

MODULAÇÃO ETOLÓGICA INDIVIDUAL E PRESSÃO SOCIAL EM BAIAS COLETIVAS DE SUÍNOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA TERMORREGULAÇÃO**Rodrigo Henrique Risso Aires Alves¹;**

UFAM, Humaitá, Amazonas.

<https://orcid.org/0000-0003-4257-6326>**Janaína Paolucci Sales de Lima².**

UFAM, Manaus, Amazonas.

<https://orcid.org/0000-0003-3771-3891>

RESUMO: O estresse térmico é um dos principais fatores limitantes na suinocultura intensiva contemporânea, impactando de maneira severa o bem-estar animal e a eficiência produtiva global das granjas. Devido a limitações fisiológicas e anatômicas intrínsecas da espécie, como a presença de glândulas sudoríparas afuncionais e uma espessa camada de tecido adiposo subcutâneo, os suínos dependem fortemente da modulação etológica como sua primeira e mais eficiente linha de defesa para a manutenção da homeostase térmica. No entanto, em sistemas de confinamento e alojamento coletivo, a expressão dessas estratégias termorregulatórias individuais é diretamente influenciada e, frequentemente, restringida pela dinâmica social e pela estrutura hierárquica estabelecida dentro do grupo. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática da literatura científica publicada nos últimos cinco anos (2021–2026) nas bases de dados SciELO, Scopus e PubMed, analisando criticamente como a pressão social modula as respostas etológicas individuais e o acesso a recursos de resfriamento localizado em baias coletivas de suínos em crescimento e terminação. Os resultados evidenciam que animais que assumem posições dominantes monopolizam ativamente e deliberadamente as zonas de maior conforto térmico (como áreas equipadas com sprinklers, ventilação direcionada ou piso resfriado), forçando os indivíduos submissos do lote a enfrentar desafios bioclimáticos significativamente mais severos ou a adotar posturas corporais inadequadas e prejudiciais, como o amontoamento em áreas úmidas e sujas. Essa assimetria social gera uma distorção crônica nas avaliações bioclimáticas tradicionais, que se baseiam em médias gerais do lote ou em leituras estáticas do microclima. Conclui-se que a implementação de ferramentas da Zootecnia de Precisão (PLF), como identificação por radiofrequência (RFID) e algoritmos de visão computacional, é indispensável para isolar as respostas individuais, fornecendo subsídios científicos para o redesenho de instalações zootécnicas mais equitativas e eficientes.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse térmico. Modulação comportamental. Bem-estar animal.

INDIVIDUAL ETHOLOGICAL MODULATION AND SOCIAL PRESSURE IN STALLS SWINE COLLECTIVES: A SYSTEMATIC REVIEW OF THERMOREGULATION

ABSTRACT: Heat stress is one of the main limiting factors in contemporary intensive pig farming, severely impacting animal welfare and the overall production efficiency of farms. Due to intrinsic physiological and anatomical limitations of the species, such as the presence of afunctional sweat glands and a thick layer of subcutaneous adipose tissue, pigs rely heavily on ethological modulation as their first and most efficient line of defense for the maintenance of thermal homeostasis. However, in confinement and collective housing systems, the expression of these individual thermoregulatory strategies is directly influenced and often restricted by the social dynamics and hierarchical structure established within the group. The aim of this study was to conduct a systematic review of the scientific literature published in the last five years (2021–2026) in the SciELO, Scopus, and PubMed databases, critically analyzing how social pressure modulates individual ethological responses and access to localized cooling resources in collective pens of growing and finishing pigs. The results show that animals that assume dominant positions actively and deliberately monopolize the zones of greater thermal comfort (such as areas equipped with sprinklers, directed ventilation or cooled floors), forcing the submissive individuals of the lot to face significantly more severe bioclimatic challenges or to adopt inappropriate and harmful body postures, such as crowding in damp and dirty areas. This social asymmetry generates a chronic distortion in traditional bioclimatic assessments, which are based on general averages of the lot or static readings of the microclimate. It is concluded that the implementation of Precision Animal Science (PLF) tools, such as radio frequency identification (RFID) and computer vision algorithms, is indispensable to isolate individual responses, providing scientific subsidies for the redesign of more equitable and efficient zootechnical facilities.

KEY-WORDS: Thermal stress. Animal behavior. Precision livestock farming.

INTRODUÇÃO

A suinocultura global representa um pilar econômico e nutricional estratégico para a segurança alimentar, exercendo implicações diretas na pecuária mundial. O Brasil consolidou sua posição como um dos maiores produtores e exportadores mundiais, impulsionado por fortes demandas internacionais. A modernização deste setor exige a adoção de instalações tecnologicamente avançadas e o aprimoramento contínuo da gestão de ambiência. O foco atual da indústria transcende a maximização da produtividade, exigindo um equilíbrio ético rigoroso com o bem-estar animal.

