem refrigeração em até 24 horas da morte dos animais, a necessidade do estabelecimento de local específico e isolado na granja para armazenamento das carcaças, com ou sem câmara fria, requerimentos para os caminhões de transporte das carcaças e os procedimentos para remoção das carcaças das propriedades rurais, seu transporte e recepção nos entrepostos ou plantas de processamento. Também destaca-se a necessidade de controle oficial da mortalidade, da remoção das carcaças e do seu transporte até o entreposto ou planta de processamento através da emissão de Documento de Trânsito de Animais Mortos (DTAM), além da emissão de laudo veterinário para casos de mortalidade catastrófica não infecciosa. Estes estudos foram fundamentais para a regulamentação deste processo, que se deu através da IN 48/2019 (GM/MAPA, 2019).

A Embrapa acompanhou dois empreendimentos de recolhimento de animais mortos para fins de tratamento dos resíduos e geração de gordura e farinha, destinados então à produção de biodiesel e fertilizantes, no Oeste de Santa Catarina e Planalto do Rio Grande do Sul (Fig. 1). Apesar da alta demanda, sem a cobrança pelo serviço de recolhimento

dos animais mortos nas granjas, os empreendimentos não mostraram viabilidade econômica. Recentemente, novos empreendimentos vêm demonstrando interesse no recolhimento das carcaças de animais mortos para tratamento em usinas de geração de biogás e fertilizantes. A Embrapa está estabelecendo acordos de cooperação técnica para acompanhamento destas iniciativas a fim de auxiliar na otimização dos processos de biodigestão e compostagem, além de realizar análise econômica para subsídio ao estabelecimento de uma potencial taxa de serviço para o recolhimento dos animais. Estes resultados deverão estar disponíveis em até 24 meses.

Figura 1. Caminhão utilizado para recolhimento de animais mortos no Projeto Recolhe



Fonte: mondai.sc.gov.br/noticia-447665

TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO NA GRANJA

Apesar do recolhimento dos animais mortos ter se tornado uma alternativa com grande potencial para solucionar o problema de destinação da mortalidade, novas tecnologias para o tratamento e destinação das carcaças nas granjas ainda se fazem necessárias, pois mesmo aquelas granjas que eventualmente poderiam optar por um serviço de recolhimento de animais mortos devem dispor de um sistema de tratamento de carcaças para a destinação da mortalidade durante eventuais interrupções do serviço. Além disto, as dimensões continentais do Brasil tornam provável que nem todas as granjas se localizariam na região de cobertura de um futuro serviço de coleta de animais mortos. Assim, outro plano de ação do projeto TEC-DAM teve por objetivo o desenvolvimento e validação de tecnologias para destinação dos animais mortos na granja. Os principais resultados obtidos estão sumarizados em Nicoloso *et al.* (2022; 2023) e Sandi (2023) e serão discutidos a seguir.



Trituração e Desidratação

A trituração e a desidratação são tecnologias para o processamento preliminar das carcaças de animais mortos que então devem ser destinadas obrigatoriamente para um processo final de tratamento na granja (Fig. 2). Ambos os processos promovem a fragmentação das carcaças em partículas ou pedaços menores, que aumentam a eficiência dos sistemas de tratamento empregados posteriormente, devido à maior área superficial dos resíduos. Para tanto, os fragmentos resultantes não devem ser maiores do que 5 cm, preferencialmente sendo menores do que 3 cm. Como resultado secundário da fragmentação das carcaças, têm-se também a redução parcial do volume do resíduo.

Figura 2. Triturador (a) e desidratador (b) de carcaças de suínos



Crédito: Osmar A. Dalla Costa

Crédito: Gustavo J.M.M. de Lima

Além de fragmentar o material, o processo de desidratação promove o tratamento térmico e redução adicional do volume das carcaças através da perda parcial da água contida no resíduo. Observa-se que o objetivo da desidratação não é a remoção completa da água das carcaças, mas a sanitização destes resíduos através do seu tratamento térmico. O processo de sanitização é considerado eficiente quando promove uma redução de 3 log ou 99,9% na quantidade de vírus e bactérias presentes nas carcaças (KUNZ *et al.*, 2021). Para tanto, e considerando que o material desidratado será posteriormente encaminhado para tratamento por biodigestão ou compostagem, recomenda-se que as carcaças sejam aquecidas a 70°C por no mínimo 60 minutos para a redução da infectividade de vírus e bactérias patogênicas eventualmente presentes nos resíduos, conforme o Anexo

V da Commission Regulation (EU) N° 142 (2011). Tempos menores podem ser empregados quando temperaturas mais elevadas são utilizadas no processo.

