

Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ZOOTECNIA

GABRIÉLI PEREIRA DE SOUZA

**APROVEITAMENTO DE PRODUTOS E SUBPRODUTOS DE SUÍNOS: UMA
REVISÃO SOBRE SUSTENTABILIDADE, INOVAÇÃO E APLICAÇÕES
TECNOLÓGICAS**

Ilha Solteira

2025

GABRIÉLI PEREIRA DE SOUZA

APROVEITAMENTO DE PRODUTOS E SUBPRODUTOS DE SUÍNOS: UMA
REVISÃO SOBRE SUSTENTABILIDADE, INOVAÇÃO E APLICAÇÕES
TECNOLÓGICAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Engenharia do Câmpus de Ilha Solteira
– UNESP, como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Zootecnista.

Prof. Dr. Sergio Henrique Silva
Orientador

Ilha Solteira – SP

Junho de 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- S729a Souza, Gabriéli Pereira de.
Aproveitamento de produtos e subprodutos de suínos: uma revisão sobre sustentabilidade, inovação e aplicações tecnológicas / Gabriéli de Souza . -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
38 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2025
- Orientador: Sérgio Henrique Silva
- Inclui bibliografia
1. Suinocultura. 2. Subproduto. 3. Sustentabilidade. 4. Setor suinícola.

Sandra Montibeller - CRB-8/060

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE ZOOTECNIA**

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: APROVEITAMENTO DE PRODUTOS E SUBPRODUTOS DE SUÍNOS: UMA REVISÃO SOBRE SUSTENTABILIDADE, INOVAÇÃO E APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

ALUNO: GABRIELI PEREIRA DE SOUZA RA: 171053117

ORIENTADOR: SÉRGIO HENRIQUE SILVA

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora.

Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br SERGIO HENRIQUE SILVA
Data: 30/06/2025 14:01:44-0300
verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Presidente Sérgio Henrique Silva (Orientador)



Marcela Rodrigues Rocha

Documento assinado digitalmente
gov.br MATHEUS SOUSA DE PAULA CARLIS
Data: 30/06/2025 11:33:35-0300
verifique em <https://validar.it.gov.br>

Matheus Sousa de Paula Carlis

Documento assinado digitalmente
gov.br GABRIELI PEREIRA DE SOUZA
Data: 30/06/2025 14:01:23-0300
verifique em <https://validar.it.gov.br>

Aluno Gabrieli Pereira de Souza

Ilha Solteira (SP) 23 de junho de 2025.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho é fruto de uma jornada de aprendizado, desafios e crescimento, que não teria sido possível sem o apoio de pessoas especiais.

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças e sabedoria ao longo desse percurso. À minha família, pelo amor incondicional, incentivo e compreensão nos momentos de ausência. Ao meu namorado, agradeço o suporte e parceria nessa jornada juntos durante a graduação. Sem vocês, nada disso faria sentido.

Aos meus professores que com paciência e dedicação me guiaram, compartilhando conhecimento e oferecendo suporte durante a graduação. E ao meu orientador, que no momento que mais precisei esteve presente para me ajudar. Sua orientação foi fundamental.

Agradeço a minha segunda família, meninas da República Caipira, que sempre me ajudaram e me incentivaram a seguir meus sonhos e nunca desistir.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, minha eterna gratidão. Obrigada por fazerem parte dessa caminhada!

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO.....	11
2.1. Objetivo Geral.....	11
2.2. Objetivo específico.....	11
3. METODOLOGIA.....	12
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4.1. A Suinocultura no Brasil.....	13
4.2. Subprodutos da Suinocultura.....	18
4.2.1. Subprodutos Orgânicos.....	19
4.2.2. Subprodutos Inorgânicos.....	20
4.3 Sustentabilidade no Aproveitamento de Subprodutos.....	21
4.3.1 Redução de desperdício.....	21
4.3.2. Valorização dos Subprodutos.....	21
4.3.3. Geração de Energia.....	23
4.3.4. Redução de Impactos Ambientais.....	25
4.4 Inovações e Aplicações Tecnológicas.....	25
4.4.1. Fertilizantes Orgânicos.....	25
4.4.2. Colágeno e Gelatina.....	26
4.4.3. Biomateriais.....	27
4.4.4. Utilização de Gelatina de Pele Suína para Embalagens Biodegradáveis.....	28
4.4.5. Biomateriais Médicos a Partir de Matriz Extracelular de Tecidos Suínos.....	28
4.4.6. Partículas de Fosfato de Cálcio de Ossos Suínos para Aplicações em Refletância Solar.....	29
5. DISCUSSÃO.....	30
6. CONCLUSÃO.....	32
7. REFERÊNCIAS.....	33

RESUMO

O setor suinícola desempenha um papel fundamental na produção de alimentos, mas também gera grandes volumes de subprodutos que, se não forem adequadamente gerenciados, podem causar impactos ambientais significativos. Este trabalho apresenta uma revisão abrangente sobre o aproveitamento de produtos e subprodutos da indústria suinícola, com ênfase em aspectos de sustentabilidade, inovação e aplicações tecnológicas. Foram discutidos os processos de valorização de subprodutos, como a geração de energia a partir de biogás, produção de fertilizantes orgânicos, utilização de colágeno e gelatina em indústrias alimentícia e farmacêutica, e desenvolvimento de novos materiais. Destacando também implicações econômicas e ambientais do reaproveitamento desses subprodutos, apontando caminhos para a transição para uma economia circular no setor suinícola.

Palavras-chave: Suinocultura. Subproduto. Sustentabilidade. Setor Suinícola.

ABSTRACT

The pig sector plays a key role in food production, but also generates large volumes of by-products that, if not properly managed, can cause significant environmental impacts. This work presents a comprehensive review on the use of products and by-products of the swine industry, with emphasis on aspects of sustainability, innovation and technological applications. The processes of valorization of by-products were discussed, such as the generation of energy from biogas, production of organic fertilizers, use of collagen and gelatin in food and pharmaceutical industries, and development of new materials. Also highlighting economic and environmental implications of the reuse of these by-products, pointing out ways to the transition to a circular economy in the pig sector.

Keywords: Pig Farming. By-product. Sustainability. Pig Sector.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura destaca-se como uma das principais atividades agropecuárias do Brasil, contribuindo significativamente para a produção global de proteína animal. No entanto, essa cadeia produtiva também é responsável pela geração de grandes volumes de resíduos e subprodutos, que, se mal gerenciados, podem ocasionar sérios impactos ambientais (REVISTA FT, 2024). Em 2024, a suinocultura brasileira alcançou um novo recorde histórico, com o abate de 57,86 milhões de cabeças de suínos, representando um aumento de 1,2% em relação ao ano anterior e assim ficando em quarto lugar no ranking mundial (IBGE, 2024).

Diante desse cenário, cresce o interesse por soluções sustentáveis que aliem produtividade e preservação ambiental. Tecnologias inovadoras vêm possibilitando o aproveitamento dos subprodutos suínos em setores diversos, como os das indústrias alimentícia, cosmética, farmacêutica e de biocombustíveis, agregando valor e reduzindo os impactos ambientais (EMBRAPA, 2020).

Nesse contexto, o conceito de economia circular tem ganhado destaque como uma estratégia promissora para o desenvolvimento de tecnologias voltadas à redução de resíduos e impactos ambientais, especialmente promovendo benefícios econômicos e ambientais simultaneamente (XUE; WANG; MA, 2018). Um exemplo dessa abordagem é a substituição parcial de ingredientes convencionais por subprodutos de origem suína na formulação de ração. Essa lógica de reaproveitamento evidencia o potencial da suinocultura em contribuir com uma produção animal mais sustentável e resiliente.

De acordo com Kunz (2024), o biogás produzido a partir de dejetos suínos apresenta uma composição média entre 50% e 75% de metano (CH₄) e de 25% a 45% de dióxido de carbono (CO₂), além de outros componentes em menor quantidade. Ainda segundo a literatura técnica, é comum que a maioria das unidades produtoras armazene os efluentes líquidos em lagoas ou tanques abertos, enquanto uma parcela menor utiliza biodigestores com queimadores para aproveitamento energético.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo revisar os principais avanços tecnológicos e inovações voltadas ao aproveitamento de produtos e subprodutos suínos, destacando suas aplicações industriais e os benefícios econômicos e ambientais associados.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Analisar o aproveitamento de produtos e subprodutos da suinocultura sob a perspectiva da sustentabilidade, inovação e aplicação tecnológica, destacando sua importância para a redução de impactos ambientais, o desenvolvimento econômico e a otimização dos processos produtivos.

2.2. Objetivo específico

- Identificar as principais práticas utilizadas no reaproveitamento de produtos e subprodutos suínos;
- Examinar os impactos ambientais, econômicos e tecnológicos associados à reutilização desses materiais;
- Investigar inovações tecnológicas aplicadas ao setor suinícola e suas contribuições para a sustentabilidade;
- Apontar desafios e perspectivas para a adoção de práticas sustentáveis na suinocultura.

3. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, com enfoque descritivo e analítico, fundamentada na coleta, seleção, análise e síntese de informações científicas e acadêmicas relacionadas ao aproveitamento de produtos e subprodutos oriundos da suinocultura. A pesquisa teve como objetivo reunir e interpretar criticamente o conhecimento disponível sobre o tema, com ênfase em aspectos ligados à sustentabilidade, inovação tecnológica e aplicações industriais.

A busca por publicações foi realizada nas bases de dados SciELO, Science Direct e Google Acadêmico, utilizando-se descritores combinados tais como: "sustentabilidade na suinocultura", "subprodutos suínos", "valorização de resíduos agroindustriais" e "inovação na agroindústria suinícola". Para garantir a relevância e atualidade dos dados, foram priorizados documentos publicados nos últimos 10 anos. A seleção dos materiais seguiu critérios de qualidade científica, pertinência temática e confiabilidade das fontes. Foram inclusos artigos de pesquisa, revisões sistemáticas, dissertações, teses, relatórios técnicos e documentos institucionais emitidos por órgãos de pesquisa ou agências governamentais.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. A Suinocultura no Brasil

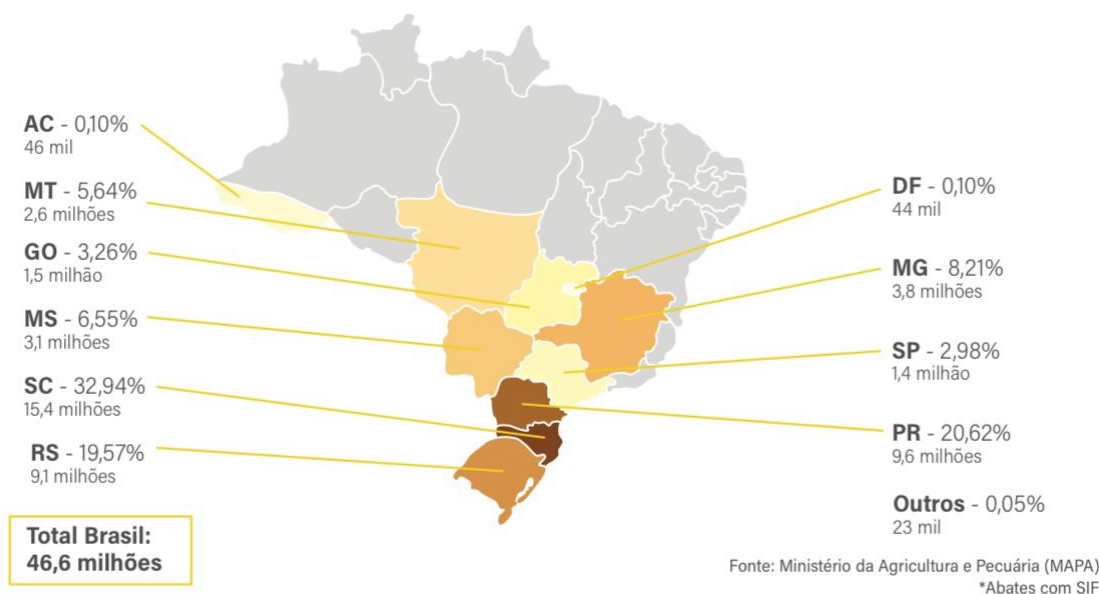
O Brasil se consolidou como um dos principais produtores mundiais de suínos, apresentando um crescimento expressivo de aproximadamente 418% na produção entre 1980 e 2023. O país ocupa atualmente a quarta posição no ranking global, ficando atrás somente da China, União Europeia e Estados Unidos da América (ABPA, 2025). Segundo o IBGE (2023), estima-se que o país tenha cerca de 43 milhões de cabeças. Dados apontam que o sul do Brasil apresenta o maior efetivo de abates de suínos do país, registrando 73,13% do total de animais abatidos no país, sendo os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (Figura 1) (ABPA, 2025a).

Em 2024, a suinocultura brasileira apresentou um desempenho expressivo no cenário agropecuário, alcançando um Valor Bruto da Produção (VBP) de aproximadamente R\$ 56,159 bilhões (ABPA, 2025b). Esse resultado representa um crescimento de 1,2% em comparação ao ano anterior, impulsionado tanto pela recuperação da demanda interna, quanto pela intensificação das exportações, especialmente para países asiáticos, que continuam sendo grandes consumidores da carne suína brasileira (O PRESENTE RURAL, 2024).

No 4º trimestre de 2024, o abate de suínos somou 14,28 milhões de cabeças, aumento de 0,9% ante ao mesmo período de 2023 e queda de 4,6% na comparação com o 3º trimestre de 2024. Este resultado significou o melhor 4º trimestre da série histórica iniciada em 1997 (IBGE, 2024).

Figura 1. Abate de suínos por unidade federativa em 2024 (ABPA,2025)

Abate de Suínos por Unidade Federativa em 2024 (cabeças)



Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA).

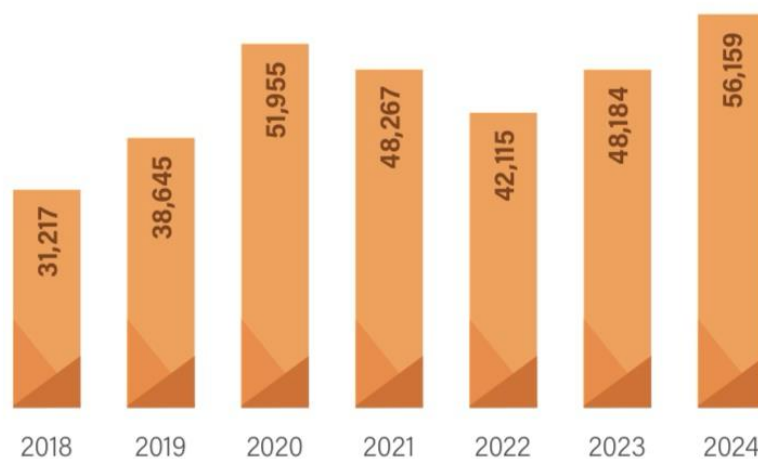
Em 2023, a produção global de carne suína foi estimada em 114,8 milhões de toneladas, conforme o relatório *Livestock and Poultry: World Markets and Trade* do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Esse valor reflete uma estabilidade em relação às projeções anteriores, com variações mínimas entre os meses de abril e julho daquele ano. O crescimento da produção foi impulsionado principalmente por aumentos na produção de países como Brasil, Vietnã e Estados Unidos, compensando quedas na União Europeia e na China.

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal, a produção brasileira em 2024 gerou cerca de 56,159 bilhões R\$ (Figura 2), apresentando a quarta maior produção de carne suína do mundo (5,305 milhões de toneladas). O destino da produção brasileira de carne suína em 2024 se deu 74,50% ao mercado interno e 25,50% nas exportações (Figura 3). As exportações brasileiras obteve uma série histórica com 1,353 mil toneladas/3,033 milhões U\$\$ (Figura 4). Além disso, o consumo per capita de carne suína (kg/hab) de 2014 a 2024 teve um aumento de 3,8 %, saindo de 14,7 kg/hab para 18,6 kg/hab (Figura 5) (ABPA, 2023a).

Figura 2. Comparação do valor bruto das produções brasileira em 2023(MAPA,2023).

PRODUÇÃO BRASILEIRA

Valor Bruto da Produção (bilhões R\$)

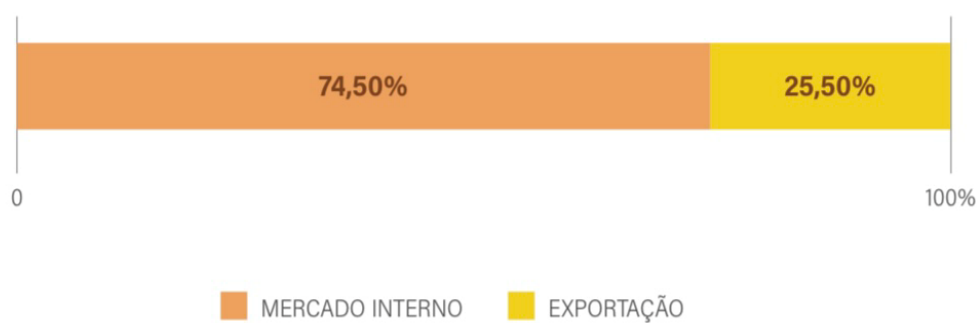


Fonte: Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA)

Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA).

Figura 3. Destino da produção brasileira de carne suína (ABPA,2025).