Historicamente, o controle ambiental nas granjas pautou-se pelo uso de índices bioclimáticos médios para avaliar o conforto térmico de todo o plantel simultaneamente, baseando-se no Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para determinar a zona de

termoneutralidade. Entretanto, o alojamento coletivo de suínos nas fases de crescimento e terminação introduz a complexidade da hierarquia social. O comportamento termorregulatório ativo — a capacidade inata do animal de buscar alívio térmico — é frequentemente suprimido pela dominância exercida por indivíduos mais agressivos. Diante deste cenário, o objetivo central desta revisão sistemática é analisar os impactos comportamentais e as assimetrias na termorregulação de suínos alojados em baias coletivas, discutindo como a Zootecnia de Precisão pode ser empregada para superar as limitações das avaliações populacionais.

REFERENCIAL TEÓRICO

Evolução do Bem-Estar: Das Cinco Liberdades ao Modelo dos Cinco Domínios

A fundamentação teórica que norteia as atuais mudanças nos sistemas de produção animal baseia-se na evolução do próprio conceito de bem-estar. Originalmente estabelecido pelo Relatório Brambell (1965) através das clássicas “Cinco Liberdades”, o paradigma avaliativo focava majoritariamente na mitigação de sofrimentos físicos e nutricionais. Na contemporaneidade, esta visão evoluiu para o “Modelo dos Cinco Domínios”, proposto por Mellor (2016), que expande a análise científica para a esfera emocional e psicológica dos animais.

O novo modelo foca não apenas na ausência de estados aversivos, mas na promoção ativa de estados mentais positivos e na capacidade de o animal interagir de forma adaptativa com o meio. Essa autonomia define-se pela liberdade de expressar comportamentos inatos para satisfazer necessidades termorregulatórias sem impedimentos impostos por estresse crônico ou intimidação social.

Modulação Etológica e os Desafios da Estrutura Social

Devido à incapacidade de sudorese e à barreira de tecido adiposo subcutâneo, os suínos apresentam uma suscetibilidade natural acentuada frente às altas temperaturas, característica esta que foi exacerbada pelo intenso melhoramento genético focado no rápido desenvolvimento. Bjerg et al. (2020) destacam que, sob estresse térmico, o animal busca áreas úmidas, reduz a atividade motora e adota o decúbito lateral para maximizar a troca térmica condutiva.

No alojamento coletivo, o acesso a esses microclimas ótimos é rigorosamente ditado pela hierarquia da baia. Animais dominantes monopolizam zonas de resfriamento (como os aspersores ou ventilação), excluindo os submissos, que são empurrados para as áreas de excreção ou zonas quentes, sofrendo estresse térmico agudo. Além do estresse térmico, essa subordinação territorial expõe os animais em terminação a piores níveis de qualidade do ar. Liu et al. (2023) e Ni et al. (2021) enfatizam que aerossóis, poeira e amônia se concentram de forma desigual na instalação, atuando como potentes irritantes respiratórios para os animais marginalizados.

A Zootecnia de Precisão (PLF) e a Suinocultura 5.0

A superação dessas assimetrias exige a individualização do monitoramento dentro do grupo. García-Vázquez (2024) e Santos (2025) cunham o termo “Suinocultura 5.0” para descrever a integração da Inteligência Artificial, visão computacional e sensores IoT nas granjas. Essas ferramentas rastreiam o padrão cinético de cada animal, identificando desvios comportamentais e agressões em tempo real, permitindo ajustes dinâmicos da ambiência. Em convergência, a nutrição de precisão possibilita que indivíduos com alta taxa de movimentação (devido à fuga de agressões) recebam dietas ajustadas metabolicamente. Essa matriz tecnológica converte o comportamento qualitativo em dados biométricos, garantindo que o conforto ambiental seja distribuído

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, do tipo revisão sistemática da literatura. O levantamento de dados ocorreu nas bases SciELO, Scopus e PubMed, focando no período de 2021 a 2026 para garantir o estado da arte.

Utilizou-se o cruzamento dos descritores: “(“Heat stress” OR “Thermal stress”) AND (“Swine” OR “Pigs” OR “Piglets”) AND (“Animal behavior” OR “Behavioral thermoregulation”) AND (“Precision livestock farming” OR “PLF” OR “Individual monitoring”). Os critérios de inclusão exigiram aderência temática à termorregulação ativa em cenários de pressão social e tecnologias de monitoramento não invasivo, excluindo-se estudos sem foco na resposta individual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura científica recente revela um intenso e produtivo debate sobre a eficácia da termorregulação suína em sistemas intensivos, evidenciando que a resposta fisiológica não pode ser dissociada da interação social.

