



A viabilidade da produção de aves e suínos não deve (e não pode) depender de antibióticos.

Rafael Almeida da Silva

Fundação Cátedra Josué de Castro, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo – São Paulo capital – São Paulo– Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5049-9124>

Estela Catunda Sanseverino

Fundação Cátedra Josué de Castro, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo – São Paulo capital – São Paulo– Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8207-5573>

Gabriel dos Santos Ceretta

Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena– Paraná– Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4067-1672>

Alessandra Matte

Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena– Paraná– Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0502-6643>

Ricardo Abramovay

Fundação Cátedra Josué de Castro, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo – São Paulo capital – São Paulo– Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1836-5991>

Resumo

O objetivo deste ensaio é analisar mecanismos para a adoção do uso racional de antibióticos aplicados ao modelo de produção industrial de criação de aves e suínos. Por meio de uma revisão da literatura, os resultados encontrados apontam que o sistema atual pode alcançar este objetivo, adotando práticas de bem-estar animal e biossegurança, bem como pelo uso de aditivos alternativos, o que não implica mudanças drásticas no sistema de produção de aves e suínos e condiz com a oferta de proteínas animais de acordo com as necessidades metabólicas dos seres humanos. O uso excessivo de antibióticos leva à resistência bacteriana, enquanto a carne e os dejetos podem ser vetores de transmissão de bactérias resistentes. Dado o imenso poder da indústria que domina essas atividades, recomendamos a adoção de um sistema de registro e controle estatal do uso de antibióticos nas criações concentracionárias de suínos e aves, atualmente desconhecido no país. No mesmo sentido, propomos que pesquisas para identificação de aditivos biológicos de plantas nativas sejam incentivadas, a fim de garantir maior segurança e soberania alimentar e nutricional na oferta de alimentos derivados dessa atividade, especialmente para consumidores brasileiros.

Palavras-chave: Bem-Estar Animal. Biosseguridade. Indústria Agropecuária. Resistência Microbiana a Medicamentos. Saúde Única

The viability of poultry and swine production should not (and cannot) depend on antibiotics

Abstract

The aim of this essay is to analyze mechanisms for adopting the rational use of antibiotics applied to the industrial production model of poultry and pig farming. Through a review of the literature, the results found indicate that the current system can achieve this goal by adopting animal welfare and biosecurity practices, as well as by using alternative additives, which does not imply drastic changes in the poultry and pig production system and is in line with the supply of animal proteins in accordance with the metabolic needs of human beings. The excessive use of antibiotics leads to bacterial resistance, while meat and waste can be vectors for the transmission of resistant bacteria. Given the immense power of the industry that dominates these activities, we recommend the adoption of a system of state registration and control of the use of antibiotics in concentrated pig and poultry farming, which is currently unknown in the country. In the same vein, we propose that research into the identification of biological additives from native plants be encouraged, in order to guarantee greater food and nutritional security and sovereignty in the supply of food derived from this activity, especially for Brazilian consumers.

Keywords: Drug resistance Microbial. Animal Welfare. Biosecurity. Livestock Production. One Health.

La viabilidad de la producción de aves y cerdos no debe (y no puede) depender de antibióticos

Resumen

El objetivo de este ensayo es analizar los mecanismos de adopción del uso racional de antibióticos aplicados al modelo de producción industrial de la avicultura y la porcicultura. A través de una revisión bibliográfica, los resultados encontrados indican que el sistema actual puede alcanzar este objetivo mediante la adopción de prácticas de bienestar animal y bioseguridad, así como el uso de aditivos alternativos, lo que no implica cambios drásticos en el sistema de producción avícola y porcina y está en consonancia con el suministro de proteínas animales de acuerdo con las necesidades metabólicas del ser humano. El uso excesivo de antibióticos conduce a la resistencia bacteriana, mientras que la carne y los residuos pueden ser vectores de transmisión de bacterias resistentes. Dado el inmenso poder de la industria que domina estas actividades, recomendamos la adopción de un sistema de registro y control estatal del uso de antibióticos en la cría concentrada de cerdos y aves, actualmente desconocido en el país. En el mismo sentido, proponemos que se fomente la investigación para la identificación de aditivos biológicos a partir de plantas nativas, con el fin de garantizar una mayor seguridad y soberanía alimentaria y nutricional en el suministro de alimentos derivados de esta actividad, especialmente para los consumidores brasileños.

Palabras clave: Farmacorresistencia Microbiana. Bienestar del Animal. Bioaseguramiento. Industria Agropecuaria. Salud Única.

1 Introdução

Este ensaio aborda o uso de antibióticos na criação de sistemas concentracionários de aves e suínos e sua contribuição para o aumento da incidência de bactérias resistentes a antibióticos (*antimicrobial resistance* ou AMR-Bacteria) em seres humanos, em animais e no meio ambiente. A busca por respostas para a AMR-Bacteria tem ganhado destaque devido às crescentes preocupações socioambientais e de saúde pública, visto que a resistência bacteriana tem demonstrado maior dano à saúde humana do que o inicialmente esperado pelos especialistas (CDC, 2019).

O Brasil é o maior exportador de carne de aves e o quarto maior exportador de carne suína, responsável por comercializar o equivalente a 36% e 11% respectivamente do volume de exportação global com tendência a aumentar esta participação (FAOSTAT, 2022; Embrapa, 2023a, b). Este desempenho se apoia em inovações tecnológicas que permitem produzir mais produtos animais por unidade de calorias vegetais.

A expansão da criação de suínos e de aves em sistema intensivo no Brasil é resultado de um conjunto de processos que compreende melhorias no rendimento das culturas que alimentam esses animais (Heinke et al., 2020; El-Deek et al., 2021; Govoni et al., 2021), melhoria na formulação de rações alimentares para monogástricos (Pandey; Kumar; Saxena, 2019; Gaillard; Brossard; Dourmad, 2020; Gaudaré et al., 2021; Bahaddad et al., 2023; Bikker; Jansman, 2023), maior eficiência nos sistemas de produção frequentemente associados à intensificação (Chaiban et al., 2021; Kopler et al., 2023), preços favoráveis (Roiter; Vedenkina; Eremeeva, 2021; Proorocu et al., 2021; Farkašová; Országhová, 2023), com redução dos custos de transação e avanço da integração vertical (Dong et al., 2020; Herrero et al., 2023), movimentados principalmente pelo envolvimento estreito da indústria privada na condução destas dinâmicas (Sinclair; Yan; Phillips, 2019; Albernaz-Gonçalves; Antillón; Hötzel, 2022; Gržinić et al., 2023). Adicionalmente, as exportações brasileiras de carne de aves e de suínos aumentaram mediante mão de obra barata principalmente, se comparado a outros países, visto como “vantagem em termos de custos” (Davis et al., 2013).

Com base nessas premissas, este trabalho se concentra nos sistemas integrados e concentracionários de produção de aves e suínos, principais responsáveis por abastecer o mercado interno e exportador. O Brasil tem apresentado taxas elevadas de implantação de sistemas integrados de criação desses animais, comumente encontrados no Sul do país (Alves; Johann; Oliveira, 2023; Ceretta; Matte; Villwock, 2025).

Esse modelo de produção viabiliza-se por altas densidades populacionais de animais, normaliza uma taxa de mortalidade decorrente de condições ambientais subótimas para seu bem-estar e incorpora o uso de antibióticos de maneira protocolar, independentemente da existência de uma necessidade real. É um modelo cuja legitimação político-cultural apoia-se na ideia de que a demanda por carnes é explosiva (Whitton et al., 2021; Govoni et al., 2022; Neeteson et al., 2023; Matte et al., 2024). É importante sublinhar que existe uma vasta e recente literatura mostrando que o consumo de produtos animais é muito maior do que o necessário ao preenchimento das necessidades metabólicas dos seres humanos (Lancaster et al.

2018) globalmente e também, como mostra o artigo de Abramovay et al (2025), no Brasil.

Nestas criações concentracionárias, os animais são ameaçados por doenças que só não se materializam pelo uso em larga escala de antibióticos. Esse cenário é propício para a resistência cruzada de bactérias a antibióticos utilizados na saúde humana. Os riscos da continuidade desse modelo estão na potencial emergência de novas pandemias oriundas desse setor produtivo. Estimativas indicam que, entre 2025 e 2050, cerca de 39,1 milhões de vidas poderão ser perdidas diretamente devido à AMR-Bactéria, enquanto outras 169 milhões poderão ser impactadas por suas consequências (Naghavi et al., 2024).

É devido a este modelo de criação que há urgente necessidade de adoção de mudanças, especialmente considerando os altos riscos de contaminação para a saúde humana, a exemplo do alerta que começa emergir em torno de novas cepas de gripe aviária nos Estados Unidos, em virtude da rápida propagação do H5N1 não só entre aves e mamíferos selvagens, mas também no rebanho bovino e em gatos domésticos nos EUA (Kozlov, 2025). Considerando este cenário, o objetivo deste artigo é analisar mecanismos para a adoção do uso racional de antibióticos aplicada ao modelo de produção industrial de criação de aves e suínos, sem reduzir a escala de produção.

2 Material e método

O trabalho tem como objetivo responder a seguinte pergunta norteadora: “a urgente necessidade de reduzir o uso de antibióticos em criações concentracionárias é compatível com a oferta de produtos animais à altura das necessidades metabólicas dos seres humanos?”. Subjacente a esta pergunta está a premissa de que não se trata de renunciar à oferta massiva de proteínas animais e sim de adequar esta oferta às reais necessidades metabólicas dos seres humanos, o que abre caminho para métodos que garantam uma atividade de larga escala, mas cuja organização industrial não supõe o permanente uso de antibióticos (Lymbery, 2021).

Para atingir este objetivo, o trabalho se apoia em três conceitos centrais: Saúde Única (One Health); Bem-estar Animal; e Uso Racional de Antibióticos. A abordagem Saúde Única é apontada como uma "estratégia integrativa e unificadora que visa alcançar o equilíbrio sustentável e otimizar a saúde das pessoas, dos animais e do ecossistema" (FAO et al., 2021, p. 13). A saúde animal englobada na abordagem Saúde Única inclui critérios como o bem-estar animal (Gunnarsson, 2006), seu equilíbrio com o meio ambiente, com a saúde pública e a viabilidade econômica das atividades produtivas (Ducrot et al., 2011).

O conceito de bem-estar animal não é um consenso na literatura. Até recentemente, o tópico era associado ao fornecimento de alimento, água e medicação para permitir que os animais desempenhassem as funções econômicas para as quais foram criados. Recentemente, essa noção se expandiu e, hoje, é vasta a literatura que associa o bem-estar ao respeito à dignidade, à inteligência, à capacidade de brincar e à sociabilidade de seres dotados de inteligência (Sigsbee, 2023; Singer, 2023; Nusbaum, 2024).

Considerando que o modelo de produção dominante na suinocultura e avicultura agride o bem-estar animal, o que contribui para utilização excessiva de

antibióticos, é necessário discutir seu uso racional que, por sua vez, também abrange diversas definições. De acordo com a Organização Mundial de Saúde Animal (WOAH), o uso racional inclui a implementação de medidas práticas e recomendações destinadas a melhorar a saúde e o bem-estar dos animais e, ao mesmo tempo, prevenir ou reduzir a seleção, o surgimento e a disseminação de bactérias resistentes a antibióticos em animais e seres humanos. A União Europeia, por exemplo, proibiu o uso de antibióticos como aditivos alimentares promotores de crescimento e como uso preventivo, e que eles só devem ser usados de forma metafilática em grupos de animais nos casos de alto risco de propagação de doenças infecciosas para todo o rebanho (European Parliament, 2018).