Destino da Produção Brasileira de Carne Suína em 2024



Fonte: SECEX/ABPA

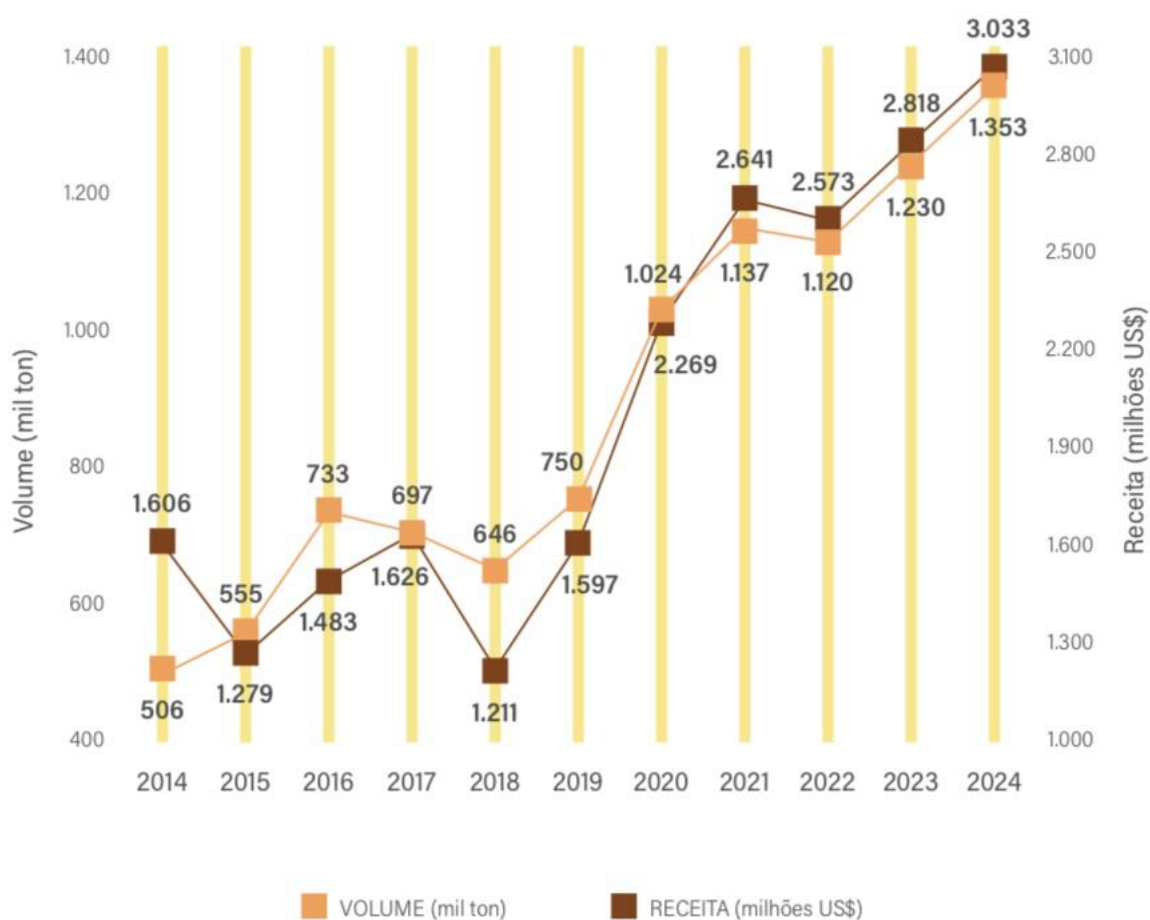
Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA).

Figura 4. Exportações Brasileiras em 2024 (ABPA,2025).

EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS

Exportações Brasileiras de Carne Suína (série histórica)

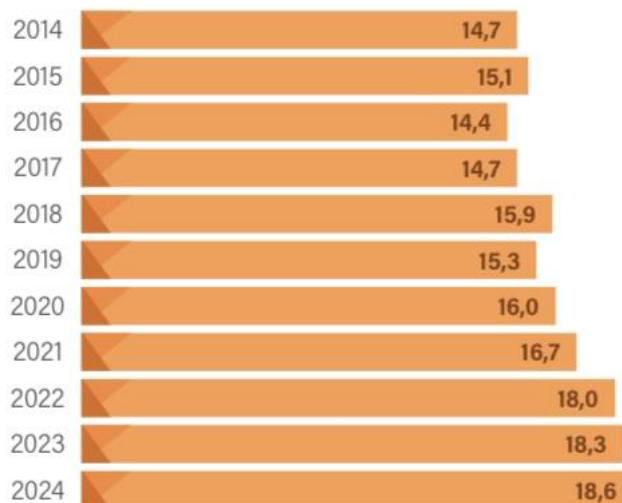
NCMs de Carne Suína: 0203.11.00, 0203.12.00, 0203.19.00, 0203.21.00, 0203.22.00, 0203.29.00, 0206.30.00, 0206.41.00, 0206.49.00, 0209.00.11, 0209.00.19, 0209.00.21, 0209.00.29, 0209.10.11, 0209.10.19, 0209.10.21, 0209.10.29, 0209.90.00, 0210.11.00, 0210.12.00, 0210.19.00, 0502.10.11, 0502.10.19, 0504.00.13, 1501.10.00, 1501.20.00, 1602.41.00, 1602.42.00, 1602.49.00, 4103.30.00, 4106.31.10, 4106.31.90, 4106.32.00, 4107.10.10, 4107.10.90 e 4113.20.00



Fonte: SECEX/ABPA

Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA).

Figura 5. Consumo per capita em 2024 (ABPA, 2025).

Consumo per Capita de Carne Suína (kg/hab)

Fonte: ABPA

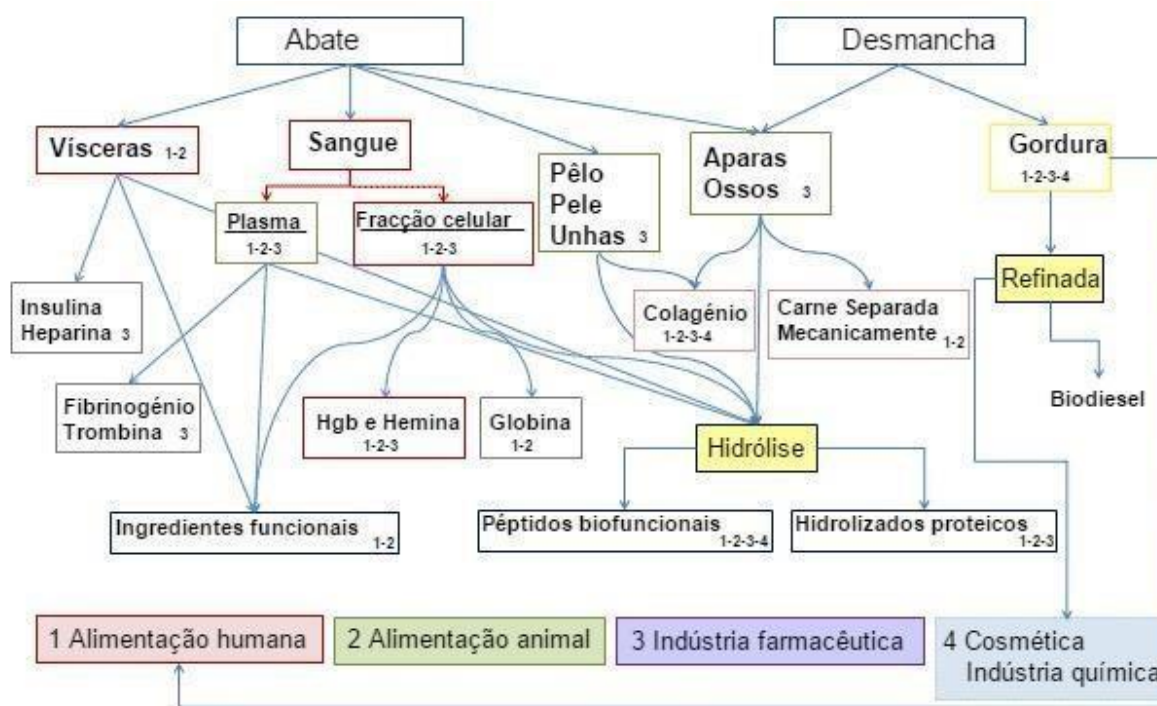
Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA).

Uma pesquisa realizada na região sul do Brasil mostra que das 738 pessoas entrevistadas, 88% preferem carne suína, sendo a preferência por algum tipo de embutido, como presunto, linguiça e bacon. Mas também existe uma certa rejeição por parte da população entrevistada, 12% não gostam do odor, sabor ou apenas por não ter o hábito de consumo e por questões de proteção animal (CARDINAL et al., 2022). No Brasil, a industrialização da carne suína divide-se em dois grupos: grandes empresas que buscam ganhos em escala e valorização de marca, e pequenas e médias empresas voltadas para nichos regionais ou locais. As principais agroindústrias de processamento estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste do país, sendo elas BRF, JBS e Cooperativa Central Aurora Alimentos (Aurora Coop) (ABCS, 2020). A Cooperativa Central Aurora Alimentos (Aurora Coop), terceira maior empresa de alimentos do Brasil, consolidou-se como a maior exportadora de carne suína do país, respondendo por 25,5 % das exportações brasileiras em 2022 (GLOBO RURAL, 2023).