A remoção parcial da água e redução do volume das carcaças deve ser considerado um resultado secundário, embora desejável, do processo de desidratação. Considerando a obrigatoriedade do emprego de tecnologia de tratamento final das carcaças após a desidratação, a secagem completa do material é desnecessária e até indesejável, apenas onerando custo ao processo. Por exemplo, no caso do tratamento de resíduo excessivamente desidratado por compostagem, é necessário adicionar água às leiras para que o processo de compostagem se estabeleça satisfatoriamente, o que ocorre

quando a mistura de substrato e carcaças atinge uma faixa de 40 a 60% de umidade (NICOLOSO *et al.*, 2023). Informações adicionais sobre o custo do processamento das carcaças por trituração e desidratação podem ser encontradas em SANDI (2023).

O Serviço de Atendimento ao Cidadão (SAC) da Embrapa frequentemente atende técnicos e produtores questionando se o uso do desidratador reduz a demanda por espaço nas células ou leiras de compostagem de animais mortos. Para responder esta pergunta, primeiro é necessário considerar que a redução de volume das carcaças pelo uso da desidratação depende da quantidade de água que é removida do resíduo. Quando o material é completamente seco, observa-se uma redução de até 80% do volume das carcaças (NICOLOSO *et al.*, 2023). No entanto, sob as condições recomendadas de uso dos desidratadores visando o tratamento térmico das carcaças, a redução de volume é menor (até 30%). Outro ponto relevante é que aproximadamente 90% do volume das composteiras é ocupado pelo substrato utilizado no processo de compostagem e que a demanda de substrato depende da relação carbono/nitrogênio (C/N) dos materiais a serem compostados (NICOLOSO e BARROS, 2019). A desidratação não afeta a relação C/N das carcaças. Portanto, a redução do volume das carcaças é um fator apenas marginal no dimensionamento das leiras. Assim, a fim de se minimizar o volume das composteiras, a principal estratégia deve ser o uso de substratos com alta relação C/N e densidade, como a serragem e maravalha, em detrimento de outros materiais frequentemente adicio-

Tabela 2. Produtividade de biogás em biodigestores de lagoa coberta e mistura completa tratando carcaças de suínos mortos não abatidos e dejetos de suínos em codigestão¹

Biodigestor de lagoa coberta (temperatura ambiente)		Biodigestor de mistura completa (aquecido à 37°C)	
Carga de alimentação (carcaça/dejeto)	Produtividade de biogás	Carga de alimentação (carcaça/dejeto)	Produtividade de biogás
kg m ⁻³	m ³ m ⁻³ dia ⁻¹	kg m ⁻³	m ³ m ⁻³ dia ⁻¹
0	0,19	0	0,41
7	0,34	36	1,05
15	0,58	68	1,63

¹Adaptado de Tápparo *et al.*, 2019

nados às leiras de compostagem como palhas e cama de aves.

Biodigestão

O tratamento das carcaças de animais mortos não abatidos em biodigestores empregados para o tratamento dos dejetos de suínos foi uma tecnologia validada durante o projeto TEC-DAM que se mostrou altamente viável para o tratamento destes resíduos (Fig. 3). Os estudos realizados pela Embrapa - Suínos e Aves demonstraram que para cada 1 kg de aumento na quantidade de carcaça para cada 1 m³ de dejeto adicionados aos biodigestores, houve um aumento de até 7% na produção de biogás (TÁPPARO *et al.*, 2019). Os mesmos autores determinaram ainda a capacidade máxima de carcaças que podem ser tratadas em biodigestores do tipo lagoa coberta e de mistura completa, que foi respectivamente de 15 e 68 kg de carcaça para cada 1 m³ de dejeto (Tabela 2). Taxas maiores do que estas podem reduzir a eficiência e até causar a inibição do processo de biodigestão, além de, no extremo, provocar o assoreamento dos biodigestores de lagoa coberta, onerando elevados custos para o seu recondicionamento. No entanto, ao compararmos esses resultados com os valores médios de produção de dejetos e carcaças de animais mortos observados nos diferentes sistemas de produção e listados na Tabela 1, verifica-se que mesmo os biodigestores de lagoa coberta têm capacidade para tratar adequadamente a mortalidade rotineira de animais nas granjas e absorver com segurança eventuais surtos de mortalidade dos rebanhos.