Estabelecidos tais conceitos, para responder à pergunta de pesquisa foi realizada uma revisão da literatura científica, com o recorte na produção integrada e cooperada de aves e suínos dos sistemas agroindustriais. Os resultados estão organizados em três seções. A primeira apresenta um breve histórico da transformação desse setor produtivo e discute seus altos custos socioambientais. A segunda seção caracteriza o atual modelo de produção de aves e suínos no Brasil e discute a relação entre o uso excessivo de antibióticos nas granjas industriais e a disseminação de AMR-Bacteria para os seres humanos. A terceira seção propõe alternativas para promover o bem-estar animal e reduzir o uso de antibióticos nesse setor de produção.

3. Resultados

Nas subseções a seguir são analisados os principais avanços e recomendações para ajustes nos sistemas produtivos concentracionários de suínos e aves, visando a redução no uso de antibióticos. Essas análises, subsidiadas pela literatura recente, são dedicadas a propor mecanismos de mudança para o setor, estruturada em cinco tópicos, quais sejam: mudanças na produção de aves e suínos, a relação entre o uso excessivo de antibióticos na produção animal e a resistência bacteriana em seres humanos, reduzindo o uso de antibióticos por meio da promoção do bem-estar animal (suínos e aves), biossegurança para suínos e aves e uso de aditivos alternativos ao uso de antibióticos como promotores de crescimento.

3.1 Mudanças na produção de aves e suínos

Desde a década de 1950, com base no programa *Chicken-of-Tomorrow*, a criação de animais para consumo humano passou por um conjunto de inovações tecnológicas que permitiram um aumento espetacular na oferta (Bennett et al., 2018). A base dessas inovações inclui a concentração de animais em pequenos espaços, a homogeneidade genética (que produziu animais capazes de alta conversão alimentar), o uso em larga escala de antibióticos e um ambiente controlado (Albernaz-Gonçalves et al., 2024). Em 1948, o biólogo britânico Thomas Hughes mostrou que a introdução de pequenas doses de antibióticos na dieta de pintos e frangos aumentava a taxa de crescimento dos animais, mesmo na ausência de sinais de doenças. Antibióticos passaram a ser usados tanto para estimular o crescimento dos animais quanto preventivamente: a pesquisa científica promoveu

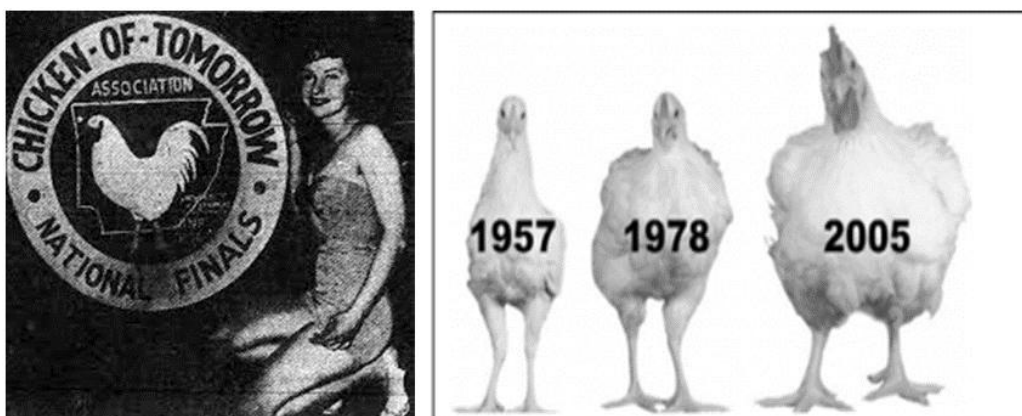
transformações que, de meados do século 20 até hoje, multiplicaram por cinco o peso médio das aves de criação industrial (Bennet *et al.*, 2018).

O contexto favorável para esse avanço da produção está relacionado ao fato de que a criação animal é contratualmente integrada às indústrias agroalimentares, que fornecem todos os insumos (grãos, medicamentos e pintainhos de um dia), e cuja genética é controlada globalmente por poucas empresas (Moraes & Capanema, 2012; Schlosser, 2024), que compram e industrializa a produção. Segundo o grupo de pesquisa Erosão Tecnologia e Concentração (ETC Group, sigla em inglês), apenas duas companhias controlam mais de 90% da genética dos frangos de corte do mundo (ETC Group *et al.*, 2022).

Nessa mesma esteira, encontra-se o fornecimento de grãos para a indústria. A produção de milho e soja tem consequências substanciais no uso do solo e em impactos ambientais, uma vez que são culturas/cultivos homogeneizadas, com uso intensivo de agrotóxicos que, ainda, competem com a alimentação humana (Monbiot, 2022; Godfray *et al.*, 2018) e que carregam imenso passivo de destruição de serviços ecossistêmicos. A exemplo, Tong *et al.* (2023) afirmam que a China pode diminuir a pegada ambiental nacional se aumentar as importações de alimentos para animais (soja e milho) e de carne suína, o que implica em atribuir o impacto para outros países. O Brasil participa dessa equação, na medida em que é o principal exportador da América Latina e Caribe (30,6% dos grãos comercializados), enquanto a Ásia é a principal importadora (Erenstein *et al.*, 2022). Isso significa que o Brasil é tratado como fornecedor de matéria prima, com ciência dos seus importadores, do impacto ambiental gerado pela produção.

Em 1930, a quantidade de peito produzida por um frango comercial era 80% menor em comparação com a produção atual (Figura 1) (Guo *et al.*, 2023). Da mesma forma, em 1970, um abatedouro típico nos Estados Unidos processava 3.000 frangos por hora. Esse número aumentou para 8.000 na década de 1980 e hoje chega a 15.000 animais por hora (Molteni, 2020).

Figura 1- Chicken of tomorrow



Autor: Laatsch (p. 1, 2024)

Peitos grandes, penas brancas para evitar a pigmentação da pele que afasta os consumidores, crescimento rápido e eficiente, tamanhos consistentes e temperamento gentil (Barbut & Leishman, 2022; Weimer *et al.*, 2022; Guo *et al.*, 2023)

são as características genéticas selecionadas ao longo de décadas de atividade comercial.

O rápido ganho de massa muscular exige o consumo quase constante de alimentos em um ambiente controlado, com iluminação que estimula longos períodos de alimentação e esforço físico mínimo para acessar esse alimento. A monotonia das raças e a inibição do comportamento natural (Queiroz & Cromber, 2006) resultam em um ambiente que desconsidera o bem-estar animal, promovendo estresse crônico e, conseqüentemente, a baixa imunidade. Além disso, no final de suas vidas, os animais são acometidos pelo sofrimento devido à incapacidade de suportar o rápido ganho de peso (Singer, 2023).

O mesmo ocorre na suinocultura. Embora o Brasil tenha uma diversidade de raças nativas, elas estão ausentes das prateleiras dos supermercados. A suinocultura teve uma trajetória de mudança mais lenta em comparação com a avicultura, o que se explica pela predominância do desenvolvimento de atividades voltadas para a subsistência e para os mercados locais, com poucas regras sobre padrões de fornecimento. A mudança na suinocultura acompanha as transformações nas fontes de gordura para o preparo de alimentos, em que a banha cede espaço aos óleos vegetais, levando à demanda por animais com mais carne e menos gordura (Fávero, 2011; Chernukha et al., 2023).

O modelo atual de suinocultura industrial abriga as porcas em espaços extremamente pequenos, suficientes para o parto e alguns dias com os leitões (Albernaz-Gonçalves; Antillón; Hötzel, 2022). Após o desmame, os animais são colocados em galpões de terminação, onde são alojados em grupos de tamanho semelhante. As práticas de desmame, transporte e alojamento geram altos picos de estresse e a conseqüente redução da imunidade, com ocorrências de diarreia, problemas respiratórios, distúrbios locomotores, lesões na cauda, nas orelhas e no corpo (Ortin-Bustillo et al., 2022; Bučková et al., 2022). Durante a terminação, os animais machos são submetidos ao controle da produção de testosterona, comumente injetada, para evitar o forte odor da carne para os consumidores (Tavares & Silva, 2024).

O pacote tecnológico descrito permitiu a redução dos preços da carne, aumento do acesso e do consumo mundiais (Borlaug, 2002). Os produtos gerados pela criação de suínos e aves são aqueles cujo consumo foi o que mais aumentou globalmente em comparação a outras carnes. Herrero et al. (2023) destacam que o crescimento mais rápido na produção foi o da carne de aves, que quase triplicou globalmente entre 1990 e 2015, seguido pela produção de ovos e de carne suína. Os autores se referem a esse aumento como a "explosão monogástrica". Essa explosão é caracterizada pelo consumo de alimentos de origem animal que excedem os níveis saudáveis em quase todas as regiões do mundo (Ranganathan et al., 2016; Berners-Lee et al., 2018), exceto em algumas áreas da África e da Ásia. Herrero et al. (2023) apontam que o Brasil é o campeão global desse crescimento, especialmente com relação a aves e bovinos, e a China em suínos.

A expressiva participação dos produtos de origem animal na dieta humana, especialmente os originados de animais monogástricos, foi baseada em práticas que agredem o bem-estar animal. Esse cenário fez com que esse modelo de criação concentracionária fosse altamente dependente do uso excessivo de antibióticos. A

relação entre a produção concentracionária e a aplicação em larga escala desses medicamentos será detalhada no próximo tópico.

3.2 A relação entre o uso excessivo de antibióticos na produção animal e a resistência bacteriana em seres humanos

Na produção animal, os antibióticos são usados para fins terapêuticos, profiláticos, metafilático e como promotores de crescimento (Woolhouse, 2015). O uso excessivo desses medicamentos exerce pressão seletiva sobre as bactérias presentes nos animais, que podem desenvolver resistência por meio de mecanismos como mutações ou transferência horizontal de genes (Albernaz-Gonçalves et al., 2022). Estima-se que 70% dos antibióticos produzidos globalmente sejam destinados à produção animal, sendo que os principais países consumidores são a China (45% do total), o Brasil e os EUA (cerca de 8% do total cada) (Tiseo et al., 2020; Albernaz-Gonçalves et al., 2024).

O uso excessivo ocorre devido a um contexto estrutural de um ambiente de produção intensificado com diversidade genética reduzida (Albernaz-Gonçalves et al., 2024), não adaptado às necessidades dos animais de expressar seus comportamentos intrínsecos (Fu et al., 2024), e práticas de manejo dolorosas sem analgesia (Wallace, 2009). Esse ambiente estressante reduz a capacidade do sistema imunológico dos animais de desacelerar a transmissão de infecções (Ma et al., 2021). Além disso, o tamanho, a densidade e a saúde inadequada dos animais facilitam uma maior taxa de transmissão de doenças no rebanho (Atterby et al., 2019). Portanto, as condições mantidas pelo setor pecuário se refletem em sua dependência do uso excessivo de antibióticos.

Estudos moleculares descobriram a presença de microrganismos com perfis genéticos de resistência semelhantes em animais, humanos (Díaz et al., 2013) e na carne animal (Lazarus et al., 2015), demonstrando a transmissão de AMR-Bactéria por meio do contato com animais e do consumo de alimentos, seja por meio de microrganismos inteiros ou de genes de resistência antimicrobiana (ARGs) entre bactérias (Verraes et al., 2013). A evolução recente da contaminação por H5N1 nos Estados Unidos é a mais recente corroboração destes estudos (Kozlov, 2020).