4.2. Subprodutos da Suinocultura

A suinocultura, apesar de sua importância econômica, está diretamente associada a desafios ambientais significativos. Entre os principais impactos, destaca-se as emissões de gases de efeito estufa, o elevado consumo de água e a produção de grandes volumes de resíduos orgânicos, como dejetos, sangue, ossos e gordura (PIETRAMALE et al., 2024). Quando não tratados de forma adequada, esses subprodutos podem causar poluição ambiental e representar desperdício de recursos valiosos que poderiam ser reaproveitados, esses subprodutos podem contribuir para a poluição ambiental e o desperdício de recursos valiosos. Observando a Figura 6, pode-se analisar a diversidade de subprodutos que são gerados neste setor.

Figura 6. Subprodutos do porco, diretos ou processados, e principais aplicações segundo o tipo de indústrias (Romay et al, 2016)



Fluxograma simplificado do processamento de subprodutos animais (abate e desmanche) e suas potenciais aplicações nas indústrias de alimentação humana e animal, farmacêutica, cosmética e química. Hgb (hemoglobina).

No processo de abate de suínos, uma significativa proporção do peso vivo do animal é composta por subprodutos que, quando devidamente aproveitados, podem agregar valor à cadeia produtiva. Segundo dados apresentados por Roça (2015), a distribuição do peso de

um suíno de 100 kg é a seguinte: Carcaça quente: 84 kg (84%); Órgãos, glândulas e vísceras brancas: 8 kg (8%); Sangue: 3,6 kg (3,6%); Gordura industrial: 1,5 kg (1,5%); Cerda: 0,35 kg (0,35%); Casco: 0,05 kg (0,05%); Conteúdo gastrointestinal: 1,56 kg (1,56%); Quebra/resíduos: 0,44 kg (0,44%) .

Os subprodutos da suinocultura podem ser classificados em orgânicos e inorgânicos, cada um com características distintas e diversas possibilidades de reaproveitamento. O uso eficiente e sustentável desses materiais é fundamental para mitigar os impactos ambientais da atividade, além de promover a economia circular e o aproveitamento máximo dos recursos gerados. A sustentabilidade no aproveitamento de subprodutos tem não só o objetivo de contribuir para o desenvolvimento sustentável como também com a finalidade de valorizar estes subprodutos com perspectivas de ganhos futuros (ALBUQUERQUE; COSTA, 2023).

4.2.1. Subprodutos Orgânicos

Os subprodutos orgânicos da suinocultura consistem em materiais de origem biológica, provenientes diretamente dos animais ou das atividades ligadas à sua criação. Esses subprodutos são ricos em compostos orgânicos como proteínas, lipídios e carboidratos. Os principais subprodutos orgânicos incluem:

- **Carne e miúdos não aproveitados:** Carnes e vísceras não aproveitadas, como o fígado, coração, pulmões e intestinos, são comumente usadas na alimentação animal ou em processos industriais. Segundo a Nutritec, esses subprodutos têm papel importante na nutrição animal, contribuindo para o enriquecimento das dietas, podendo tornar os alimentos mais atrativos ao paladar dos animais. Além de suprir nutrientes específicos que, por vezes, estão ausentes ou presentes em baixas quantidades nas formulações tradicionais.

- **Sangue e derivados:** O sangue dos suínos é um subproduto orgânico de alta proteína e pode ser utilizado para a produção de farinha de sangue, que é usada em rações animais, fertilizantes e outros produtos (COSTA et al., 2019). Além disso, o sangue também pode ser processado para a produção de gelatina, especialmente a partir de colágeno presente nas paredes vasculares.

- **Gordura suína (banha):** A gordura extraída da suinocultura é uma fonte de lipídios saturados e pode ser usada para a produção de banha, um subproduto importante para a indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica e para a nutrição animal (DIPLOMATA, 2025). A gordura também pode ser transformada em biodiesel, contribuindo para a produção de energia renovável.

- **Dejetos suínos:** Os dejetos orgânicos (fezes e urina) gerados pela suinocultura apresentam elevado teor de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, o que os torna altamente eficazes como fertilizantes. Quando devidamente tratados, também podem ser convertidos em biogás, uma fonte de energia renovável, contribuindo para a sustentabilidade ambiental no setor (EMBRAPA, 2019; PANIAGUA; SANTOS, 2021).

4.2.2. Subprodutos Inorgânicos

Os subprodutos inorgânicos, por outro lado, são compostos por materiais que não contêm carbono em sua estrutura básica. Estes subprodutos podem ser originados principalmente de processos industriais e do manejo do ambiente de criação, como os resíduos do processamento da carne e os materiais usados nas instalações da granja.

Exemplos de subprodutos inorgânicos incluem:

- **Resíduos de embalagem:** Durante o processo de embalagem de produtos suínos, muitos materiais inorgânicos, como plástico, metais e papelão, são gerados. Esses materiais podem ser reciclados ou reutilizados. A adoção dessas práticas tem se mostrado essencial para tornar a cadeia produtiva da carne mais sustentável. Atualmente, muitas empresas do setor estão investindo em soluções que permitem reaproveitar as embalagens após o uso inicial, além de aprimorar a composição dos materiais, especialmente os plásticos, tornando-os mais fáceis de reciclar. Essas ações contribuem para a economia de recursos naturais e a redução das emissões de carbono associadas a produção e descarte de embalagens (GABRIELA, 2024).

- **Subprodutos da limpeza das instalações:** As substâncias químicas utilizadas na limpeza e desinfecção das instalações suínas, como detergentes e desinfetantes à base de metais pesados como glutaraldeído, peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio, ácido peracético, formoldeído, iodóforos, fenólicos e compostos quaternários de amônia (MARI, 2014) e outros compostos inorgânicos, são subprodutos que podem ser descartados de

maneira controlada. A gestão desses resíduos é importante para evitar a contaminação do ambiente e da água subterrânea.

• **Cenário de resíduos sólidos:** Nos abatedouros e em unidades de processamento de carne, resíduos sólidos como ossos, cascas e fragmentos de metais podem ser gerados. Esses subprodutos, em sua maioria inorgânicos, podem ser reciclados ou reaproveitados em indústrias, como na produção de rações para animais ou na fabricação de materiais de construção (COSTA et al., 2019).

4.3 Sustentabilidade no Aproveitamento de Subprodutos

4.3.1 Redução de desperdício

Cerca de 50% dos resíduos gerados durante o processamento de carne suína podem ser reaproveitados como subprodutos de valor econômico, como vísceras, sangue e gordura (COSTA et al., 2019). A conversão desses materiais como farinha de sangue ou biocombustíveis, contribui para a redução do volume de descarte em aterros e, simultaneamente, cria novas fontes de receita para a indústria (SOUSA et al., 2022). Reforçando o compromisso com a sustentabilidade, ao reduzir o uso de recursos naturais e mitigar os impactos ambientais da produção animal.

Na suinocultura, a economia circular tem ganhado espaço ao incentivar o uso eficiente de recursos e a valorização de subprodutos como insumos em novos processos produtivos. A adoção desse modelo depende da qualificação dos produtores, que, ao receberem capacitação técnica e acesso a tecnologias sustentáveis, tornam-se aptos a aplicar práticas mais inovadoras e ambientalmente responsáveis (SECCO, 2020).

4.3.2. Valorização dos Subprodutos

Os subprodutos orgânicos gerados na suinocultura apresentam alto valor agrônomico e zootécnico, sendo amplamente utilizado tanto na alimentação animal quanto a adubação orgânica de solos agrícolas. Dentre esses subprodutos, os dejetos suínos se destacam por serem fontes significativas de nutrientes essenciais, como nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K), fundamentais para o desenvolvimento das plantas e manutenção da fertilidade do solo (Australian Pork Ltd, 2015).

A transformação de subprodutos da suinocultura em fertilizante orgânico para uso agrícola compreende um conjunto de etapas que visam estabilizar a matéria orgânica e eliminar patógenos, resultando em um produto nutritivo para as plantas. Inicialmente, os dejetos suínos, geralmente armazenados em sistemas como esterqueiras ou lagoas de tratamento primário, são frequentemente separados em frações sólida e líquida para otimizar o tratamento biológico. A porção sólida, rica em material orgânico fibroso, é comumente processada por compostagem, um método aeróbio controlado que envolve a mistura com outros materiais orgânicos e o monitoramento de condições como temperatura e aeração para estimular a decomposição microbiana e a formação de húmus, gerando um fertilizante estável e sem odores desagradáveis. Em alternativa, a fração líquida são facilmente aproveitados pelas culturas, representando uma via sustentável para a nutrição do solo e a valorização dos resíduos da produção suína (BERNAL et al., 2009; MÖLLER; MÜLLER, 2012).