Figura 3. Os biodigestores de lagoa coberta podem ser utilizados para o tratamento de carcaças de animais mortos e dejetos de suínos



Crédito: Paulo Cesar Baldi

Apesar da biodigestão ter se mostrado eficiente para a destinação dos animais mortos, alguns critérios devem ser observados para a adoção desta tecnologia. O primeiro é a necessidade da trituração das carcaças antes da sua adição aos biodigestores. Partículas maiores do que 5 cm reduzem a eficiência do processo, além de provocar entupimentos nas tubulações e danificar equipamentos de homogeneização mecânica dos biodigestores (KUNZ *et al.*, 2021). O tratamento térmico das carcaças antes de serem adicionadas aos biodigestores também pode ser importante, tendo em vista que nas condições de temperatura e tempo de retenção hidráulica (TRH) em que operam (TRH < 20 dias e temperatura de ±37°C para biodigestores de mistura completa e TRH < 50 dias e temperatura < 25°C para biodigestores de lagoa coberta), não há efeito deste processo sobre patógenos eventualmente



presentes carcaças a serem tratadas. Assim, caso não haja o tratamento térmico das carcaças, recomenda-se o uso da estocagem do digestato em lagoas de estabilização por tempo suficiente para a inativação de patógenos entéricos que deve ser de no mínimo 120 dias durante o inverno e 90 dias durante o verão (FONGARO *et al.*, 2018). Caso o tratamento térmico seja empregado, o tempo de retenção do digestato nas lagoas de armazenamento pode ser reduzido e as lagoas dimensionadas conforme critérios técnicos ambientais e agrônômicos (NICOLOSO *et al.*, 2023). No entanto, é sempre recomendável consultar um técnico especialista em biodigestão para parametrização do projeto e orientação técnica para o tratamento das carcaças de animais mortos em biodigestores.

Compostagem de animais inteiros

Já há alguns anos, a Embrapa - Gado de Leite validou a compostagem de animais inteiros para o tratamento das carcaças de bovinos nas propriedades rurais (OTENIO *et al.* 2010). Este sistema demonstrou ser eficiente no controle de diversos patógenos como a *Echerichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* e *Salmonella* Typhimurium, microrganismos relevantes para aquela cadeia de produção (SERRANO *et al.*, 2020). Além disso, demanda baixo custo de instalação e reduzida mão de obra na montagem das leiras e condução do processo de compostagem. Apesar deste sistema poder, a princípio, ser aplicado para outras espécies de animais, não haviam trabalhos validando o processo para o tratamento das carcaças de suínos. Neste sentido, a Embrapa - Suínos e Aves desenvolveu estudos para a validação sanitária do processo de compostagem de suínos inteiros em leiras (BARROS *et al.*, no prelo), assim como para estabelecer recomendações para dimensionamento, instalação e manejo deste sistema no âmbito do projeto TEC-DAM (NICOLOSO *et al.*, 2019).

No estudo desenvolvido pela Embrapa (BARROS *et al.*, no prelo), as leiras foram montadas a céu aberto, sem qualquer estrutura de contenção do material em compostagem e diretamente sobre o solo. A área foi apenas cercada com tela para evitar a entrada de animais que poderiam escavar as leiras de compostagem. Foram testadas leiras com camadas de 30 e 60 cm de espessura de substrato, composto por uma mistura de 30% de maravalha e 70% de serragem, conforme ilustrado na Fig. 4. As carcaças inteiras foram dispostas lado a lado sem esartejamento, apenas com a perfuração do abdômen para evitar o seu inchaço. O objetivo foi monitorar a eficiência do processo e verificar o risco de produção de chorume que viesse potencialmente a contaminar o solo, além de determinar a quantidade mínima de substrato necessária para o processo.