Apesar do cumprimento do período de carência durante o ciclo de vida do animal e das técnicas de processamento (cozimento, resfriamento, congelamento etc.) reduzirem o risco de disseminação da AMR-Bactéria (Rana et al., 2019; James et al., 2021), existe a possibilidade dos ARGs serem transferidos para a flora bacteriana humana, pois o DNA bacteriano é resistente a altas temperaturas e, possivelmente, à digestão humana (Bennani et al., 2020). Embora ainda não seja possível mensurar a relevância da transferência genética de ARGs para a saúde pública (Codex Alimentarius, 2021), estão sendo feitos avanços neste sentido.

Mesmo que haja Limites Máximos de Resíduos (LMRs), aceitáveis nos alimentos como medida de segurança, determinados por governos e instituições internacionais (Ben et al., 2019), a exposição crônica a baixas quantidades de resíduos de antibióticos veterinários de amplo espectro pode exercer pressão seletiva sobre a flora bacteriana patogênica e comensal (Wang et al., 2016). As doses de LMR de alguns antibióticos são 1.000 vezes maiores do que a dose mínima necessária para selecionar ou promover resistência em uma bactéria (Ji et al., 2010).

Outra rota possível é o despejo de dejetos da produção animal contendo altas doses de antibióticos ativos no meio ambiente, contaminando o solo, o ar e os mananciais de água (Wang et al., 2016). Embora a vida útil dos resíduos de antibióticos seja curta (variando de horas a 100 dias) no meio ambiente (Hamscher et al., 2002), esses resíduos podem ser considerados contaminantes persistentes devido ao ininterrupto despejo de resíduos de medicamentos por meio da produção animal e de outras fontes, como a indústria farmacêutica, esgoto humano e lixiviamento de aterros sanitários (Anthes & Mandavilli, 2024). Uma vez no ambiente, esses resíduos podem exercer pressão seletiva sobre as bactérias no microbioma, contribuindo para a formação de uma reserva ambiental de bactérias resistentes e genes de resistência (Wang et al., 2016).

Evidências mostram a disseminação de patógenos entre espécies diferentes. Esse pode ser o caso ocorrido em abril de 2024, quando vacas foram contaminadas com a gripe aviária (H5N1). Os especialistas estão investigando a possibilidade desse contágio por meio do consumo de alimentos que continham em sua composição resíduos de aves e de produtos derivados de aviários (Karesh et al., 2012). A pressão seletiva produzida nas bactérias e o desenvolvimento de resistência provocados pelo uso de antibióticos é um exemplo de como esses microrganismos podem evoluir em um curto período (British Poultry Council, 2023).

A estrutura tecnológica existente frequentemente desconsidera os requisitos éticos e de saúde que os métodos sustentáveis de criação animal supõem. Ao contrário, ela promove a proliferação de doenças infecciosas e o uso excessivo e indevido de antibióticos. Isso contribui com o agravamento de um problema contemporâneo significativo destacado pela Organização Mundial da Saúde: AMR-Bacteria. Em 2019, 4,95 milhões de mortes foram associadas a infecções bacterianas resistentes (Murray, 2020), e a AMR-Bacteria tem o potencial de se tornar a principal causa de morte até 2050 (O'Neil, 2016; Albernaz-Gonçalves et al., 2024). Além disso, já existem registros de resistência para os antibióticos que estão sendo desenvolvidos ou que foram recém aprovados para uso clínico (Martins et al., 2025), o que reforça a urgência para redução do uso de antibióticos neste setor.

Embora a AMR-Bacteria não se limite aos impactos decorrentes do uso de antibióticos em fazendas industriais e do uso excessivo por humanos, trabalhos científicos e autoridades de saúde globais defendem mudanças nos sistemas de produção que possam contribuir conjuntamente com a saúde humana no enfrentamento da questão (UNEP, 2023). Entre essas mudanças, destacam-se a promoção do bem-estar animal, a implementação de medidas de biossegurança e o adoção de aditivos alternativos para reduzir o uso de antibióticos no setor de produção. De fato, é essencial reconhecer o progresso feito nesse sentido desde o início do século XXI.

De 2012 a 2023, os dados do British Poultry Council demonstraram uma redução de 98,7% no uso de antibióticos de importância crítica para a saúde humana na criação de aves no Reino Unido (British Poultry Council, 2023). Esses resultados foram alcançados com o aumento do uso de antibióticos ionóforos (não importantes para a saúde humana), sem a aplicação de medidas para melhorar o bem-estar animal. Isso significa que os resultados podem ser maximizados se forem aplicadas medidas de bem-estar, biossegurança e uso de aditivos como alternativa ao uso de antibióticos (Nunan, 2022).

3.3 Reduzindo o uso de antibióticos por meio da promoção do bem-estar animal: Suínos e aves

Este tópico apresenta práticas de bem-estar animal, começando com os suínos e depois com as granjas de aves. Existem várias técnicas para promover o bem-estar animal, sendo a primeira delas a seleção genética e a busca de características que reduzam a demanda por antibióticos. Por exemplo, selecionar espécies com maior resiliência a fatores de estresse ambiental e patógenos (Fu et al., 2024) ou matrizes que produzam um número de leitões correspondente ao número de tetas, reduzindo o estresse da porca e dos leitões e melhorando a saúde dos animais (Andersson et al., 2020; Fu et al., 2024). Além disso, a produção de machos com baixos níveis do hormônio escatol, eliminando a necessidade de castração, reduziria os conflitos durante o período de engorda e, ao mesmo tempo, garantiria a qualidade da carne (Lazul, 2021).

Outra possibilidade é modificar o manejo desses animais para promover seu bem-estar. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), unidade Suínos e Aves, propôs um sistema de produção em família de suínos sem o uso coletivo de antibióticos. Essa prática consiste na destinação dos leitões para terminação, alocando os animais irmãos nas mesmas baias, o que proporciona condições para reduzir o estresse causado por mudanças de ambiente. Atualmente, não há controle sobre os graus de parentesco dos animais para sua alocação nas granjas responsáveis pela terminação (Wilbert et al., 2019).

Wilbert e colaboradores (2019b) apontam que, utilizando o princípio da redução da densidade, a criação em família e as boas práticas de produção, é possível criar suínos sem o uso coletivo de antibióticos com bons resultados produtivos e sanitários. Na criação em família, o registro de lutas e agressões entre os suínos é de apenas 5%, independentemente do sistema de alojamento (Li & Wang, 2011). Além disso, Bernaerdt et al. (2022) demonstraram que fazendas produtoras de porcos que adotaram o manejo por leitegada não utilizaram antibióticos com finalidade preventiva. Os autores apontam que o manejo da produção em família ainda é voltado para a produção em escala reduzida (85-300 porcos). Cabe aos próximos estudos replicarem este modelo na produção em larga escala para que possa ser amplamente adotado pelos sistemas integrados cooperativos e agroindustriais.

Propõe-se que este protocolo de manejo seja implementado por meio da marcação indolor da leitegada para identificar individualmente os animais conforme sua afiliação genética, com o objetivo de alocá-los em baias organizadas com base em laços familiares, em oposição à prática convencional de classificá-los apenas com base em suas dimensões corporais. Portanto, seria possível aplicar a prática de criação em família na produção em larga escala. Essas estratégias são interessantes porque os porcos têm uma forte natureza familiar. Respeitar as características intrínsecas dos suínos cria um ambiente menos estressante, resultando em imunidade fortalecida (Hallenberg et al., 2020; Huong et al., 2021), o que indica menor necessidade de antibióticos e respeito à sua dignidade.

O enriquecimento ambiental também desempenha um papel importante na saúde dos suínos, contribuindo para estados afetivos positivos ao longo das fases de criação e reduzindo comportamentos como mordedura da cauda entre os animais que dividem a baia (Melotti et al., 2011). Em geral, habitações enriquecidas podem

favorecer a imunidade do animal e o estabelecimento da microbiota intestinal no início da vida (Henry et al., 2021; Fu et al., 2024). O comportamento exploratório é inato aos suínos, portanto, ambientes enriquecidos são essenciais (Henry et al., 2021). Por exemplo, maternidades enriquecidas com materiais mastigáveis têm o potencial de induzir tendências exploratórias entre os leitões e, ao mesmo tempo, promover interações mais frequentes e indolores entre os leitões e o úbere. Em última análise, isso pode levar à redução dos níveis de estresse e na gravidade das lesões cutâneas em porcas lactantes (Herskin et al., 2016).

Essas práticas são reconhecidas cientificamente e têm eficácia comprovada, além de não serem caras e estarem em conformidade com o sistema de pecuária intensiva (D'Eath et al., 2016; Peden et al., 2018). No entanto, apesar dessas descobertas, o uso do enriquecimento ambiental raramente é orientado por indústrias integradoras e dificilmente encontrado em estabelecimentos de criação intensiva (Fu et al., 2024). Isto pode demonstrar uma comunicação ineficaz entre a comunidade científica, os consultores locais e os fazendeiros (Olmos et al., 2018).

A mudança do uso de gaiolas de gestação para prática de baias coletivas é extremamente necessária para promover o bem-estar das matrizes. O estresse crônico pode gerar frustração e agressão nas porcas durante o período de pré-parto (Verdon et al., 2015). Somado o manejo correto das baias coletivas, com oferta de nutrientes e enriquecimento ambiental pode favorecer a eficiência reprodutiva e a longevidade dos indivíduos (WAP, 2018), além de apresentar um desempenho financeiro mais eficiente do que a gestação em gaiolas (Mauro et al., 2016).

A Instrução Normativa Brasileira nº 113 de 2020 (Brasil, 2020) estabelece que, até 2045, os produtores de suínos devem implementar o sistema de produção em baias coletivas. A razão para o longo prazo de implementação é devido aos custos financeiros implicados ao sistema de produção.

A porcentagem de porcas mantidas em sistemas de alojamentos coletivos no Brasil varia conforme os fornecedores. De acordo com o relatório do Observatório de Suínos (Alianima, 2023), Pamplona, Aurora e JBS têm mais de 79% de seus rebanhos de porcas nesse sistema, enquanto Alegria e Frimesa estão abaixo de 50%. Esses dados refletem que o setor de suínos é capaz de adaptar essas práticas sem perder a produtividade. Entretanto, é necessário adotar mais práticas de bem-estar para reduzir uma quantidade significativa do uso de antibióticos pelos suinocultores.

O período de amamentação também pode impactar na resposta imunológica dos leitões ao longo de sua vida, devido à importância desta fase para produção de anticorpos, calor e energia (Quesnel et al., 2012). O fornecimento de colostro durante as primeiras horas após o nascimento é crucial para a proteção intestinal e a imunidade passiva dos leitões (Lynegaard et al., 2021). O desmame em idades mais avançadas (> 28 dias) com manejo alimentar correto contribui para uma microflora bacteriana mais diversificada e abundante no trato gastrointestinal, o que tende a reduzir a incidência de diarreia e o uso de antibióticos nessa fase da vida (Weary et al., 2008; Pluske et al., 2018). Com relação aos pisos das granjas, estes devem ser construídos para evitar escorregões e quedas, promovendo a saúde e reduzindo a possibilidade de lesões no aparelho locomotor, especificamente nos cascos dos animais.