A farinha de sangue, um subproduto da indústria de carnes, é um exemplo de como os subprodutos podem ser valorizados nutricionalmente. Este ingrediente é amplamente utilizado na formulação de rações para animais devido ao seu alto teor proteico e o elevado nível de aminoácido (GOES et al., 2013). Além disso, a utilização de vísceras e carne não aproveitada pode complementar dieta de diferentes espécies animais, como aves, peixes e animais de estimação (pets) oferecendo uma alternativa mais econômica e sustentável em comparação aos ingredientes convencionais, como soja e milho.

O processo de produção de farinha de sangue em usinas de processamento envolve etapas sequenciais de coagulação, decantação e secagem, com foco na redução da umidade e na padronização do produto final. Na fase de coagulação, adiciona-se vapor, o que promove a solidificação do sangue e eleva sua umidade para até 89,6%, considerando a adição de 150 kg de vapor por tonelada de sangue. Em seguida, o material passa por um decantador centrífugo, responsável por separar os sólidos do componente líquido e reduzir a umidade para 68%. Por fim, o produto é encaminhado para um secador flash, onde a umidade é rapidamente extraída por meio de ar quente, atingindo valores inferiores a 10% (PIÑERO et al., 2021).

4.3.3. Geração de Energia

Outra abordagem sustentável para o aproveitamento de subprodutos, é a conversão de dejetos suínos em biogás por meio de processos de digestão anaeróbica. Essa tecnologia permite que os resíduos orgânicos sejam transformados em uma fonte renovável de energia, que pode ser utilizada para gerar eletricidade ou calor (KONRAD et al., 2014). A produção de biogás não apenas reduz a quantidade de resíduos descartados, mas também minimiza as emissões de gases de efeito estufa associadas ao tratamento inadequado de dejetos suínos. Além disso, o uso do biogás contribui para a diversificação da matriz energética, promovendo a sustentabilidade energética na agricultura (BACKES, 2011).

A digestão anaeróbica é uma tecnologia em expansão na suinocultura, pois permite que os produtores transformem resíduos que, de outra forma, seriam descartados, em uma fonte valiosa de energia. O biogás gerado a partir da decomposição anaeróbica de dejetos suínos é composto principalmente por metano e dióxido de carbono, sendo o metano o principal componente responsável pelo seu valor energético, além da produção de biogás, o digestato resultante da digestão anaeróbica também possui um valor significativo como fertilizante orgânico, enriquecendo o solo com nutrientes que promovem o crescimento das plantas e sendo uma alternativa economicamente viável aos produtores (COSTA et al., 2020). Este ciclo de reaproveitamento de resíduos não só melhora a sustentabilidade da produção suína, mas também oferece uma solução para o problema de descarte de dejetos (DE ALMEIDA, 2008). Entretanto, a implementação de sistemas de digestão anaeróbica requer investimentos iniciais e conhecimento técnico adequado. A seleção do tipo de sistema, o dimensionamento adequado e o manejo dos resíduos são aspectos cruciais para garantir a eficiência do processo e a viabilidade econômica (MACEDO, 2013). Portanto, é essencial que os produtores recebam treinamento e suporte para maximizar os benefícios da conversão de dejetos suínos em biogás.

Estudos demonstram que a digestão anaeróbica é uma alternativa eficiente que combina a produção de biocombustível com o manejo sustentável de resíduos. Em particular, a codigestão de dejetos de suínos com outros substratos, como os de galinhas poedeiras, tem se mostrado uma estratégia promissora para aumentar a produção de biogás e otimizar o gerenciamento de resíduos, apresentando vantagens em comparação com a monodigestão. Pereira et al. (2023) observaram que a produção de biogás na codigestão de dejetos de suínos

e galinhas poedeiras foi superior à produção na monodigestão em todas as condições de temperatura avaliadas (18 °C e 36 °C), sugerindo um efeito sinérgico positivo da mistura dos substratos, possivelmente devido ao melhor equilíbrio na relação carbono/nitrogênio, à complementação de nutrientes essenciais e à diluição de compostos inibidores presentes a monodigestão, essa interação favorece o desempenho microbiano e, conseqüentemente, aumenta a eficiência da produção de biogás, e tendo também o digestato resultante do processo de codigestão também apresentou um aumento na concentração de micro e macronutrientes, indicando seu potencial uso como biofertilizante na agricultura.

O investimento necessário para a instalação de um biodigestor depende do tamanho da propriedade e da quantidade de resíduos produzidos. Entre os modelos mais econômicos, como os de lagoas cobertas, os custos podem variar entre R\$. 60 e 500 mil. Para tornar essa tecnologia acessível, os produtores rurais podem recorrer a linhas de crédito específicas e a programas de fomento a energia renovável. Além de contribuir para a gestão adequada dos resíduos, o sistema oferece retorno financeiro por meio da redução de gastos com energia e fertilizantes, além da possibilidade de gerar receita com a venda do biogás, aumentando a sustentabilidade e a competitividade da produção agropecuária (MENDONÇA, 2025). Um exemplo de sucesso no uso de biodigestores é o da família Baratto, no Paraná, que transformou os resíduos da granja em biogás, com o sistema, passaram a gerar cerca de 25 mil kWh por mês, usando apenas uma pequena parte para consumo próprio e vendendo o excedente, isso lhes garante uma economia mensal de até R\$ 1,5 mil na conta de luz e um faturamento em torno de R\$ 12 mil com a venda da energia, o que acelera o retorno sobre o investimento de R\$ 680 mil feito na instalação do sistema (VONGHON, 2024). Para os casos de propriedades que haja um volume considerável de biogás, é possível realizar a sua purificação para a obtenção de biometano, que é um combustível renovável que pode abastecer veículos leves e pesados das propriedades (CIBIOGAS, 2018).

Dessa forma, a conversão em biogás revela-se uma alternativa viável tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. A tecnologia contribui para o aproveitamento eficiente dos resíduos orgânicos, reduzindo impactos ambientais e fortalecendo a sustentabilidade na suinocultura. Além disso, exemplos práticos como o da família Baratto demonstram que, com os devidos investimentos e suporte técnico, pode ser possível alcançar independência energética, gerar renda extra e acelerar o retorno financeiro, consolidando o biogás como uma solução estratégica para o futuro da produção animal.

4.3.4. Redução de Impactos Ambientais

O manejo adequado de subprodutos inorgânicos também é crucial para a sustentabilidade na suinocultura. O descarte inadequado de materiais, como plásticos e resíduos químicos, pode causar poluição, afetando a saúde pública e o meio ambiente (NASCIMENTO, 2021). A implementação de práticas de reciclagem e a escolha de materiais de embalagem mais sustentáveis podem ajudar a minimizar esses impactos. Por exemplo, a utilização de plásticos biodegradáveis para embalagens, representa uma das soluções mais promissoras para enfrentar os impactos ambientais causado pelo uso do micro-plástico na indústria, mesmo ainda sendo pouco explorado pelas mesmas (SILVEIRA, 2022). Além disso, a conscientização sobre a necessidade de reduzir o uso de plásticos e promover a reciclagem é fundamental para engajar todos os atores da cadeia produtiva.

A capacitação contínua dos produtores exerce um papel estratégico na adoção de práticas sustentáveis voltadas ao manejo adequado dos subprodutos. Nesse cenário, a educação ambiental torna-se um instrumento fundamental para estimular mudanças de percepção e comportamento, promovendo uma interação mais equilibrada entre as atividades agropecuárias o meio ambiente (SOARES, 2016). Além disso, a colaboração com empresas de reciclagem e instituições voltadas à conservação ambiental pode favorecer o desenvolvimento de soluções inovadoras para o gerenciamento de resíduos, reforçando o compromisso com a sustentabilidade e o uso eficiente dos recursos naturais.

4.4 Inovações e Aplicações Tecnológicas

4.4.1. Fertilizantes Orgânicos

A produção de fertilizantes orgânicos a partir de subprodutos da suinocultura é outra inovação que tem ganhado destaque. Segundo Oliveira et al. (2010) os dejetos suínos apresentam benefícios diretos, como o aumento da produtividade e a melhora na qualidade nutricional das forrageiras além de efeitos indiretos relacionados à melhoria das propriedades físicas e químicas do solo. Pesquisas mais recentes também indicam que seu uso eficiente pode diminuir dependência de fertilizantes sintéticos, gerando economia e favorecendo uma matriz produtiva mais sustentável (REVISTA FT, 2024). E temos a compostagem como uma prática comum para a produção de fertilizantes orgânicos de alta qualidade.

A demanda crescente por práticas agrícolas sustentáveis tem aquecido o mercado, impulsionado por consumidores mais atentos à origem e ao impacto ambiental dos alimentos. Esse cenário representa uma oportunidade para os produtores suínos diversificarem suas atividades, comercializando compostos orgânicos e ampliarem suas fontes de renda.