Figura 4. Ilustração com detalhes da disposição dos suínos mortos na leira com 60 cm de espessura de substrato (esquerda) e foto dos suínos mortos durante a montagem da leira de compostagem (direita). Fonte: adaptado de Barros *et al.* (no prelo)



Os resultados obtidos indicam a necessidade do uso de camadas de no mínimo 60 cm de substrato para montagem das leiras de compostagem. Com

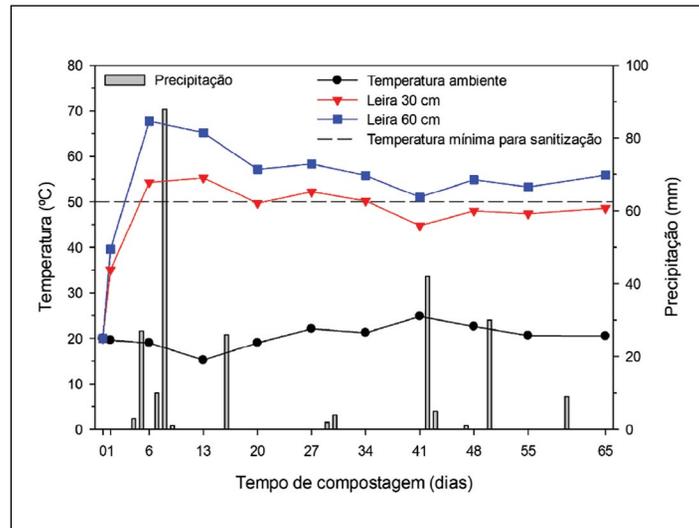
esta configuração, o material em compostagem atingiu 68°C aos seis dias após a montagem das leiras e manteve-se acima dos 50°C por 65 dias consecutivos (Fig. 5). Para



referência, Vinneras *et al.* (2010) sugerem que uma temperatura de no mínimo 50°C deve ser mantida por pelo menos 7 dias para a sanitização do material em compostagem. O estudo demonstrou que o processo é eficiente para a erradicação de *Salmonella* Typhimurium, que não foi detectada em nenhum ponto da leira após 23 dias de compostagem (BARROS *et al.*, no prelo).

Também não se observou a formação ou escorrimento de chorume das leiras, apesar da elevada precipitação registrada durante o experimento que totalizou 248 mm durante os 65 dias de avaliação. Considerando a quantidade de maravalha e serragem empregadas na leira montada com camadas de 60 cm de substrato e a capacidade de absorção de líquidos deste material (Oliveira *et al.*, 2015), estimou-se que as leiras teriam capacidade para absorver até 500 mm de chuva no mesmo período sem produzir chorume. Quando as leiras de compostagem foram abertas para inspeção aos 65 dias, restavam apenas os ossos dos animais. Neste momento, também foram coletadas amostras de solo na área sob as leiras para se verificar eventual ocorrência de contaminação por *Salmonella*, o que não aconteceu. O material já compostado pode então ser reaproveitado para remontagem das leiras com a renovação parcial do substrato a fim de receber novas carcaças para tratamento. Os ossos dos ciclos anteriores de compostagem podem ser mantidos nas novas leiras que serão montadas ou então esmagados ou triturados mecanicamente para mais rápida incorporação ao material compostado. Após alguns ciclos de compostagem, o material estará estabilizado e poderá ser reciclado na agricultura como fertilizante seguindo recomendação agrônômica (NICOLOSO *et al.*, 2019; 2023).