Supressão de gaiolas, alojamento adaptado, manejos que garantam o bem-estar dos suínos e reagrupamento familiar favorecem melhores condições de bem-

estar animal e podem ser adaptados aos métodos produtivos integrados e cooperados sem perdas de desempenho econômico. A implementação dessas alternativas tende a aumentar a imunidade dos animais, o que reduz o uso e o gasto com antibióticos, ao mesmo tempo em que melhoram a eficiência produtiva.

No caso das aves, mais especificamente de galinhas poedeiras, em condições naturais, possuem certos comportamentos como ciscar, tomar banhos de areia, fazer ninhos para seus ovos, realizar pequenos voos, fugir de aves dominantes, esticar as asas, espojar-se, bicar objetos e forragear. Tais comportamentos são restringidos em sistemas de produção em gaiolas. Para garantir maior bem-estar, é importante considerar sistemas de produção semi-intensivos (ou produção livre de gaiolas), nos quais o espaço para expressão de seus comportamentos é ampliado em comparação com os sistemas convencionais. A redução do estresse e a melhoria do bem-estar das aves exigem atenção ao tamanho do lote, à qualidade da cama, à presença e à distribuição de poleiros, ninhos, espaços de livre movimentação e ao enriquecimento ambiental (Silva et al., 2020). Por exemplo, proporcionar um ambiente menos estressante por meio de um manejo alimentar adequado, acesso a piquetes, fornecimento de poleiros altos e ninhos são algumas estratégias que podem auxiliar na prevenção da bicagem severa de penas das galinhas poedeiras.

O mesmo se aplica à produção de frangos de corte: a demanda dos sistemas de produção intensiva por antibióticos deriva da alta densidade de animais e dos baixos níveis de bem-estar. A alta densidade populacional sem oportunidade para esses animais expressarem sua natureza afeta negativamente seu conforto e sua saúde (Mocz et al., 2022; Eijk et al., 2023; Grandin et al., 2023). Por exemplo, Eijk et al. (2023) constatam que frangos de corte em ambientes de baixa densidade (24 e/ou 30 kg/m²) apresentaram indicadores superiores de bem-estar, qualidade da ninhada e desempenho, em comparação com aqueles alojados em densidades mais altas (36 e/ou 42 kg/m²).

Nesse sentido, Iannetti et al. (2021) demonstram que a produção de frangos de corte em escala comercial pode ser feita sem antibióticos, produzindo resultados de bem-estar e saúde animal iguais ou superiores aos dos sistemas convencionais. A taxa de mortalidade também foi semelhante em ambos os sistemas de produção. Além disso, a redução da densidade de frangos para 30 kg/m² aumentaria os custos de produção em 5%. Isso demonstra o potencial de produção relevante dos sistemas de criação sem antibióticos que atendem às condições que priorizam o bem-estar animal e, ao mesmo tempo, permitam produção massiva a custos relativamente baixos (Nunan, 2022).

De acordo com as recomendações da Embrapa (Silva et al., 2020), que visam o bem-estar das galinhas poedeiras, deve-se prevenir a bicagem severa de penas e o canibalismo, além de evitar a muda induzida (jejum alimentar) e favorecer a iluminação natural e a eutanásia em caso de patologia individual do animal.

Devido à alta sensibilidade das aves à luminosidade, a luz pode ser uma ferramenta para melhorar a produtividade e o bem-estar animal nos sistemas de produção. Quando não é possível fornecer luz natural, a luz artificial deve seguir certos parâmetros, como um programa de redução e aumento gradual (Silva et al., 2020). Em contrapartida, quando expostas à luz branca, as aves tendem a apresentar comportamento agressivo e desconforto.

O estresse ambiental decorrente da exposição a temperaturas altas ou baixas e a alta densidade populacional afetam negativamente a saúde das aves, além de provocar perdas no crescimento, na qualidade e na quantidade de carne e ovos, o que gera prejuízos econômicos (Bilal et al., 2021). O estresse térmico contribui para alterações comportamentais, fisiológicas e imunológicas nos animais. A adoção de programas de luz intermitentes, a melhoria dos sistemas de ventilação, a densidade adequada de animais, a criação em gaiolas abertas e a nutrição adequada são alternativas para atenuar esses efeitos.

3.4 Biosseguridade para suínos e aves

A biosseguridade é uma questão crucial ligada à economia, à saúde pública e à segurança alimentar e nutricional humana. Um programa de biosseguridade consiste em várias etapas relacionadas ao acesso ao sistema de produção, ao transporte de animais, funcionários e visitantes, à quarentena e à adaptação aos vetores de infecção, a um programa de limpeza e desinfecção (PLD), ao monitoramento da saúde do rebanho e ao manejo de dejetos e carcaças (Barcellos et al., 2008).

O aumento da escala de produção, a ineficácia dos antibióticos contra vírus e a pressão para reduzir o uso desses medicamentos tornaram as medidas de biosseguridade ainda mais importantes para garantir a segurança sanitária do rebanho (Morés et al., 2015). Essas medidas devem ser combinadas com práticas de bem-estar animal, enriquecimento ambiental, nutrição e programas de vacinação.

Uma das práticas de biosseguridade é o vazio sanitário, um processo de limpeza e desinfecção que visa eliminar ao máximo agentes causadores de enfermidades, os quais podem ser resquícios do lote de animais anterior ou ter seu desenvolvimento proporcionado pelas condições do ambiente. Esse processo envolve uma lavagem bruta seguida de uma lavagem minuciosa usando água quente/fria com detergentes para desinfecção. Além disso, os ambientes permanecem interditados para eliminar as condições para a proliferação de vírus ou bactérias. Morés e Gava (2017) destacam que a lavagem e a desinfecção eliminam cerca de 97% dos microrganismos bacterianos, com o restante desses agentes residindo nas rugosidades e poros presentes no piso. O objetivo não é esterilizar o ambiente e sim eliminar as possíveis bactérias patogênicas que podem acometer o rebanho.

A eficácia de cada etapa de limpeza reduz significativamente as proporções dos agentes contaminantes. No Brasil, o vazio sanitário só é obrigatório para doenças de notificação obrigatória, como Aujeszky em suínos (Brasil, 2007) e Newcastle ou influenza aviária em aves (Brasil, 2002). A prática do vazio sanitário em suínos é feita em um período considerado insuficiente (<5 dias). Portanto, recomenda-se que o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) determine às cooperativas e integradoras que implementem um período mínimo aceitável de vazio sanitário, de práticas de limpeza e de desinfecção, mesmo quando não houver registro de doenças. O tempo mínimo para suínos é de 7 dias (Morés & Gava, 2017), e para aves, pelo menos 15 dias (Bassi et al., 2006), dependendo da ocorrência de doenças. Não há perdas econômicas nesse processo em comparação com os lucros da produção (Martinelli et al., 2020).

Para garantir o conforto térmico, o sistema de criação de aves utiliza camas nos aviários. Essas camas são compostas de material seco e macio, como casca de arroz, maravalha ou serragem, sabugo de milho triturado, bagaço de cana, casca de amendoim, de café ou feno de gramíneas. Esse material permite que os animais expressem seu instinto de coçar, além de reduzir as lesões em regiões como tórax, articulações e patas (Dittoe et al., 2018; Dornelas et al., 2023). A cama é comumente reutilizada para outros lotes, respeitando e controlando a produção de amônia, pois a volatilização em quantidades inadequadas deste gás prejudica os olhos e os pulmões dos animais (Dornelas et al., 2023). Como estratégia para controlar a produção de amônia e estabilizar a basicidade do pH, Dornelas et al. (2023) afirmam que as técnicas de compostagem com tratamento biológico garantem a reutilização eficiente da cama para outros lotes de aves sem que seja destinada à alimentação animal, como ocorre em alguns países, a exemplo do Brasil.

O transporte de animais é extremamente estressante. O contato humano, o encarceramento e as etapas de embarque e desembarque elevam os níveis do hormônio cortisol. Este estresse se reflete na baixa imunidade dos animais, o que explica o uso frequente de antibióticos no início do alojamento de leitões para terminação e de pintinhos em granjas de criação. Essa situação pode ser atenuada com duas estratégias. Uma delas é o transporte dos animais de acordo com os regulamentos de bem-estar animal. A segunda diz respeito ao ambiente onde esses animais são alojados. No caso dos suínos, manter os animais em famílias e fornecer enriquecimento das baias. No caso das aves, o enriquecimento ambiental e a temperatura adequada.

As leis e regulamentações relacionadas ao transporte de animais vivos como carga podem variar de acordo com o país. A nível internacional, a referência é a "Convenção Internacional para a Proteção dos Animais de Transporte", da WOAH (2024). No Brasil, não existe uma norma que garanta o bem-estar animal durante o transporte. O Projeto de Lei nº 173/23 (Brasil, 2023), que ainda tramita na câmara legislativa, é uma tentativa de avançar na regulamentação do transporte de animais de produção no Brasil. Segundo a proposta, os veículos de transporte devem ser adaptados (largura e altura) a cada espécie e construídos para evitar sofrimento, lesões e minimizar a agitação dos animais.

3.5 Uso de aditivos alternativos ao uso de antibióticos como promotores de crescimento

Produtos alternativos aos antibióticos como promotores de crescimento incluem plantas herbais, acidificantes, enzimas, probióticos, prebióticos, simbióticos, bacteriófagos e peptídeos antimicrobianos (Rahman et al., 2022).

As enzimas são proteínas biologicamente ativas que causam a quebra de ligações químicas dos nutrientes em compostos menores para posterior digestão e absorção pelo organismo animal. Estas aumentam a estabilidade intestinal e melhoram a capacidade do intestino de se proteger contra o acúmulo de bactérias indesejadas. A utilização da enzima α -mananase exógena demonstrou reduzir a diarreia pós-desmame de leitões jovens sem comprometer a saúde intestinal ou reduzir a eficiência no ganho de peso (Roofchaei et al., 2019). Outros estudos demonstraram a eficiência de várias enzimas, sozinhas ou combinadas com outros

compostos como acidificantes, na redução de episódios de diarreia em leitões jovens no pós-desmame (Vangroenweghe et al., 2023).

As plantas herbais têm propriedade lipofílicas e capacidade de se ligar ou danificar membranas que possibilitam a atividade antimicrobiana sinérgica (Rahman et al., 2022). O uso de óleos como timol e carvacrol, extraídos de tomilho e orégano, em frangos, promoveu o crescimento animal, demonstrou atividade enzimática antioxidante, além de respostas digestivas e imunológicas (Hashemipour et al., 2013). Ademais, em outro estudo, o uso de orégano como aditivo alimentar suprimiu o crescimento de bactérias coliformes nocivas em frango, sem afetar o crescimento de bactérias benéficas (Navarro et al., 2015).

Todos os ácidos possuem atividades antibacterianas. Os modos de ação são diversos, podendo reduzir o número de bactérias, modular secreções pancreáticas e a morfologia das mucosas, como também inibem processos inflamatórios (Ferronato & Prandini, 2020) (Markazi et al., 2019). Produtos contendo ácidos propiônico e fórmico, ou ácido acético e cinamaldeído, podem reduzir a resposta imunológica e a contagem de *Salmonella spp* em galinhas poedeiras (Markazi et al., 2019). Resultados de uma revisão sistemática demonstraram que a utilização de ácidos como aditivos promovem o ganho de peso em suínos, principalmente em leitões jovens na fase de creche (Wang et al; 2022).