Inaugurando essa discussão, Guevara et al. (2026) postulam que antes que o colapso fisiológico ocorra, a modulação comportamental atua como um mecanismo antecipatório essencial, onde o animal altera posturas para maximizar a perda de calor por condução. Cervantes et al. (2018) e Mayorga et al. (2020) corroboram essa visão, mas alertam para os custos biológicos: quando as estratégias etológicas primárias são insuficientes, ocorre o redirecionamento do fluxo sanguíneo, resultando em hiperpermeabilidade intestinal e queda drástica no consumo voluntário de ração.

É neste ponto crítico que Döpjan (2026) insere a variável social no debate, argumentando de forma contundente que a manifestação dessas escolhas adaptativas é restringida pela hierarquia da baia. Dialogando diretamente com essa premissa, Parmiqqiani et al. (2026) demonstram, através da análise de interações, que os animais dominantes

monopolizam deliberadamente as áreas úmidas e os sistemas de ventilação. Em resposta e complementação a esses achados, Jarvis et al. (2006) e Borell e Raoult (2024) destacam que tal exclusão territorial condena os indivíduos submissos a permanecerem em zonas com desafios bioclimáticos extremos, forçando-os ao amontoamento desadaptativo.

Considerando essa assimetria social, Argana et al. (2025) e Niu et al. (2024) criticam a avaliação ambiental tradicional. Eles argumentam que a medição do conforto térmico baseada puramente na média do lote deturpa a realidade, pois ignora o sofrimento dos animais marginalizados pela hierarquia.

Para solucionar essa distorção, Akinyemi et al. (2025) e Buonaiuto et al. (2026) defendem a transição imediata para a Zootecnia de Precisão (PLF). Segundo os autores, apenas tecnologias não invasivas podem contornar o viés da observação humana e da média estatística. Apresentando as ferramentas práticas dessa transição, Ngo Bibinbe et al. (2025) e Compte et al. (2025) explicam como o uso integrado de sistemas RFID e algoritmos de visão computacional permite rastrear o tempo exato que cada indivíduo consegue acessar os recursos de resfriamento, sem interferir na dinâmica social, convertendo a modulação etológica em dados matemáticos que comprovam a real eficiência da ambiência.

CONCLUSÃO

A análise da literatura confirma que a modulação etológica é a principal linha de defesa dos suínos contra o calor, porém, sua eficácia é drasticamente podada pela hierarquia social intrínseca aos alojamentos coletivos. Animais dominantes segregam os submissos, impondo-lhes privações térmicas severas que são invisibilizadas pelos métodos tradicionais de avaliação climática baseados no lote.

A adoção da Zootecnia de Precisão desponta não apenas como uma evolução tecnológica, mas como uma correção ética e metodológica. O monitoramento individual contínuo é a única via para desenhar instalações que garantam conforto térmico de forma igualitária, promovendo o bem-estar e o desempenho zootécnico de todo o plantel.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Nós, autores deste artigo, declaramos que não possuímos conflitos de interesses de ordem financeira, comercial, político, acadêmico e pessoal.

REFERÊNCIAS

AFZAL, A. Biological responses to heat stress in livestock: From thermoregulation to cellular and epigenetic adaptation. **Journal of Thermal Biology**, v. 139, p. 104473, 2026.

AKINYEMI, B. E.; SIEGFORD, J. M.; JESSIMAN, L.; TURNER, S. P.; JOHNSON, A. K.;

AKAICHI, F. Precision livestock farming usage among a subset of U.S. swine producers: Insights through a structural equation modeling approach. **Smart Agricultural Technology**, v. 10, p. 100839, 2025.

ARGANA, A.; TARAFDAR, A.; VAISHNAV, S.; GAUR, G. K.; SINGH, M.; RAHMAN, C. F.; SINGH, G.; TIWARI, R.; DUTT, T.; CHAUHAN, A. Unravelling bio-climatic thermal stress driven behavioral pattern shifts in crossbred pigs. **Journal of Thermal Biology**, v. 134, p. 104332, 2025.

BJERG, B.; BRANDT, P.; PEDERSEN, P.; ZHANG, G. Sows' responses to increased heat load - A review. **Journal of Thermal Biology**, v. 94, art. 102758, 2020.

BRAMBELL, F. W. R. Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. London: **Her Majesty's Stationery Office**, 1965.

BORELL, E. von; RAOULT, C. M. C. Stress in pigs: History, assessment, and interpretation. In: CAMERLINK, I.; BAXTER, E. M. (ed.). **Advances in Pig Welfare**. 2. ed. [S. l.]: Woodhead Publishing, 2024. p. 49-67.

BUONAIUTO, G.; NANNONI, E.; SARDI, L.; BELPERIO, S.; SANZÒ, C.; MARTELLI, G. Invited Review: Precision livestock farming technologies in swine intensive production. **Applied Animal Science**, v. 42, n. 3, p. 175-202, 2026.