Figura 5. Temperatura ambiente e no interior de leiras montadas com 30 e 60 cm de espessura de substrato e precipitação diária registrada durante o período experimental de compostagem de suínos inteiros



Fonte: Adaptado de Barros *et al.* (no prelo)

Estes resultados demonstraram a segurança e eficiência do processo de compostagem de animais inteiros mesmo quando as leiras são dispostas a céu aberto e sem estruturas de contenção. Nesse tipo de estrutura ocorre maior aeração das leiras de compostagem, que não ficam restritas por uma parede que impede as trocas gasosas com o ambiente. Também as chuvas e a insolação diretamente sobre as leiras auxiliam na manutenção da umidade do substrato, favorecendo o processo. A ausência de infraestrutura de contenção também é determinante para a redução do custo para o produtor, que se dá principalmente pela menor necessidade de investimento em comparação à tecnologia de compostagem tradicional em células (PAIVA *et al.*, 2001). Sandi (2023) observou que a tecnologia de compostagem de animais inteiros em leiras teve custo até 21% menor do que a compostagem tradicional em células devido à menor necessidade de investimento em instalações, mas também devido à menor demanda de mão de obra. Outra vantagem desta tecnologia é a praticidade para a montagem das leiras de compostagem, que pode ser mecanizada. O manejo é também facilitado devido à ausência de estruturas de contenção do material em compostagem. Devido a todos estes fatores, a compostagem de animais inteiros pode ser facilmente adaptada



e escalonada para diferentes sistemas de produção e tamanhos de granja. Informações detalhadas sobre a metodologia para dimensionamento de unidades de compostagem (tradicional, inteiros ou acelerada) podem ser consultadas em Nicoloso *et al.* (2019).

Compostagem acelerada

Outra tecnologia de tratamento de carcaças de animais mortos que estava chegando ao Brasil coincidentemente ao início do projeto TEC-DAM era a compostagem acelerada, com diversos fabricantes oferecendo equipamentos no mercado. A tecnologia consiste no uso de cilindros rotativos com isolamento térmico e que promovem o frequente revolvimento do material no interior do equipamento, maior areação através de ventilação ou exaustão forçada e, conseqüentemente, um processo de compostagem mais rápido (Fig. 6). A compostagem acelerada requer a trituração das carcaças em fragmentos preferencialmente menores que 3 cm, para fins de se aumentar a taxa de decomposição dos resíduos, otimizando assim o processo e a capacidade de tratamento do reator de compostagem (cilindro rotativo). Os reatores são manejados, na maioria das vezes, em sistema de alimentação semicontínua. Neste sistema, as carcaças e o substrato são adicionados numa das extremidades do cilindro à medida que são gerados na granja. O material recém adicionado ao cilindro é mais denso e expulsa volume equivalente de material compostado na outra extremidade. No entanto, o tempo de retenção

Figura 6. Reatores de compostagem acelerada onde foram testados diferentes regimes de aeração para tratamento de carcaças de suínos



Crédito: Rodrigo da Silveira Nicoloso



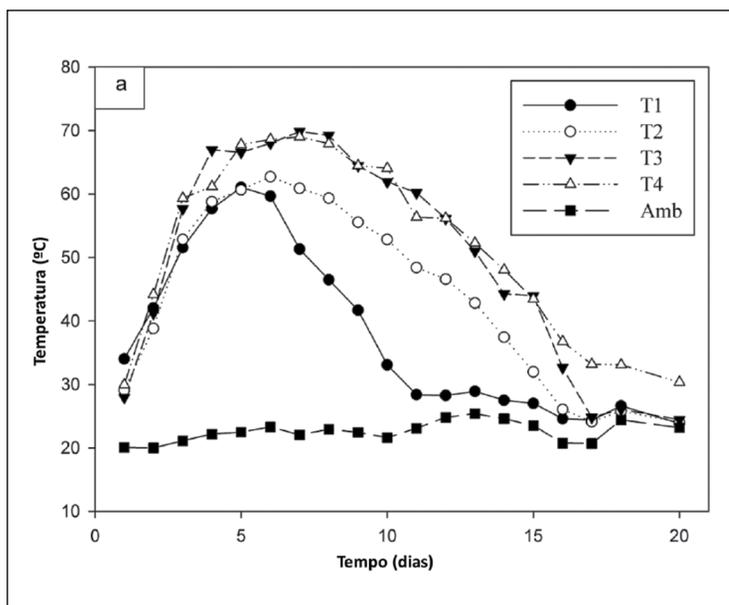
Crédito: Dusan Petkovic/Shutterstock

do material em compostagem deve ser dimensionado de modo a garantir que os tecidos moles das carcaças sejam totalmente decompostos no interior do reator. Após esta fase inicial, a maturação do composto é realizada fora do reator, requerendo na unidade de compostagem uma área destinada exclusivamente para esta etapa.