Bacteriófagos são vírus que podem infectar células bacterianas e causar a morte celular (Rahman et al., 2022). Estes também têm demonstrado modular a resposta imune adaptativa por meio de fagocitose e ativação de citocinas inflamatórias (Zheng et al; 2021). O uso de bacteriófagos como controle biológico em frangos reduziu *Campylobacter jejuni* sem efeitos colaterais sobre a flora intestinal (Richard et al., 2019). Hong et al. (2013) demonstraram a redução do número de bactérias isoladas e da mortalidade dos frangos tratados com bacteriófagos em comparação ao grupo controle.

Os probióticos são microorganismos vivos (bactérias ou fungos) que são administrados em quantidades adequadas para proteger a saúde do hospedeiro (Rahman et al., 2022). Seu uso promove o aumento de microorganismos benéficos como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, e impede o crescimento de bactérias maléficas como *Salmonella enteritidis* (Abd-El Hack et al., 2020). Liao e Nyachoti (2017) revisaram estudos que mostram a melhora da saúde intestinal, digestibilidade de nutrientes e ganho de peso em suínos após o uso de probióticos. O uso deste composto também promove o aumento da ingestão diária de ração e a conversão alimentar em suínos e frangos (Bajagai et al., 2016).

Os prebióticos são compostos que servem como fonte de alimento para microorganismos benéficos no intestino, estimulando seu crescimento (Scott, et al; 2020). Enquanto os simbióticos são a combinação de probióticos e prebióticos. Sua utilização, demonstrou ser mais eficaz do que quando administrados separadamente (Rahman et al; 2022)

A utilização de prebióticos em suínos reduziu bactérias patogênicas como *Escherichia coli* e *Salmonella enterica*, e aumentou bactérias benéficas como *Bifidobacteria spp* e *Lactobacillus spp* (Tzortis et al., 2005). A administração de simbióticos na alimentação de frangos aumentou a contagem de bactérias benéficas e restringiu o crescimento patogênico (S'liz'ewska et al., 2020).

Apesar dos benefícios comprovados, essas alternativas também podem ter efeitos adversos, como possíveis alterações no odor da carne e toxicidade potencial, exigindo estudos sobre a palatabilidade para consumidores e concentrações mínimas seguras para a saúde humana e animal (Valenzuela-Grijalva et al., 2017). Além dos efeitos adversos, o principal desafio para a implementação eficaz reside na produção em massa, como a extração e síntese de ervas (Tzortzis et al., 2005) altos custos de síntese de peptídeos antimicrobianos e acidificantes, estabilização de preparações farmacêuticas de bacteriófagos e a falta de leis que estabeleçam padrões de qualidade.

No Brasil, existem 783 aditivos registrados, dos quais 20% são acidificantes, 52% enzimas, 23% probióticos e 5% prebióticos autorizados para comercialização em aves e suínos, mas não há plantas herbais, simbióticos, bacteriófagos ou peptídeos antimicrobianos registrados (Brasil, 2023). Com base nessas informações, o MAPA pode criar uma lista de todos aditivos alternativos disponíveis no mercado brasileiro e torná-los acessíveis a integradoras e cooperativas como possíveis substitutos na produção de suínos e aves, incentivando a substituição de aditivos antibacterianos.

É crucial investigar os efeitos positivos das plantas brasileiras para o propósito discutido. Biavatti et al. (2003) descobriram que extratos fluidos de *Alternanthera* brasileira e resina de própolis podem ser usados como antimicrobianos na criação de frangos de corte. Os autores afirmaram que o aditivo pode desempenhar a mesma função que os antibióticos como aditivos na alimentação sem comprometer o sabor e o cheiro da carne de frango.

É importante mencionar que apesar de existirem programas governamentais brasileiros de vigilância sobre o uso de antibióticos e a resistência antimicrobiana em animais, ainda não foram publicados dados oficiais sobre o assunto (Silva et al., 2023). Dutra et al. (2021) identificaram que na produção de suínos, os animais recebem antibióticos durante 70% dos dias de vida. Resultados demonstram que a quantidade utilizada no Brasil (358.4 mg/kg) em suínos foi maior do que a maioria dos países da Europa (Dutra et al; 2021). Em 2024, o consumo de antibióticos em granjas do estado de Minas Gerais chegou a 434.17 mg/kg (Oliveira et al; 2024).

Considerando que a maioria dos produtores está integrada às agroindústrias e recebem assistência veterinária (Embrapa, 2023 a,b), é possível utilizar como fonte de dados prescrições e/ou programas de saúde assinados por um veterinário. A agroindústria deve ser responsável por fornecer esses dados, os quais devem ser usados para estruturar uma base de dados governamental de vigilância sobre o consumo de antibióticos e disponibilizados para acesso público. Além disso, estes dados devem ser usados para orientar a implementação de medidas de bem-estar e biossegurança, bem como os próximos passos para o uso responsável e prudente de antibióticos em granjas industriais. Importante assinalar que o Brasil, mesmo respondendo por 8% do consumo, não tem dados consolidados e acompanhamento oficial sobre o consumo de antibióticos na produção animal. Portanto, o monitoramento do consumo de antibióticos deve ser empregado como um indicador do bem-estar animal.

4 Conclusões

Houve uma explosão global na produção e no consumo de carne suína e de aves na segunda metade do século XX devido à intensificação industrial, à redução dos custos de produção e à consequente queda nos preços das proteínas animais. Sistemas integrados a cooperativas e agroindústrias, dominados por um punhado de empresas controladoras da monotonia genética das espécies foram generalizados globalmente.

A natureza comportamental desses animais é alterada, eles são submetidos a ambientes estressantes, tornando-os mais vulneráveis a doenças infecciosas. Isso tem sido tratado pelo setor com o uso de antibióticos em larga escala. O uso excessivo de antibióticos leva à resistência bacteriana, enquanto a carne e os dejetos podem ser vetores de transmissão de bactérias resistentes. Dado o imenso poder da indústria que domina estas atividades, é fundamental que haja políticas estatais que regulamentem esse uso. Além disso, é necessário incentivar pesquisas para identificação de aditivos biológicos de plantas nativas com o objetivo de garantir maior segurança e soberania alimentar e nutricional na oferta de alimentos derivados dessa atividade, especialmente para consumidores brasileiros.

Organizações multilaterais e a sociedade civil internacional estão pressionando a agroindústria brasileira a adotar tais práticas. Apesar de algum progresso nos produtos de exportação, no mercado interno, os produtos que usam menos antibióticos ainda são direcionados a nichos de consumidores. Conforme observado, algumas indústrias nacionais estão gradualmente adotando práticas de bem-estar animal, mas elas ainda não são suficientes para reduzir significativamente o uso. O primeiro passo para uma mudança efetiva seria a adoção de um conceito mais amplo de bem-estar animal, que vai além da disponibilidade de água, alimentos e medicamentos. O reconhecimento desse conceito mais amplo envolve investimentos em infraestrutura e treinamento de recursos humanos. Os trabalhos mencionados nesta revisão corroboram a hipótese de que os ganhos com esses investimentos superariam as perdas decorrentes da mortalidade do rebanho por doenças infecciosas resistentes e as perdas decorrentes dos baixos índices de bem-estar animal. São necessários estudos para confirmar essa hipótese.

O sistema integrado atual pode reduzir significativamente o uso de antibióticos na agropecuária adotando melhores práticas de produção e respeitando a natureza dos animais. Para os suínos, aumento das áreas de maternidade para a expressão de leitões e porcas, criação em família dos animais para terminação, enriquecimento de baias e adoção de práticas de biossegurança são medidas eficazes para reduzir a necessidade de antibióticos. Para aves, reduzir a densidade populacional por aviário, usar luz natural durante parte do dia e enriquecer o ambiente contribuem para essa redução.

A adoção de práticas de bem-estar e biossegurança, como também o uso de aditivos alternativos não implica mudanças drásticas no atual modelo produtivo. Isso significa que a quantidade produzida por sistemas que preconizam o uso racional de antibióticos, por meio da adoção das técnicas mencionadas, é compatível com a oferta de produtos animais à altura das necessidades metabólicas dos seres humanos. Esses manejos reduzem os custos com antibióticos e, ainda, demonstraram aumentar a eficiência produtiva do setor, uma vez que haveria menos

perdas de animais acometidos por enfermidades e o aumento do bem-estar costuma apresentar melhora nos resultados produtivos. Portanto, não devem reduzir a produção e a lucratividade, permitindo oferta de produtos mais seguros aos consumidores, reduzindo o risco de resistência bacteriana decorrente do uso excessivo e, muitas vezes desnecessário, de antibióticos.

Assim, a transição para um modelo de produção que priorize o bem-estar animal, a biossegurança e o uso racional de antibióticos não apenas reduzirá os riscos associados à resistência bacteriana, mas também garantirá a sustentabilidade da cadeia produtiva a longo prazo. A implementação dessas mudanças requer a colaboração entre produtores, indústrias, agentes governamentais e organizações internacionais, além de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que promovam a saúde animal e a segurança alimentar. Dessa forma, será possível oferecer produtos mais seguros aos consumidores, sem comprometer a lucratividade do setor, mitigando os impactos ambientais e sanitários associados ao uso excessivo de antibióticos.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R.; LOUZADA, M. L.; NILSON, E.; MARROCOS, F.; NUNES-GALBES, N. O mito do déficit proteico. **Revista de Saúde Pública (Online)**, 2025.

ABD EL-HACK, M. E. et al. Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 6, p. 1835-1850, 2020.

ALBERNAZ-GONÇALVES, R.; ANTILLÓN, G. O.; HÖTZEL, M. J. Linking Animal Welfare and Antibiotic Use in Pig Farming - A Review. **Animals**, v. 12, n. 2, p. 216, 2022. doi: 10.3390/ani12020216.

ALBERNAZ-GONÇALVES, R. et al. Animal welfare for a healthy and sustainable agrifood system. **Policy Brief**. Reunião do G20 Brasil 2024. Disponível em: https://www.t20brasil.org/media/documentos/arquivos/TF01_ST02_ANIMAL_WELFARE_FOR_A66d75e57f3195.pdf.

ALLANIMA. **Relatório Observatório Suíno**. 2023. Disponível em: <https://observatoriosuino.com.br/>

ALVES, L. F. A.; JOHANN, L.; OLIVEIRA, D. G. P. Challenges in the Biological Control of Pests in Poultry Production: a Critical Review of Advances in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 52, p. 292-301, 2023. doi: 10.1007/s13744-022-01021-1.

ANDERSSON, E. et al. Associations between litter size and medical treatment of sows during farrowing and lactation. **Acta Agriculturae Scandinavica, Animal Science**, v. 69, n. 3, p. 176-182, 2020. doi: 10.1080/09064702.2020.1779800.

ANTHES, E.; MANDAVILLI, A. What to Know About the Bird Flu Outbreak in Dairy Cows. **The New York Times**, 2024. Disponível em: <https://www.nytimes.com/article/bird-flu-cattle-human.html>. Acesso em: abr. 2024.

ATTERBY, C. et al. Carriage of carbapenemase- and extended-spectrum cephalosporinase-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* in humans and livestock in rural Cambodia; gender and age differences and detection of blaOXA-48 in humans. **Zoonoses and Public Health**, v. 66, n. 6, p. 603-617, 2019. doi: 10.1111/zph.12612.