4.4.2. Colágeno e Gelatina

A extração de colágeno e gelatina a partir de subprodutos da suinocultura, representa uma inovação que agrega valor significativo a resíduos que, seriam descartados. O colágeno é uma proteína estrutural abundante em tecidos conectivos e pode ser extraído a partir de pele e ossos de suínos (MODOLON, 2024). A gelatina, por sua vez, é obtida através da hidrólise do colágeno e é amplamente utilizada na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética, o que aumenta ainda mais seu valor de mercado. O que difere os dois, o colágeno é uma proteína encontrada em tecidos animais, enquanto a gelatina é uma forma processada de colágeno (LIU et al., 2015).

As indústrias alimentícias estão cada vez mais em busca de fontes sustentáveis de ingredientes, e o colágeno derivado de suínos pode atender a essa demanda. Além disso, as inovações tecnológicas têm permitido a melhoria dos processos de extração de colágeno, aumentando a eficiência e a qualidade do produto final (MOHAMAD et al., 2023). Novas técnicas de extração, como a utilização de enzimas específicas, podem resultar em um colágeno de maior pureza e funcionalidade. Dentre isso, a aplicação de alguns métodos tradicionais para a recuperação de um produto passa por desafios, como o consumo elevado de energia. O mercado do colágeno é alto, e isso se deve ao uso crescente do produto em uma ampla variedade de indústria, como a de cosméticos e sua demanda no mercado. Esse crescente investimento do consumidor em saúde e bem-estar é outro fator que impulsiona a demanda (KIYAK et al., 2024).

A pele de porco é reconhecida como uma das principais fontes para a produção de gelatina em escala comercial. O método de extração ácida é comumente empregado para obter gelatina a partir da pele suína. Este processo geralmente envolve o tratamento da pele com soluções ácidas por um período de 10 à 45 horas (PRESTES, 2013). O tratamento ácido promove o inchamento do colágeno presente na pele, o que facilita a subsequente hidrólise e resulta em um maior rendimento de gelatina. Previamente ao tratamento ácido, a matéria-

prima pode passar por etapas de pré-tratamento, como a imersão em solução de NaOH para remoção de materiais não colagenosos. Após a etapa de hidrólise ácida e extração da gelatina, a solução obtida é geralmente filtrada e, posteriormente, submetida a processos como a liofilização para obtenção da gelatina em pó. A qualidade e o rendimento da gelatina final são influenciados não apenas pela fonte, mas também pelas condições do processo de extração, incluindo o tipo e a concentração do ácido utilizado (RATHER et al., 2022).

O tipo de colágeno encontrado e o Tipo 1, é o mais abundante e se encontra na pele, tendões, ligamentos e ossos, sendo uma proteína macromolecular, e a partir desse colágeno que é chamado de nativo pode-se obter o colágeno parcialmente hidrolisado que conhecemos como gelatina, a mesma e uma proteína solúvel obtida a por uma hidrólise controlada do colágeno, com isso podemos obter dois tipos de gelatina, a Tipo A (processo ácido) e B (processo alcalino). O processo ácido é o mais utilizado na indústria suína (PRESTES, 2013).

4.4.3. Biomateriais

Os biomateriais derivados de subprodutos suínos têm se destacado como uma solução inovadora em diversas áreas, incluindo a medicina regenerativa e a indústria alimentícia. O estudo e desenvolvimento de biomateriais que atuam como matrizes para a regeneração celular são determinantes para o surgimento de novas alternativas, como o transplante de válvulas cardíacas, córneas, rins coração, entre outros. Tratamento de lesões, sendo aplicado em curativos e enxertos que favorecem o processo de cicatrização, recuperação e proliferação celular (MORAES, 2023). A pesquisa e o desenvolvimento de novos biomateriais baseados em colágeno e gelatina têm avançado rapidamente, impulsionados pela demanda por soluções sustentáveis e biocompatíveis. A gelatina, por se tratar de um extrato natural, é de interesse no ramo biomédico e nutracêutico, como na formulação de medicamentos cicatrizantes e na produção de peptídeos bioativos: que possuem ação antioxidante, anti-hipertensa ou regenerativa (CAO et al., 2020; MICHELINI et al, 2020). Estudos estão sendo realizados para explorar a utilização de biomateriais na engenharia de tecidos, permitindo a criação de estruturas que imitam as propriedades dos tecidos naturais.

A fabricação de biomateriais originados de subprodutos suínos apresenta desafios, especialmente no que diz respeito a garantia da segurança e da qualidade dos produtos

obtidos. Para assegurar a viabilidade desses materiais no mercado, é fundamental a implementação de boas práticas de fabricação e o rigoroso controle de processos, alinhados às normas regulatórias vigentes, garantindo assim a confiabilidade e a aceitação dos produtos finais. Além disso, a conscientização sobre os benefícios dos biomateriais à base de subprodutos suínos pode ajudar a aumentar sua adoção em diversas aplicações (ALAO et al., 2017).

4.4.4. Utilização de Gelatina de Pele Suína para Embalagens Biodegradáveis

A pele suína, rica em colágeno, tem sido explorada como matéria-prima para o desenvolvimento de recipientes biodegradáveis, promovendo alternativas sustentáveis às embalagens convencionais, e, em um estudo recente, a gelatina extraída dessa pele foi combinada com pó de casca de noz e pó de casca de ovo, formando matrizes com boas propriedades mecânicas e resistência estrutural, sendo observado que a adição de pó de casca de noz aumentou a rigidez dos recipientes, embora tenha reduzido sua taxa de biodegradação, o que evidencia a viabilidade do reaproveitamento de resíduos suínos na criação de embalagens ecologicamente corretas (BERKI et al., 2022).

4.4.5. Biomateriais Médicos a Partir de Matriz Extracelular de Tecidos Suínos

Subprodutos da suinocultura, como a matriz extracelular de bexiga urinária suína, têm sido empregados na fabricação de scaffolds (são estruturas tridimensionais utilizadas na medicina regenerativa e na engenharia de tecidos para dar suporte ao crescimento de novas células e à formação de tecidos), para regeneração tecidual, devido à sua capacidade de modular processos de angiogênese (processo biológico pelo qual novos vasos sanguíneos se formam a partir dos vasos já existentes) e cicatrização, e, além disso, hidrogéis obtidos da matriz de prega vocal suína demonstraram propriedades antifibróticas, indicando aplicações promissoras em terapias de reabilitação vocal e regeneração de tecidos moles, esses biomateriais, consolidam uma estratégia inovadora e sustentável no campo da medicina regenerativa (QIU et al., 2022).

4.4.6. Partículas de Fosfato de Cálcio de Ossos Suínos para Aplicações em Refletância Solar

Explorando resíduos de ossos provenientes da suinocultura, pesquisadores desenvolveram partículas de fosfato de cálcio com propriedades excepcionais de refletância solar, o processo de síntese resultou em materiais com alta capacidade de refletir a luz solar, reduzindo significativamente o aquecimento de superfícies expostas sendo essa inovação destacada como uma solução sustentável para o revestimento de edifícios, contribuindo para a mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbano e para a eficiência energética, de modo que a utilização de ossos suínos, tradicionalmente descartados como resíduos de baixo valor, exemplifica uma aplicação inovadora de biomateriais em tecnologias ambientais (LIU et al., 2024).

5. DISCUSSÃO

A evolução da suinocultura contemporânea está intrinsecamente associada à capacidade do setor de adotar práticas sustentáveis no manejo de produtos e subprodutos gerados ao longo de toda a cadeia produtiva. Não se trata apenas de uma exigência ética ou ambiental, mas de uma condição estratégica para a manutenção da competitividade econômica em um mercado global cada vez mais orientado pelos princípios da sustentabilidade e da responsabilidade social.

Transformar subprodutos anteriormente considerados resíduos em insumos de alto valor agregado como componentes alimentícios, bioenergia,, fertilizantes e biomateriais representa uma das mais promissoras oportunidades de inovação para o setor. O uso eficiente desses materiais contribui para o fechamento dos ciclos produtivos, reduz a pressão sobre os recursos naturais e gera novos modelos de negócios, beneficiando produtores, consumidores e o meio ambiente.

No entanto, a consolidação dessa abordagem ainda enfrenta desafios significativos. A adoção de tecnologias sustentáveis exige investimentos robustos em pesquisa, desenvolvimento e infraestrutura, além da reestruturação de processos produtivos e logísticos. Nesse cenário, políticas públicas eficazes desempenham um papel crucial ao incentivar práticas ambientalmente corretas por meio de financiamentos direcionados, linhas de crédito verdes, incentivos fiscais e programas de capacitação técnica.

Paralelamente, a percepção e o comportamento do consumidor exercem influência determinante. A crescente valorização por produtos com menor impacto ambiental pode acelerar a adoção de práticas sustentáveis, sobretudo quando aliada a ações de educação ambiental, transparência nas cadeias produtivas e estratégias de marketing socioambientalmente responsáveis.