CAMARGO, N. O. T.; ANDRETTA, I.; CARVALHO, C. L.; XAVIER, E. G. Análise comportamental e características de desempenho zootécnico de matrizes suínas alojadas em baias coletivas e gaiolas individuais. In: **Suinocultura e Avicultura: Do Básico a Zootecnia de Precisão**. Editora Científica Digital, p. 56-67, 2021.

CERVANTES, M.; ANTOINE, D.; VALLE, J. A.; VÁSQUEZ, N.; CAMACHO, R. L.; BERNAL, H.; MORALES, A. Effect of feed intake level on the body temperature of pigs exposed to heat stress conditions. **Journal of Thermal Biology**, v. 76, p. 1-7, 2018.

COMPTE, A.; YAN, Y.; CORTÉS, X.; ESCALERA, S.; JACQUES-JUNIOR, J. C. S. Housed pig identification and tracking for precision livestock farming. **Expert Systems with Applications**, v. 293, p. 128466, 2025.

DÜPJAN, S. Pig behavior and welfare. In: OLDROYD, B. (ed.). **Encyclopedia of Animal Behavior**. 3. ed. [S. l.]: Academic Press, 2026. p. 782-792.

GAILLARD, C.; BROSSARD, L.; DOURMAD, J. Y. Improvement of feed and nutritional efficiency in pig production through precision feeding. **INRAE Productions Animales**, v. 33, n. 1, p. 23-36, 2020.

GAILLARD, C.; DURAND, M.; LARGOUËT, C.; DOURMAD, J. Y.; TALLET, C. Effects of the environment and animal behavior on nutrient requirements for gestating sows: Future improvements in precision feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v. 279, art. 115034, 2021.

- GARCÍA-VÁZQUEZ, F. A. Artificial intelligence and porcine breeding. **Animal Reproduction Science**, v. 269, art. 107538, 2024.
- GUEVARA, R. D.; LÓPEZ-VERGÉ, S.; PASTOR, J. J.; MANTECA, X.; TEDO, G.; LLONCH, P. Behavioral measurements as sensitive non-invasive indicators to assess the thermoregulatory response in weaned piglets. **Livestock Science**, v. 308, p. 105953, 2026.
- JARVIS, S.; MOINARD, C.; ROBSON, S. K.; BAXTER, E.; ORMANDY, E.; DOUGLAS, A. J.; SECKL, J. R.; RUSSELL, J. A.; LAWRENCE, A. B. Programming the offspring of the pig by prenatal social stress: Neuroendocrine activity and behaviour. **Hormones and Behavior**, v. 49, n. 1, p. 68-80, 2006.
- KNOX, R. V. Worldwide perspective for swine production and reproduction for the next 20 years. **Theriogenology**, v. 234, art. 11-20, 2024.
- LIU, T. et al. Characteristics of aerosols from swine farms: A review of the past two-decade progress. **Environment International**, v. 178, art. 108074, 2023.
- MAYORGA, E. J.; ROSS, J. W.; KEATING, A. F.; RHOADS, R. P.; BAUMGARD, L. H. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. **Theriogenology**, v. 154, p. 73-83, 2020.
- MELLOR, D. J. Moving beyond the “Five Freedoms” to “Five Domains” of animal welfare. **Animals**, v. 6, n. 3, p. 21, 2016.
- NGO BIBINBE, S.; Maignel, L.; GAGNON, P.; AHLOY-DALLAIRE, J.; PAQUET, É. Long term pig tracking with computer vision: development of a hidden Markov model using individual identification. **Animal - Science proceedings**, v. 16, n. 6, p. 862, 2025.
- NI, J. Q. et al. A critical review of advancement in scientific research on food animal welfare-related air pollution. **Journal of Hazardous Materials**, v. 408, art. 124468, 2021.
- NIU, K.; ZHONG, J.; HU, X. Impacts of climate change-induced heat stress on pig productivity in China. **Science of The Total Environment**, v. 908, p. 168215, 2024.
- PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 10, n. 1, p. 89, 2021.
- PARMIGGIANI, A.; LIU, D.; NORTON, T. Graphs that know who started it: Role recognition in Pigs’ interactions. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 250, p. 111949, 2026.
- PELLENZ, J. et al. Desempenho e comportamento de matrizes suínas alojadas em gaiolas ou baias coletivas durante a gestação. **Ciência Rural**, v. 51, n. 10, e20200547, 2021.
- REMUS, A. et al. Application of precision feeding in swine production. **Animal Frontiers**, v. 10, n. 2, p. 31-39, 2020.
- SANTOS, C. G. **Suinocultura 5.0: inteligência artificial aplicada à saúde e bem-estar animal**. Tese de Repositório Institucional, 2025.