BAHADDAD, S. A. et al. *Bacillus* Species as Direct-Fed Microbial Antibiotic Alternatives for Monogastric Production. **Probiotics & Antimicrobial Proteins**, v. 15, p. 1-16, 2023. doi: 10.1007/s12602-022-09909-5.

BAJAGAI, Y. S. et al. **Probiotics in Animal Nutrition—Production, Impact and Regulation**. FAO Animal Production and Health Paper, n. 2016, FAO: Rome, Italy, 2016.

BARBUT, S.; LEISHMAN, E. M. Quality and Processability of Modern Poultry Meat. **Animals**, v. 12, n. 20, p. 2766, 2022. doi: 10.3390/ani12202766.

BARCELLOS, D. E. S. N. et al. Avanços em programas de biosseguridade para a suinocultura. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 36, n. 1, p. s33-s46, 2008. ISSN: 1678-0345.

BASSI, L. J. et al. **Recomendações básicas para manejo de frangos de corte colonial**. 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/444241/recomendacoes-basicas-para-manejo-de-frango-de-corte-colonial>

BEN Y. et al. Human health risk assessment of antibiotic resistance associated with antibiotic residues in the environment: A review. **Environmental Research**, v. 169, p. 483-493, 2019. doi: 10.3390/antibiotics9020049.

BENNANI, H. et al. Overview of evidence of antimicrobial use and antimicrobial resistance in the food chain. **Antibiotics**, v. 9, n. 2, p. 49, 2020. doi: 10.3390/antibiotics9020049.

BENNETT, C. E. et al. The broiler chicken as a signal of a human reconfigured biosphere. **Royal Society Open Science**, v. 5, n. 12, p. 180325, 2018. doi: 10.1098/rsos.180325.

BERNAERDT, E. et al. Determining the Characteristics of Farms That Raise Pigs without Antibiotics. **Animals**, v. 12, n. 10, p. 1224, 2022. doi: 10.3390/ani12101224.

BERNERS-LEE, M. et al. Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 6, p. 56, 2018. doi: 10.1525/elementa.310.

BIAVATTI, M. W. et al. Preliminary studies of alternative feed additives for broilers: alternanthera brasiliana extract, propolis extract and linseed oil. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 5, p. 147-151, 2003. doi: 10.1590/S1516-635X2003000200009.

BIKKER, P.; JANSMAN, A. J. M. Review: composition and rendition of feed by monogastric animals in the context of circular food production systems. **Animal**, v. 17, p. 100892, 2023. doi: 10.1016/j.animal.2023.100892.

BILAL, R. M. et al. Thermal stress and high stocking densities in poultry farms: potential effects and mitigation strategies. **Journal of Thermal Biology**, v. 99, p. 102944, 2021. doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.102944.

BRASIL. Câmara Legislativa Federal. **Projeto de Lei nº 173 de 2023**. Estabelece a forma de transporte de animais vivos e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=234690>

BRASIL. MAPA. **Instrução Normativa 113**. Estabelecer as boas práticas de manejo e bem-estar animal nas granjas de suínos de criação comercial. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/12/norma-estabelece-as-boas-praticas-de-manejo-na-producao-comercial-de-suinos>

BRASIL. MAPA. **Instrução Normativa de Nº 32 de 13 de maio de 2002**. Aprovar as Normas Técnicas de Vigilância para doença de Newcastle e Influenza Aviária, e de controle e erradicação para a doença de Newcastle. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/pnsa/imagens/IN32.pdf>

BRASIL. MAPA. **Instrução Normativa de Nº 8**. Aprovar as Normas para o Controle e a Erradicação da Doença de Aujeszky (DA) em suídeos domésticos, a serem observadas em todo o território nacional. 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/sanidade-suidea/arquivos-suideos/2007in8de03deabrilde2007-da.pdf>

BRASIL. MAPA. **Lista de produtos destinados à alimentação animal registrados e cadastrados no MAPA**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/registro-cadastro>. Acesso em: nov. 2023.

BORLAUG, N. E. **The green revolution revisited and the road ahead**. Stockholm: Nobelprize.org, 2002.

BRITISH POULTRY COUNCIL. **Antibiotic Stewardship Report 2023**. Conselho Britânico de Avicultura. 2023. Disponível em: <https://britishpoultry.org.uk/the-key-to-unlocking-continuous-improvement-bpc-antibiotic-stewardship-report-2023/>

BUČKOVÁ, K. et al. Consequences of timing of organic enrichment provision on pig performance, health and stress resilience after weaning and regrouping. **Animals**, v. 16, n. 10, p. 100637, 2022. doi: 10.1016/j.animal.2022.100637.

CDC - CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Antibiotic Resistance Threats in the United States**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, CDC, 2019. doi: 10.15620/cdc:82532.

CERETTA, G. S.; MATTE, A.; VILLWOCK, A. P. S. Production Circuits and the Participation of Family Farming in Brazilian Swine Farming. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 11, n. 1, p. 169-179, 2025. doi: 10.21680/2447-3359.2025v11n1p35337.

CHAIBAN, C. et al. Poultry farm distribution models developed along a gradient of intensification. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 186, p. 105206, 2021. doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105206.

CHERMUKHA, I. et al. Pork Fat and Meat: a balance between consumer expectations and nutrient composition of four pig breeds. **Foods**, v. 12, n. 4, p. 690, 2023. doi: 10.3390/foods12040690.

CODEX ALIMENTARIUS. **Maximum Residue Limits**, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/en/>.

DAVIS, C. G. et al. Assessing the Growth of U.S. Broiler and Poultry Meat Exports. **Economic Research Service, United States Department of Agriculture**, nov. 2013. Disponível em: https://www.clientadvisoryservices.com/Downloads/Assessing_Poultry_Nov_2013.pdf

D'EATH, R. B. et al. Why are most EU pigs tail docked? Economic and ethical analysis of four pig housing and management scenarios in the light of EU legislation and animal welfare outcomes. **Animal**, v. 10, n. 4, p. 687-699, 2016. doi: 10.1017/S1751731115002098.

DÍAZ, M. A. et al. [A nalidixic acid-resistant Salmonella enteritidis outbreak in Popayán, Cauca, 2011]. **Biomedica**, v. 33, n. 1, p. 62-69, 2013. doi: 10.1590/S0120-41572013000100008.

DITTOE, D. K. et al. Windowing poultry litter after a broiler house has been sprinkled with water. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 27, n. 1, p. 1-15, 2018. doi: 10.3382/japr/pfx034.

DONG, D. D. et al. Reestruturação para uma cadeia de valor agroalimentar modernizada através da integração vertical e da agricultura contratual: a indústria suína-suína no Vietnã. **Jornal de Agronegócio em Economias em Desenvolvimento e Emergentes**, v. 10, n. 5, 2020. doi: 10.1108/JADEE-07-2019-0097.

DORNELAS, K. C. et al. Chicken bed reuse. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 14, p. 39537-39545, 2023. doi: 10.1007/s11356-023-25850-8.

DUCROT, C. et al. Issues and special features of animal health research. **Veterinary Research**, v. 42, n. 96, 2011. doi: 10.1186/1297-9716-42-96.

DUTRA, M. C. et al. Antimicrobial use in Brazilian swine herds: assessment of use and reduction examples. **Microorganisms**, v. 9, n. 4, p. 881, 2021. doi: 10.3390/microorganisms9040881.

EIJK, J. et al. Fast- and slower-growing broilers respond similarly to a reduction in stocking density with regard to gait, hock burn, skin lesions, cleanliness, and performance. **Poultry Science**, v. 102, n. 5, p. 102603, 2023. doi: 10.1016/j.psj.2023.102603.

EL-DEEK, A. A. et al. Alternative feed ingredients in the finisher diets for sustainable broiler production. **Scientific Reports**, v. 10, p. 17743, 2020. doi: 10.1038/s41598-020-74950-9.

EMBRAPA. **Caracterização da avicultura no Brasil a partir do Censo Agropecuário 2017 do IBGE**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/86062004/embrapa-disponibiliza-dados-para-caracterizacao-da-avicultura-e-da-suinocultura-no-brasil-a-partir-de-censo-do-ibge>. Acesso em: set. 2023.

EMBRAPA. **Caracterização da suinocultura no Brasil a partir do Censo Agropecuário 2017 do IBGE**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1153994/caracterizacao-da-suinocultura-no-brasil-a-partir-do-censo-agropecuário-2017-do-ibge>. Acesso em: set. 2023.

EMBRAPA. **Central de Inteligência de Aves e Suínos – CIAS. Estatísticas**. Publicado: 18/05/2023. Brasília: Embrapa Suínos e Aves, 2023a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias>

EMBRAPA. **Central de Inteligência de Aves e Suínos – CIAS. Mapas e infográficos**. Publicado: 18/05/2023. Brasília: Embrapa Suínos e Aves, 2023b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/mapas>

ETC GROUP et al. **Food Barons 2022: Crisis profiteering, digitalization and shifting power**. Springfield: ETC Group, 2022. Disponível em: <https://etcgroup.org/content/food-barons-2022>. Acesso em: 7 dez. 2022.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Regulation (EU) 2019/4 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the manufacture, placing on the market and use of medicated feed, amending Regulation (EC) No 1831/2003 of the European Parliament and of the Council and repealing Council Directive 90/167/EEC (Text with EEA relevance)**. Estrasburgo, França: 11 dez. 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/4/oj>

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WOAH - WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH; UNEP - UN ENVIRONMENT

PROGRAMME; WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **One Health High-Level Expert Panel: annual report**. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/m/item/one-health-high-level-expert-panel-annual-report-2021>

FARKALOVÁ, M.; ORSZÁGHOVÁ, D. Development of consumption and prices of selected types of meat on the Slovak market in the decade 2012 – 2021. **Journal of Central European Agriculture**, v. 24, n. 2, p. 570-578, 2023. doi: 10.5513/jcea01/24.2.3746.

FAVERO, J. A. **Evolução da genética: do "porco tipo banha" ao suíno light**. Brasília: Embrapa Suínos e Aves, 2011. Disponível em: <https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/4753/material/Ra%C3%A7as%20Suinas.pdf>.

FERRONATO, G.; PRANDINI, A. Dietary supplementation of inorganic, organic, and fatty acids in pig: A review. **Animals**, v. 10, n. 10, p. 1740, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE DATA – FAOSTAT. **Production. Crops and livestock products**. FAO, 2022.

FU, Y.; HU, J.; ZHANG, H.; ERASMUS, M. A.; JOHNSON, T. A.; CHENG, H. W. The Impact of Early-Life Cecal Microbiota Transplantation on Social Stress and Injurious Behaviors in Egg-Laying Chickens. **Microorganisms**, v. 12, n. 3, p. 1-26, 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12030471>.

GAILLARD, C.; BROSSARD, L.; DOURMAD, J.-Y. Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114611, out. 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114611>.

GAUDARÉ, U.; PELLERIN, S.; BENOIT, M.; DURAND, G.; DUMONT, B.; BARBIERI, P.; NESME, T. Comparing productivity and feed-use efficiency between organic and conventional livestock animals. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 2, p. 024012, 21 jan. 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/abd65e>.

GODFRAY, H. et al. Meat consumption, health, and the environment. **Science**, v. 361, n. 6399, p. 1-8, 20 jul. 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aam5324>.

GOVONI, C. et al. Global assessment of land and water resource demand for pork supply. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 7, p. 074003, 2022.