Portanto, o reaproveitamento de produtos e subprodutos da suinocultura não constitui apenas uma tendência emergente, mas uma necessidade premente para consolidar um modelo de produção animal viável economicamente, responsável do ponto de vista ecológico e socialmente aceito. A continuidade das pesquisas científicas, a colaboração entre diferentes áreas do conhecimento e o fortalecimento de políticas integradas são elementos essenciais para superar

os obstáculos existentes e pavimentar o caminho rumo a uma suinocultura mais inovadora, resiliente e sustentável.

6. CONCLUSÃO

O aproveitamento de subprodutos da suinocultura configura-se como um caminho estratégico para promover a sustentabilidade e otimizar o uso dos recursos naturais na produção animal. Considerando a expressiva geração de resíduos associada ao setor, a adoção de práticas de valorização desses materiais é essencial para mitigar impactos ambientais e agregar valor econômico. A conversão de subprodutos em novos insumos reforça a lógica da economia circular, fortalecendo cadeias produtivas mais eficientes e resilientes. Contudo, para que esse modelo se consolide, é imprescindível o fortalecimento de políticas de incentivo, bem como a disponibilização de suporte técnico e financeiro aos produtores. Investir nesse processo não apenas reduz desperdícios, mas também amplia as oportunidades de inovação e desenvolvimento sustentável, beneficiando a sociedade de forma ampla e duradoura.

7. REFERÊNCIAS

ABCS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Mapeamento da suinocultura brasileira**. Brasília: ABCS, 2020. Disponível em: https://abcs.org.br/wpcontent/uploads/2020/06/01_Mapeamento_COMPLETO_bloq.pdf. Acesso em: 09 maio 2025.

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2025**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2025/04/ABPA.-Relatorio-Anual-2025.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2025.

ALÃO, Babatunde O. et al. The potencial of animal by-products in food systems: Production, prospects and challenges. **Sustainability**, v. 9, n. 7, p. 1089, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/7/1089>. Acesso em: 01 jun. 2025.

ALBUQUERQUE, T.G.; COSTA, H. S. **Valorização de subprodutos: um contributo para a sustentabilidade alimentar e saúde pública**. Viver saudável, 2023. Disponível em: <https://www.viversaudavel.pt/valorizacao-de-subprodutos-um-contributo-para-asustentabilidade-alimentar-e-saude-publica/>. Acesso em: 27 maio 2025.

AUSTRALIAN PORK LTD. **Getting the Best Value from Manure Nutrients**. 2015. Disponível em: <http://australianpork.com.au/sites/default/files/2021-06/GBVMN.pdf>. Acesso em: 30 maio 2025.

BACKES, Gladis Maria. **Avaliação do processo de digestão anaeróbia na geração de energia a partir de dejetos suínos e bovinos de leite com suplementação de glicerina residual bruta oriunda da produção de biodiesel**, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gladis-Backes-Buehring/publication/277044177_Avaliacao_do_processo_de_digestao_anaerobia_na_geracao_de_energia_a_partir_de_dejetos_suinos_e_bovinos_de_leite_com_suplementacao_de_glicerina_residual_bruta_oriunda_da_producao_de_biodiesel/links/58124a0308ae29942f3e7aa7/Avaliacao-do-processo-de-digestao-anaerobia-na-geracao-de-energia-a-partirdedejetos-suinos-e-bovinos-de-leite-com-suplementacao-de-glicerina-residual-brutaoriundada-producao-de-biodiesel.pdf. Acesso em: 30 mai. 2025.

BERNAL, M. P.; ALBUQUERQUE, J. A.; MORAL, Raúl. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, 2009. Acesso em: 25 maio 2025.

BERKI, M. et al. **Development and Investigation of Biodegradable Food Containers Based on Gelatin from Pork Skin and Walnut Shell Powder and Eggshell Powder.**

Foods, v. 11, n. 16, p. 2513, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/23048158/11/16/2513>. Acesso em: 27 abr. 2025.

CAO, Sogmin et al. Structure and physical properties of gelatin from bovine bone collagen influenced by acid pretreatment da pepsin. **Food and Bioproducts Processing**, v. 121, p. 213-223, 2020. Acesso em: 24 maio 2025.

CIBIOGAS. 2018. MANUAL PARA CRIADORES DE SUÍNOS SUINOCULTURA E BIOGÁS: BENEFÍCIOS E DESAFIOS. Disponível em: https://cibiogas.org/blog/manualpara-criadores-de-suinos-suinocultura-e-biogas-beneficios-e-desafios/?utm_source=chatgpt.com.. Acesso em: 27 jun. 2025.

COSTA, Claudine Garcia Chaves da et al. Protein concentrates obtained from pig byproducts using pH-shifting technique: a preliminary study. **Ciência Rural**, v. 49, p. e20181048, 2019. Acesso em: 24 maio 2025.

COSTA, A. M. et al. Manejo de dejetos de suínos e aves: soluções sustentáveis para a produção animal. **Revista Feed & Tech**, 2020. Disponível em: <https://revistaft.com.br/manejo-de-dejetos-de-suinos-e-aves-solucoessustentaveis-para-aproducao-animal/>. Acesso em: 30 mai. 2025.

CARDINAL, Kátia Maria; DA ROSA, Daniele Pozzebon; RIBEIRO, Andréa Machado Leal. Conhecimento e preferências da população do Sul do Brasil sobre a carne de frango e suína. In: **OPEN SCIENCE RESEARCH V**. Editora Científica Digital, 2022. p. 155-162. Acesso em: 30 maio 2025.

DE ALMEIDA, GUSTAVO VILLAS BÔAS PIRES. Biodigestão anaeróbica na suinocultura. 2008. Disponível em: <https://arquivo.fmu.br/prodisc/medvet/gvbpa.pdf>. Acesso em: 30 maio 2025.

DIPLOMATA COMERCIAL. **Gordura animal e suas propriedades: qualidade e inovação no Brasil.** 2025. Disponível em: https://diplomatacomercial.com/glossario/gordura-animalesuas-propriedades-qualidade-e-inovacao-no-brasil/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 maio 2025.

EMBRAPA. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável.** Brasília, DF: EMBRAPA Agroenergia, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126255/aproveitamentoderesiduos-agroindustriais-uma-abordagem-sustentavel>. Acesso em: 27 mai. 2025.

EMBRAPA. **Potencial dos dejetos de suínos.** Circular Técnica, 2019. Disponível em: <https://infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1117243/1/final9052.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2025.

GABRIELA. 2024. **7 Melhores Tipos de Embalagem para carne.** Disponível em: <https://www.agriplasticos.com.br/blog/categorias/artigos/7-melhores-tipos-deembalagempara-carne#:~:text=As%20embalagens%20a%20v%C3%A1cuo%20s%C3%A3o,e%20qualidad e%20por%20mais%20tempo>. Acesso em: 29 mai. 2025.

GLOBO RURAL,2023. **Maior exportadora de carne suína do Brasil faturou R\$ 22 bi em 2022.** Disponível em: <https://globorural.globo.com/negocios/noticia/2023/02/maiorexportadora-de-carne-suinado-brasil-faturou-r-22-bi-em-2022.ghtml#>. Acesso em: 07 abr. 2025.

GOES, Rafael Henrique de Tonissi et al. Alimentos e alimentação animal. **Coleção Cadernos Acadêmicos**, 2013. Acesso em: <https://bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/nutricao/livros/ALIMENTOS%20E%20ALIMENTACAO%20ANIMAL.pdf>. Acesso em: 30 maio 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Tabela 3939-Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho, existente em 31/12, segundo as Grande Regiões, Unidades da Federação e Municípios. **Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 07 abr. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2024 registra recorde no abate de bovinos, frangos e suínos. **Agência de Notícias IBGE**,2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013->

agenciadenoticias/releases/42898-2024-registra-recorde-no-abate-de-bovinos-frangos-e-suinos. Acesso em: 25 abr. 2025.

KIYAK, Berrak Delikanli et al. “Advanced tecnologias for The collagen extraction from Ford waste – A review On recent progress.” **Microchemical Journal**, v. 201, p. 110404, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X24005162?via%3Dihub>. Acesso em: 28 maio 2025.

KONRAD, Odorico et al. Potential of biogas production from swine manure supplemented with glycerin waste. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 844-853, 2014. Acesso em: 28 maio 2025.

KUNZ, A. **Gestão de resíduos na produção animal. Volume III - Gestão e tratamento dos dejetos na suinocultura**. Brasília, DF: Embrapa; Concórdia, SC: Sbera, 2024.

Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1167466/1/Volume-III-Gestao-etratamento-dos-dejetos-na-suinocultura-Kunz.pdf>. Acesso em: 29 maio 2025.

LIU, X. et al. **Sustainable Production of High Solar Reflectance Calcium Phosphate Particles from Waste Animal Bones**. arXiv preprint, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2501.18130>. Acesso em: 27 abr. 2025.