A rotação do cilindro é necessária para mistura e aeração do material em compostagem. No entanto, a rotação constante do cilindro promove perda de calor pela aeração

excessiva, mesmo com o isolamento térmico. A perda de calor atrasa ou inibe o processo de compostagem. A aeração excessiva também promove o aumento da emissão de amônia pela volatilização forçada deste gás da massa de material em compostagem. Resultados experimentais da Embrapa - Suínos e Aves indicam que períodos de 30 minutos em rotação (cilindro com volume total de 3,6 m³, volume útil de 50% e 2,3 m de diâmetro, operando a 0,16 rotação por minuto e fluxo de ar de 250 m³/h) com intervalos de 2 a 4 horas em repouso sem rotação, resultaram na manutenção da temperatura do material em compostagem dentro da faixa recomendada de 50 a 70°C durante todo o

Figura 7. Temperatura ambiente e do material em compostagem acelerada conforme o regime de aeração. T1: 30 minutos de aeração e 1h de repouso; T2: 2h de repouso; T3: 3h em repouso; T4: 4h em repouso; Amb: temperatura ambiente



Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2018)

tempo de retenção recomendado de 10 a 14 dias, além de minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Com intervalos de repouso menores (1h), não se atingiu o requerimento de no mínimo 7 dias com temperaturas acima de 50°C (Vinneras *et al.*, 2010) para a sanitização do material em compostagem (Fig. 7). Neste sentido, demonstrou-se que o uso de rotação intermitente garante a aeração necessária ao processo de compostagem e melhora a qualidade de composto orgânico, além de reduzir o consumo de energia do equipamento.

Sandi (2013) realizou análise de custo da compostagem acelerada de carcaças de suínos considerando um equipamento acoplado a triturador para animais adultos, cilindro com aproximadamente 12 m³ de volume total e uma vida útil de 5 anos. O autor verificou que quando o equipamento é dimensionado adequadamente (Nicoloso *et al.*, 2019) com níveis de ociosidade menores do que 10%, o custo do tratamento é comparável ao sistema de compostagem tradicional. No entanto, devido à capacidade do equipamento, o investimento se torna viável apenas para granjas de grande porte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto TEC-DAM entregou diversas rotas tecnológicas validadas para a destinação das carcaças de animais mortos não abatidos nas propriedades rurais, abrindo também a possibilidade do recolhimento e tratamento destes resíduos em plantas dedicadas para esta finalidade. Atualmente, o suinocultor tem à sua disposição tecnologias adaptáveis às diferentes escalas de produção que podem ser selecionadas em função do seu custo de operação, demanda por investimento, disponibilidade de mão de obra e oportunidade de agregação de receita, à conveniência de cada empreendimento. Além das tecnologias destacadas neste artigo, outras, consolidadas ou emergentes, ainda podem ser consideradas como a hidrólise, a incineração e a pirólise das carcaças, especialmente para resíduos de alto risco biológico (NICOLOSO *et al.*, 2022).

A Embrapa vem envidando esforços para a difusão e transferência destas tecnologias junto ao setor produtivo, através de cursos, treinamentos e discussões junto a tomadores de decisão. Para tanto, uma das principais iniciativas está sendo a inclusão destas rotas tecnológicas entre as tecnologias elegíveis para licenciamento ambiental das granjas de suínos (NICOLOSO *et al.*, 2023). Santa Catarina foi o primeiro Estado brasileiro a prever a adoção das tecnologias validadas no âmbito do projeto TEC-DAM através da atualização da normativa que regula o licenciamento ambiental da suinocultura naquele Estado (IMA/SC, 2022). Com estas ações, espera-se que a suinocultura brasileira supere este gargalo e continue sendo referência em sustentabilidade e competitividade na agropecuária mundial. 🌱



As referências bibliográficas deste artigo podem ser obtidas no QR Code ao lado.