GRANDIN, T. A Practical Approach to Providing Environmental Enrichment to Pigs and Broiler Chickens Housed in Intensive Systems. **Animals**, v. 13, n. 14, p. 2372, 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/an13142372>.

GRŽINIĆ, G. et al. Intensive poultry farming: a review of the impact on the environment and human health. **Science of the Total Environment**, v. 858, p. 160014, fev. 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160014>.

GUNNARSSON, S. The conceptualisation of health and disease in veterinary medicine. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 47, n. 20, 2006. doi: <https://doi.org/10.1186/1751-0147-48-20>.

GUO, X.; ZHANG, H.; WANG, H. et al. Identification of Key Modules and Hub Genes Involved in Regulating the Color of Chicken Breast Meat Using WGCNA. **Animals**, v. 13, n. 14, p. 2356, 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/an13142356>.

HALLENBERG, G. S.; JIWAKANON, J.; ANGKITITRAKUL, S. et al. Antibiotic use in pig farms at different levels of intensification-Farmers' practices in northeastern Thailand. **Plos One**, v. 15, n. 12, p. e0243099, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0243099>.

HAMSCHER, G.; SCZESNY, S.; HÖPER, H.; NAU, H. Determination of persistent tetracycline residues in soil fertilized with liquid manure by high-performance liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry. **Analytical Chemistry**, v. 74, n. 7, p. 1509-1518, 2002. doi: 10.1021/ac015588m.

HASHEMIPOUR, H. et al. Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, p. 2059-2069, 2013. doi: 10.3382/ps.2012-02685.

HEINKE, J. et al. Water Use in Global Livestock Production—Opportunities and Constraints for Increasing Water Productivity. **Water Resources Research**, v. 56, n. 12, dez. 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.1029/2019WR026995>.

HENRY, M.; JANSEN, H.; AMEZCUA, M. R.; O'SULLIVAN, T. L.; NIEL, L.; SHOVELLER, A. K.; FRIENDSHIP, R. M. Tail-Biting in Pigs: a scoping review. **Animals**, v. 11, n. 7, p. 2002, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ani11072002>.

HERRERO, M. et al. Livestock and sustainable food systems: status, trends, and priority actions. In: BRAUN, J. von. et al. **Science and Innovations for Food Systems Transformation**. United Nations Food Systems Summit, Springer, jul. 2023. p. 375-400. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5>.

HERRERO, M.; HUGAS, M.; LELE, U.; WIRAKARTAKUSUMAH, A.; TORERO, M. A Shift to Healthy and Sustainable Consumption Patterns. In: VON BRAUN, J.; AFSANA, K.; FRESCO, L. O.; HASSAN, M. H. A. (Ed.). **Science and Innovations for Food Systems Transformation**. Cúpula de Sistemas Alimentares das Nações Unidas. Springer, 2023. p. 59-86. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5>.

HERSKIN, M. S.; JENSEN, H. E.; JESPERSEN, A.; FORKMAN, B.; JENSEN, M. B.; CANIBE, N.; PEDERSEN, L. J. Impact of the amount of straw provided to pigs kept in intensive production conditions on the occurrence and severity of gastric ulceration at slaughter. **Research in Veterinary Science**, v. 104, p. 200-206, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.12.017>.

HONG, S. S.; JEONG, J.; LEE, J.; KIM, S.; MIN, W.; MYUNG, H. Therapeutic effects of bacteriophages against Salmonella gallinarum infection in chickens. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 23, n. 10, p. 1478-1483, 2013. doi: <https://orcid.org/0009-0000-3616-1138>.

HUONG, L. Q.; ANH, N. T. L.; NGOC, P. T.; GIANG, V. N.; PADUNGTOG, P. Antimicrobial use in household, semi-industrialized, and industrialized pig and poultry farms in Viet Nam. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 189, p. 105292, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105292>.

IANNETTI, L.; ROMAGNOLI, S.; COTTURONE, G.; VULPIANI, M. P. Animal Welfare Assessment in Antibiotic-Free and Conventional Broiler Chicken. **Animals**, v. 11, n. 10, p. 2822, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/ani1102822>.

JAMES, C.; DIXON, R.; TALBOT, L.; JAMES, S. J.; WILLIAMS, N.; ONARINDE, B. A. Assessing the Impact of Heat Treatment of Food on Antimicrobial Resistance Genes and Their Potential Uptake by Other Bacteria - A Critical Review. **Antibiotics**, v. 10, n. 12, p. 1440, 2021. doi: [10.3390/antibiotics10121440](https://doi.org/10.3390/antibiotics10121440).

JI, K.; KHO, Y.; PARK, C.; PAEK, D.; RYU, P.; PAEK, D.; CHOI, K. Influence of water and food consumption on inadvertent antibiotics intake among general population. **Environmental Research**, v. 110, n. 7, p. 641-649, 2010. doi: [10.1016/j.envres.2010.06.008](https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.06.008).

KARESH, W. B.; DOBSON, A.; LLOYD-SMITH, J. O.; LUBROTH, J. et al. Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. **The Lancet**, v. 380, n. 9857, p. 1936-1945, 2012. doi: [10.1016/S0140-6736\(12\)61678-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61678-X).

KOPLER, I. et al. Farmers' Perspectives of the Benefits and Risks in Precision Livestock Farming in the EU Pig and Poultry Sectors. **Animals**, v. 13, n. 18, p. 2868, 9 set. 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ani13182868>.

KOZLOV, M. Will bird flu spark a human pandemic? Scientists say the risk is rising. **Nature**, v. 638, n. 8049, p. 16-17, 2025. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-025-00245-6>.

LAATSCH, Dr. **The Chicken of Tomorrow**. 2024. Disponível em: <https://livestock.extension.wisc.edu/articles/the-chicken-of-tomorrow/>.

LAZARUS, B.; PATERSON, D. L.; MOLLINGER, J. L.; ROGERS, B. A. Do human extraintestinal Escherichia coli infections resistant to expanded-spectrum

cephalosporins originate from food-producing animals? A systematic review. **Clinical Infectious Diseases**, v. 60, n. 3, p. 439-452, 2015. doi: 10.1093/cid/ciu785.

LAZUL, C. How to Improve Meat Quality and Welfare in Entire Male Pigs by Genetics. **Animals**, v. 11, n. 30, p. 699, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ani111030699>.

LI, Y.; WANG, L. Effects of previous housing system on agonistic behaviors of growing pigs at mixing. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 132, n. 1-2, p. 20-26, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2011.03.009>.

LIAO, S. F.; NYACHOTI, M. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. **Animal Nutrition**, v. 3, p. 331-343, 2017. doi: 10.1016/j.animu.2017.06.007.

LYNEGAARD, J. C.; LARSEN, I.; HANSEN, C. F.; NIELSEN, J. P.; AMDI, C. Performance and risk factors associated with first antibiotic treatment in two herds, raising pigs without antibiotics. **Porcine Health Management**, v. 7, n. 1, p. 18, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s40813-021-00198-y>.

MA, F.; XU, S.; TANG, Z.; LI, Z.; ZHANG, L. Use of antimicrobials in food animals and impact of transmission of antimicrobial resistance on humans. **Biosafety and Health**, v. 3, n. 1, p. 32-38, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2020.09.004>.

MARKAZI, A. D. et al. Effect of acidifier product supplementation in laying hens challenged with Salmonella. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, p. 919-929, 2019. doi: <https://doi.org/10.3382/japr/pfz053>.

MARTINELLI, G.; VOGEL, E.; DECLAN, M. et al. Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added. **Sustainable Production and Consumption**, v. 24, p. 181-193, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.007>.

MATTE, A. et al. Mudanças alimentares no consumo de proteína animal durante a pandemia de Covid-19 na Região Sul Brasil. **Redes**, v. 29, n. 1, 2024. doi: <https://doi.org/10.17058/redes.v29i1.17909>.

MARTINS, A. et al. Antibiotic candidates for Gram-positive bacterial infections induce multidrug resistance. **Science Translational Medicine**, v. 17, n. 780, p. eadl2103, 2025. doi: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.adl2103>.

MAURO, P. A.; LEMME, C. F.; RIBAS, J. C. R. Comparação financeira de granjas de suinocultura com sistemas de gaiolas de gestação e de gestação coletiva. **World Animal Protection**, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/folder-comparacao-financeira-entre-gaiolas-de-gestacao-e-gestacao-coletiva.pdf>.

MELOTTI, L.; OOSTINGER, M.; BOLHUIS, J. E.; HELD, S.; MENDL, M. Coping personality type and environmental enrichment affect aggression at weaning in pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 133, n. 3-4, p. 144-153, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2011.05.018>.

MOCZ, F.; MICHEL, V.; JANVROT, M.; MOYSAN, J. P.; KEITA, A.; RIBER, A. B.; GUINEBRETIÈRE, M. Positive Effects of Elevated Platforms and Straw Bales on the Welfare of Fast-Growing Broiler Chickens Reared at Two Different Stocking Densities. **Animals**, v. 12, n. 5, p. 542, 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ani12050542>.

MOLTENI, M. **Covid-19 Makes the Case for More Meatpacking Robots**. 2020. Disponível em: <https://www.wired.com/story/covid-19-makes-the-case-for-more-meatpacking-robots/>.

MONBIOT, G. **Regenesi: feeding the world without devouring the planet**. New York: Penguin Books, 2022.

MORAES, V. E.; CAPANEMA, L. **A genética de frangos e suínos: a importância estratégica de seu desenvolvimento para o Brasil**. BNDES. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1492>.

MORÉS, N.; AMARAL, A. L.; KICH, J. D. Controle de salmonela nas granjas de suínos. In: KICH, J. D.; SOUZA, J. C. P. V. B. (Ed.). **Salmonela na suinocultura brasileira: do problema ao controle**. Embrapa, 2015. p. 85-114. ISBN: 978-85-7035-494-5.

MORÉS, N.; GAVA, D. Vazio sanitário e desinfecção na suinocultura: o que se faz no Brasil e quais os ganhos reais com o cumprimento de boas práticas nessas áreas. In: **Anais do X SINSUI - Simpósio Internacional de Suinocultura**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, maio 2017. ISBN: 978-85-66094-22-0. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164868/1/final8639.pdf>.

MOTTET, A.; DE HAAN, C.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G.; OPIO, C.; GERBER, P. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. **Global Food Security**, v. 14, p. 1-8, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>.

MURRAY, A. K. **The novel coronavirus COVID-19 outbreak: global implications for antimicrobial resistance**. *Frontiers in Microbiology*, v. 11, p. 1020, 2020. doi: [10.3389/fmicb.2020.01020](https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01020).

NAGHAVI, M. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990-2021: a systematic analysis with forecasts to 2050. **The Lancet**, v. 404, n. 10459, p. 1199-1226, 2024.

NAVARRO, M.; STANLEY, R.; CUSACK, A.; SULTANBAWA, Y. Combinations of plant-derived compounds against *Campylobacter* in vitro. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, p. 352–363, 2015.

NEETESON, A. M. et al. Evolutions in commercial meat poultry breeding. **Animals**, v. 13, n. 19, p. 3150, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13193150>.

NUNAN, C. **Ending routine farm antibiotic use in Europe through improving animal health and welfare**. European Public Health Alliance, 2022. Disponível em: <https://epha.org/ending-routine-farm-antibiotic-use/>.

NUSSBAUM, M. C. **Justice for animals: Our collective responsibility**. Simon and Schuster, 2024. ISBN: 9781982102517.