Liu D, Nikoo M, Boran G, Zhou P, Regenstein JM. Collagen and gelatin. *Annu Rev Food Scitechnol*. 2015;6:527-57.doi: 10.1146/annurev-food-031414-111800. Epub 2015 Mar 23. PMID: 25884286. Acesso em: 27 jun 2025.

MACEDO, Flávia Junqueira de et al. Dimensionamento de biodigestores para tratamento de dejetos da produção suína. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/125072>. Acesso em: 24 maio 2025.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.

Assessoria de Gestão Estratégica. **Valor bruto da produção Agropecuária**. Jan. 2015. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/ministerio/gestaoestrategica/valor-brutodaproducao>>. Acesso em: 07 abr. 2025.

MARI, ÂNGELO GABRIEL. **Digestão anaeróbica de dejetos suínos na presença de produtos de limpeza e desinfecção na fase acidogênica**. 2014. Tese de Dourorado. Dissertação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura. 61p. Acesso em: 25 jun 2025.

MENDONÇA, Aline. 2025. O que é um biodigestor? Descubra como transformar resíduos da criação animal em energia e lucro. Disponível em: https://interligados.canalrural.com.br/suinocultura/o-que-e-um-biodigestor-descubra-como-transformar-residuos-da-criacao-animal-em-energia-e-lucro/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 jun 2025.

MICHELINE, Laura et al. Characterization of gelatin hydrogels derived from different animal sources. **Materials Letters**, v. 272, p. 127865, 2020. Acesso em: 25 jun 2025.

MODOLON, Henrique Borba. “Extração, secagem e aplicação do colágeno de peles de tilápia em membranas eletrofiadas para regeneração tecidual. 2024. Disponível em: <http://200.18.15.28/bitstream/1/11231/1/Henrique%20Borba%20Modolon.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MOHAMAD RAZALI, Umi Hartina et al. Improving collagen processing towards a greener approach: current progress. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 98, n.5, p. 1063-1082, 2023.

MORAES, R. E. Processo de regeneração celular com pele suína não apresenta riscos de rejeição imunológica, SciELO em Perspectiva / Press Releases, 24 Jan. 2023. Disponível em: <https://pressreleases.scielo.org/blog/2023/01/24/processo-de-regeneracao-celularcompele-suina-nao-apresenta-riscos-de-rejeicao-imunologica/>. Acesso em: 01 jun. 2025.

MÖLLER, K.; MÜLLER, T. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: a review. **Engineering in Life Sciences**, v.12, n. 3, p. 242-257, 2012. Disponível em: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/elsc.201100085>. Acesso em: 30 mai. 2025.

NASCIMENTO, Vitor Hugo da Silva. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais. **Revista analytica**, v. 27, n. 1, p. 36-48, 2021. Acesso em; 25 maio 2025.

NUTRITEC. **Uso de subprodutos na alimentação de suínos**. Disponível em: <https://nutritec.ind.br/uso-de-subprodutos-na-alimentacao-de-suinos/>. Acesso em: 27 mai. 2025.

O PRESENTE RURAL. **VBP da suinocultura salta 11% e supera R\$ 52 bilhões em 2024**. 19 mar. 2024. Disponível em: <https://opresenterural.com.br/vbp-da-suinocultura-salta-11esupera-r-52-bilhoes-em-2024>. Acesso em: 25 abr. 2025.

OLIVEIRA, M. W. De; SILVA, J. M. Da; FERREIRA, M. C.; SANTOS, R. D. Dos.

Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n. 4, p. 702-713, jul./ago. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/XSQwvBPVVgDTVk8PKnVRXwD/>. Acesso em: 01 jun. 2025.

PANIAGUA, C. E. da S.; SANTOS, V. de O. Potencialidade do uso de dejetos suínos como biofertilizantes, biogás e energia elétrica: da redução de custos à produção ao manejo ecologicamente mais sustentável. Brazilian Journal of Development, v.7, n.9, p.91987-92001, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/index.php/BRJD/article/view/36034>. Acesso em: 28 mai. 2025.

PEREIRA, Flávia E. de A., et al. Anaerobic co-digestion of swine and laying hen waste for biogas generation and digestate quality. **Engenharia Agrícola**, v. 43, p. e20220124, 2023. Acesso em: 27 jun. 2025.

PIETRAMALE, Rita Therezinha Rolim et al. **Emissões de gases de efeito estufa na suinocultura brasileira: uma revisão sistemática pelo método Proknow-C**. Multitemas, p. 95-118, 2024. Acesso em: 27 jun. 2025.

PIÑERO, Juan Carlos Morales; CLAVIJO, John Alexander; ORTIZ, Édison Maurício Rodriguez. Standardization of blood meal production process at a rendering plant using design of experiments. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 1335-1350, 2021. Acesso em: 20 maio 2025.

PRESTES, Rosa Cristina. Colágeno e seu derivados: características e aplicações em produtos cárneos. **Journal of Health Sciences**, v. 15, n.1, 2013.

QIU, D. et al. **Antifibrotic Hydrogels from Vocal Fold Matrices**. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 10, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8806998/>. Acesso em: 27 abr. 2025.

RATHER, J. A.; AKHTER, N.; ASHRAF, Q. S.; MIR, S. A.; MAKROO, H. A.; MAJID, D.; BARBA, F. J.; KHANEGAH, A. M.; DAR, B. N. **A comprehensive review on gelatin: Understanding impact of the sources, extraction methods, and modifications on potential packaging applications**. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 34, 2022, p. 100945.

REVISTA FT. Manejo de dejetos de suínos e aves: soluções sustentáveis para a produção animal. **Revista FT**, Ciências Agrárias, v.29, ed. 140, nov 2024. Disponível em: <https://revistaft.com.br/manejo-de-dejetos-de-suinos-e-aves-solucoes-sustentaveis-paraaproducao-animal/>. Acesso em: 27 mai. 2025.

Romay, C. C., Oliva, D. P., Hom, E. S., & Alegret, M. T. (2016, Junho 20). **Aproveitamentos dos sub-produtos suínos**. 333. Retrieved from

https://www.3tres3.com.pt/artigos/aproveitamentos-dos-sub-produtos-suinos_13125/.

Acesso em: 23 maio 2025.

ROÇA, R. de O. **Rendimento do abate de suínos**. 2015. Disponível em:

<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Rocal15.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2025.

SANTOS, M. C. et al. **"Produção de biocombustíveis a partir de gordura suína: perspectivas futuras."** *Energy & Environment*, v. 14, n. 2, p. 98-115, 2022. Acesso em: 27 maio 2025.

SECCO, C. Circular economy in the pig farming chain: Proposing a model for measurement. **Journal of Cleaner Production**, v.262, 121332, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620310507>. Acesso em: 30 mai. 2025.

SILVEIRA, Daniela da Cunha. Microplásticos: uma abordagem prática para produção de plástico biodegradável como estratégia de educação ambiental no ensino básico. **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 2, p. 82-89, 2022. Acesso em: 27 maio 2025.

SOARES, J. C. **Educação ambiental na educação infantil**: Brincadeiras com a turma do “sapinho amigo”. 2016, 89f. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2016. Acesso em: 1 jun. 2025.

SOUSA, Jonas Rogério de Mel; DE LIMA, Marieli. **Potencial dos resíduos do abate suíno como aproveitamento na produção de ração animal**: Uma revisão. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marieli-De-Lima/publication/360583895_POTENCIAL_DOS_RESIDUOS_DO_ABATE_SUINO_COM_O_APROVEITAMENTO_NA_PRODUCAO_DE_RACAO_ANIMAL_UMA_REVISAO/links/65009b7568ca5847e3d59d61/POTENCIAL-DOS-RESIDUOS-DO-ABATE-SUINO-COMO-APROVEITAMENTO-NA-PRODUCAO-DE-RACAO-ANIMAL-UMA-REVISAO.pdf?origin=publication_detail&tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRG93bmxvYWQiLCJwcmV2aW91c1BhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbiJ9fQ. Acesso em: 30 maio 2025.

USDA. United States Department of Agriculture. **Foreign Agricultural Service**. Livestock and Poultry: World Markets and trade. Disponível em: http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf. Acesso em: 06 abr. 2025. (2015a).

USDA. United States Department of Agriculture. **National Nutrient Database for Standard Reference**. Basic Report: 07034, Headcheese, pork. Disponível em: https://fas.usda.gov/sites/default/files/2025-03/Livestock_poultry-July-2023.pdf. Acesso em 06 abr. 2025.

VONGHON, Luiza. 2024. Produção de biogás a partir da suinocultura gera renda extra para produtores do Paraná. Disponível em: <https://sba1.com/noticias/noticia/32294/Producao-de-biogas-a-partir-da-suinocultura-gera-renda-extra-para-produtores-do-Parana>. Acesso em: 27 jun. 2025.

XUE, Yunan; WANG, Hui; MA, Yu. Economic benefits comparison of two pig breeding cycle modes - Taking Liaoning Province as an example. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2018. p. 042068. Acesso em: 06 abr. 2025.