OLIVEIRA, B. C. D. et al. Antimicrobial Use in Pig Farms in the Midwestern Region of Minas Gerais, Brazil. **Antibiotics**, v. 13, n. 5, p. 403, 2024. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13050403>.

OLMOS, G.; BRAN, J. A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; HÖLZEL, M. J. Lameness on Brazilian pasture based dairies - part 2: conversations with farmers and dairy consultants. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 157, p. 115-124, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.06.009>.

O'NEILL, J. **Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations**. 2016. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20173071720>.

ORTIN-BUSTILLO, A. et al. Evaluation of the Effect of Sampling Time on Biomarkers of Stress, Immune System, Redox Status and Other Biochemistry Analytes in Saliva of Finishing Pigs. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2127, 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ani12162127>.

PANDEY, A. K.; KUMAR, P.; SAXENA, M. J. **Aditivos Alimentares em Saúde Animal**. In: GUPTA, R.; SRIVASTAVA, A.; LALL, R. (eds). *Nutracêuticos em Medicina Veterinária*. Springer, Cham, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_23.

PEDEN, R. S. E. et al. The translation of animal welfare research into practice: The case of mixing aggression between pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 204, p. 1-9, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.03.003>.

PLUSKE, J. R.; TURPIN, D. L.; KIM, J. C. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 187-196, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.004>.

PROOROCU, M. et al. Pork meat consumption, from statistics to consumer behavior: a review. **Porcine Research**, v. 21, n. 1, 2021.

QUEIROZ, S. A.; CROMBER, V. U. Aggressive behavior in the genus *Gallus* sp. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 8, n. 1, p. 1-14, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-635x2006000100001>.

QUEENEL, H.; FARMER, C.; DEVILLER, N. Colostrum intake: influence on piglet performance and factors of variation. *Livestock Science*, v. 146, n. 2-3, p. 105-114, 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2012.03.010>.

RAHMAN, M. et al. Insights in the development and uses of alternatives to antibiotic growth promoters in poultry and swine production. *Antibiotics*, v. 11, n. 6, p. 766, 2022.

RANA, M. S. et al. Reducing Veterinary Drug Residues in Animal Products: A Review. *Food Science of Animal Resources*, v. 39, n. 5, p. 687-703, 2019. doi: [10.5851/kosfa.2019.e65](https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e65).

RANGANATHAN, J. et al. Shifting Diets for a Sustainable Food Future. In: *Global Food Policy Report*. Washington, D.C.: **International Food Policy Research Institute**, 2016. p. 66-79. doi: https://doi.org/10.2499/9780896295827_08.

RICHARDS, P. J. et al. Phage biocontrol of *Campylobacter jejuni* in chickens does not produce collateral effects on the gut microbiota. *Frontiers in Microbiology*, v. 10, p. 476, 2019. doi: [10.3389/fmicb.2019.00476](https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00476).

ROITER, L. M. et al. Analysis of the market potential of poultry meat and its forecast. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 937, n. 2, p. 022104, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/937/2/022104>.

ROOFCHAEI, A. et al. Influence of dietary carbohydrates, individually or in combination with phytase or an acidifier, on performance, gut morphology and microbial population in broiler chickens fed a wheat-based diet. *Animal Nutrition*, v. 5, p. 63-67, 2019.

SCHLOSSER, E. Prefacio. In: FREDERICK, A. **Barons: Money, power and the corruption of America's food industry**. 1. ed. Washington, DC: Island Press, 2024. ISBN: 9781642832693.

SCOTT, K. P. et al. Developments in understanding and applying prebiotics in research and practice—An ISAPP conference paper. *Journal of Applied Microbiology*, v. 128, p. 934-949, 2020. doi: [10.1111/jam.14548](https://doi.org/10.1111/jam.14548).

SIGSBEE, D. **Animal Dignity: Philosophical Reflections on Non-Human Existence**. Edited by Melanie Challenger. London; New York, Dublin: Bloomsbury Publishing, 2023. 275 p. ISBN: 978-1-3503-3166-2.

SILVA, I. J. O. et al. **Manual de boas práticas para o bem-estar de galinhas poedeiras criadas livres de gaiola**. Concordia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. Disponível em: <https://infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1127416>.

SILVA, R. A. et al. Regulations on the use of antibiotics in livestock production in South America: a comparative literature analysis. **Antibiotics**, v. 12, n. 8, p. 1303, 2023. doi: 10.3390/antibiotics12081303.

SINCLAIR, M. et al. Attitudes of Pig and Poultry Industry Stakeholders in Guangdong Province, China, to Animal Welfare and Farming Systems. **Animals**, v. 9, n. 11, p. 860, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ani9110860>.

SINGER, P. **Animal liberation now**. Bodley Head: Reino Unido, 2023. ISBN: 1847927769.

ŚLIZIEWSKA, K. et al. The effect of symbiotic preparations on the intestinal microbiota and her metabolism in broiler chickens. **Scientific Reports**, v. 10, p. 4281, 2020. doi: 10.1038/s41598-020-61256-z.

TAVARES, F. D.; DA SILVA, C. S. Diferenças na composição da carcaça de suínos machos, castrado e imunocastrado: Uma revisão narrativa da literatura. **Scientia Generalis**, v. 5, n. 2, p. 73-81, 2024.

TISEO, K. et al. Global Trends in Antimicrobial Use in Food Animals from 2017 to 2030. **Antibiotics**, v. 9, n. 12, p. 918, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics9120918>.

TONG, B. et al. O menor consumo de carne suína e as mudanças tecnológicas na produção de rações podem reduzir a pegada ambiental da cadeia de abastecimento de carne suína na China. **Nature Food**, v. 4, p. 74–83, 2023. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00640-6>.

TZORTZIS, G. et al. A novel galactooligosaccharide mixture increases the bifidobacterial population numbers in a continuous in vitro fermentation system and in the proximal colonic contents of pigs in vivo. **The Journal of Nutrition**, v. 135, p. 1726-1731, 2005. doi: 10.1093/jn/135.7.1726.

UNEP - United Nations Environment Programme. **Bracing for Superbugs. Strengthening environmental action in the One Health response to antimicrobial resistance**. Geneva: United Nations Environment Programme, 2023. ISBN: 978-92-807-4006-6. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/superbugs/environmental-action>.

VALENZUELA-GRIJALVA, N. V. et al. Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 59, p. 1-17, 2017. doi: 10.1186/s40781-017-0133-9.

VANGROENWEGHE, F. et al. Supplementation of a β -mannanase enzyme reduces post-weaning diarrhea and antibiotic use in piglets on an alternative diet with additional soybean meal. **Porcine Health Management**, v. 7, p. 1-12, 2021. doi: 10.1186/s40813-021-00191-5.

VERDON, M. et al. Effects of group housing on sow welfare: a review. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 5, p. 1999-2017, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2014-8742>.

VERRAES, C. et al. Antimicrobial resistance in the food chain: a review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 10, p. 2643-2669, 2013. doi:10.3390/ijerph10072643.

WALLACE, R. Breeding influenza: The political virology of offshore farming. **Antipode**, v. 41, n. 5, p. 916-951, 2009. doi: 10.1111/j.1467-8330.2009.00702.x.

WANG, H. et al. Antibiotics in drinking water in Shanghai and their contribution to antibiotic exposure of school children. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n. 5, p. 2692-2699, 2016. doi:10.1021/acs.est.5b05749.

WEARY, D. M.; JASPER, J.; HÖTZEL, M. J. Understanding weaning distress. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 110, n. 1-2, p. 24-41, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.025>.

WEIMER, S. L. et al. Differences in carcass composition and meat quality of conventional and slow-growing broiler chickens raised at 2 stocking densities. **Poultry Science**, v. 101, n. 6, p. 101833, 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.psj.2022.101833>.

WHITTON, C. et al. Are We Approaching Peak Meat Consumption? Analysis of Meat Consumption from 2000 to 2019 in 35 Countries and Its Relationship to Gross Domestic Product. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3466, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11123466>.

WILBERT, C. A. et al. **Sistema de produção de suínos em família sem o uso coletivo de antimicrobianos: regulamento**. Embrapa Suínos e Aves, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1102053/sistema-de-producao-de-suinos-em-familia-sem-o-uso-coletivo-de-antimicrobianos-regulament>.

WOAH - World Organization for Animal Health. **Responsible and Prudent Use of Antimicrobial Agents in Veterinary Medicine**. In: Report of the Meeting of the WOAH Terrestrial Animal Health Standards Commission, 2024. Disponível em: <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access/>.

WOAH - World Organization of Animal Health. *Animal Welfare*. In: **Terrestrial Animal Health Code**, 2024. Disponível em: <https://woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access/>.

WOOLHOUSE, M. et al. Antimicrobial resistance in humans, livestock and the wider environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 370, n. 1670, p. 20140083, 2015. doi: 10.1098/rstb.2014.0083.

WORLD ANIMAL PROTECTION. **Gestão coletiva de matrizes suínas: boas práticas para o bem-estar na suinocultura**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/cartilha-wap-mapa-sobre-gestacao-coletiva-de-matrizes-suinas.pdf>.

Rafael Almeida da Silva. Doutor em Saúde Pública. Fundação Cátedra Josué de Castro- Faculdade de Saúde Pública, USP. Pesquisador contratado. Avenida Dr. Arnaldo, 715, São Paulo, SP, Brasil, CEP 01246-904. rafaelalmmeida@gmail.com

Estela Catunda Sanseverino. Estudante de mestrado em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Usp. Cátedra Josué de Castro da Faculdade de Saúde Pública da USP. Pesquisadora. Av. Dr. Arnaldo, 715, São Paulo/SP, CEP 01246-90. estelacsansev@gmail.com

Gabriel dos Santos Ceretta. Graduando em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Prolongamento Rua Cerejeiras, s/n, Bairro São Luiz, Santa Helena, PR, Brasil, CEP 85892-000. gabrielceretta13@gmail.com

Alessandra Matte. Doutora em Desenvolvimento Rural. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. Prolongamento Rua Cerejeiras, s/n, Bairro São Luiz, Santa Helena, PR, Brasil, CEP 85892-000. amate@utfpr.edu.br

Ricardo Abramovay. Professor Titular e Professor Sênior do Instituto de Estudos Avançados e do Instituto de Energia e Ambiente da USP. Pesquisador da Cátedra Josué de Castro da Faculdade de Saúde Pública da USP. Av. Dr. Arnaldo, 715, São Paulo/SP, CEP 01246-90. abramov@usp.br

Submetido em: 19/11/2024

Aprovado em: 24/06/2024

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Rafael Almeida da Silva: Conceituação do Trabalho, Investigação, Análise Formal, Escrita primeira Redação.

Estela Catunda Sanseverino: Investigação, Análise formal, Escrita primeira Redação.

Gabriel dos Santos Ceretta: Análise formal, Escrita primeira Redação.

Alessandra Matte: Conceituação do trabalho, Obtenção de financiamento, Supervisão/Orientação, Investigação, Escrita- Revisão e Edição.

Ricardo Abramovay: Conceituação do trabalho, Obtenção de financiamento
Supervisão/Orientação; Escrita- Revisão e Edição.

Fontes de financiamento:

Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), projeto nº 423392/2021-2, pelo Instituto de Clima e Sociedade - iCS e pela Cátedra Josué de Castro de Sistemas Alimentares Saudáveis e Sustentáveis, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.