

Bianca Izabelly Pereira Gomes¹;

¹Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/8954741213693952>

Nathália de Lima Mendes²;

²Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2630000990581090>

Marco Túlio Santos Siqueira³;

³Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Jaboticabal, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2171869569188113>

Marcela Rodrigues de Oliveira⁴;

⁴Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2986844726429159>

Lucas Eduardo Gonçalves Vilaça⁵;

⁵Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/3084652122841929>

Rodolfo Henrique Silva Pereira⁶;

⁶Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/8694705056685438>

Isabella Mariano Machado⁷.

⁷Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/0243984456814707>

RESUMO: Esta revisão de escopo busca sintetizar os principais conhecimentos da literatura científica acerca do bem-estar térmico de suínos na região Amazônica, identificando os principais indicadores de estresse térmico e as estratégias de mitigação adotadas pelo setor de produção. A revisão abrangeu pesquisas do período de 1970 até 2025 utilizando bases de busca online nas plataformas *SciELO*, *Portal de Periódicos da CAPES*, *PubMed*, *Scopus* e *Google Acadêmico*. Para a seleção de resultados foi utilizada a estratégia PCC (População, Conceito, Contexto) seguindo as diretrizes PRISMA-ScR. Como resultado, foram encontrados diferentes desafios entre as fases produtivas, apresentando um cenário de emergência para toda a cadeia de produção. Dentre as problemáticas se destacaram problemas nas instalações devido ao acúmulo de calor e a restrição dos confinamentos em gaiolas. As principais formas de mitigação destes problemas vêm através de ações multidisciplinares que atravessam desde a nutrição até o enriquecimento ambiental e o monitoramento automatizado via inteligência artificial. Concluiu-se que a gestão bioclimática integrada é essencial para a sustentabilidade da suinocultura regional.

PALAVRAS-CHAVE: Suinocultura. Amazônia. Bioclimatologia.

THERMAL COMFORT OF PIGS IN THE AMAZON – A SCOPING REVIEW

ABSTRACT: This scoping review aims to synthesize key findings from the scientific literature regarding the thermal well-being of pigs in the Amazon region, identifying primary heat stress indicators and mitigation strategies adopted by the production sector. The review covered research conducted between 1970 and 2025, utilizing online databases such as SciELO, the CAPES Journal Portal, PubMed, Scopus, and Google Scholar. Results were selected using the PCC (Population, Concept, Context) framework in accordance with PRISMA-ScR guidelines. The findings reveal distinct challenges across production stages, presenting an urgent situation for the entire production chain. Notable issues include facility-related problems caused by heat accumulation and the constraints of cage confinement. Key mitigation strategies involve multidisciplinary approaches ranging from nutrition and environmental enrichment to automated monitoring via artificial intelligence. The study concludes that integrated bioclimatic management is essential for the sustainability of regional swine production.

KEYWORDS: Pig farming. Amazon. Bioclimatology.

INTRODUÇÃO

A região Amazônica é caracterizada por seu clima tropical e equatorial, é predominantemente quente e úmida e mantém médias de temperatura e umidade relativa alto sendo um desafio constante para o conforto térmico de animais de produção (ALVES, 2026). O avanço do aquecimento global e as mudanças dos microclimas no bioma amazônico apenas intensificaram o estresse térmico regional e o desempenho na criação de suínos, tornando o clima amazônico um dos cenários bioclimáticos mais severos e limitantes de desenvolvimento para a exploração da suinocultura. Paralelamente a este acontecimento, a crescente tecnificação do setor agropecuário tornou necessário elevar cada vez mais a eficiência nos sistemas de produção de suínos (Machado Filho e Hötzel, 2000; Campos, 2010). A criação de suínos comerciais que até então era desenvolvida de maneira extensiva e com pouca mão de obra envolvida teve que se adaptar ao modo de criação intensivo, utilizando o confinamento como principal ferramenta, reduzindo o espaço de trabalho e necessitando de mão de obra mais especializada. Com esta mudança de panorama houve um impacto direto no bem-estar dos animais, desencadeando quadros de estresse crônico, causando um desequilíbrio no sistema imunológico e favorecendo o surgimento de patologias, além de comprometer o desempenho zootécnico (PANDORFI et al., 2006; HEMSWORTH et al., 1996).

OBJETIVO

Mapeamento e síntese acerca da literatura científica sobre o bem-estar térmico de suínos na região amazônica, identificando os principais indicadores de estresse térmico, estratégias de mitigação adotadas na região até então.

METODOLOGIA

O levantamento bibliográfico para esta pesquisa abrangeu período de 1970 a 2025 em uma coleta de dados extensa nas plataformas *SciELO*, *Portal de Periódicos da CAPES*, *PubMed*, *Scopus* e *Google Acadêmico*. O desenvolvimento segue as diretrizes do PRISMA-ScR utilizando a estrutura População, Conceito e Contexto (PCC), onde População refere-se ao suíno, Conceito refere-se a bem-estar e Contexto refere-se à Amazônia.

Como estratégia de busca foram utilizadas combinações de termos chaves por meio conectores (E) e (OU): “suínos” (OU) “swine” (E) “bem-estar térmico” (OU) “conforto térmico” (OU) “estresse térmico” (E) “Amazônia” (OU) “amazon” (OU) “Amazonas”.

Para legitimar a elegibilidade das pesquisas utilizadas foram criados critérios de inclusão onde se priorizou artigos e teses originais tanto em português quanto em inglês e espanhol, realizados na Amazônia e focados em variáveis bioclimáticas (ITU, Temperatura, Umidade), variáveis fisiológicas (Frequência respiratória, Temperatura Retal) ou mitigação térmica para suínos.

Quadro 1. Artigos selecionados através das diretrizes PRISMA-ScR do período de 1970 até 2025.

Autor	Ano	Problemática	Solução Proposta	Fase de Vida do Suíno
Hinde	1970	Estresse microclimático	Enriquecimento ambiental e adequação da estrutura física do alojamento	Todas as fases
Stephens	1980	Estresse ambiental/ térmico e respostas fisiológicas	Monitoramento fisiológico do estresse e adaptação do microclima das instalações	Suínos em crescimento
Toates	1980	Falha nos mecanismos de homeostase e termorregulação	Aplicação de modelos sistêmicos para controle de variáveis ambientais e térmicas	Todas as fases
Barnett, Hemsworth et al.	1984	Desconforto térmico e estresse fisiológico	Adequação do tipo de piso/cama e melhoria no ambiente para favorecer a termorregulação	Porcas gestantes e suínos jovens
Price	1984	Inadaptabilidade ambiental e comportamental	Adequação das instalações às necessidades fisiológicas e térmicas da espécie	Todas as fases
Hemsworth, Barnett et al.	1989	Estresse térmico e desconforto ambiental	Otimização no design das instalações de alojamento e manejo positivo para reduzir o estresse crônico	Porcas em reprodução / gestação
Hemsworth, Barnett et al.	1995	Flutuações microclimáticas e estresse térmico nas instalações de maternidade	Controle das condições microclimáticas nas salas de parto e mitigação de estressores	Porcas em lactação e leitões

Wegner et al.	2014	Impactos de variações climáticas na fertilidade e na mortalidade de leitões	Controle das condições ambientais para mitigar os efeitos do clima	Matrizes (Porcas) e Leitões
Waberski et al.	2019	Estresse térmico e fatores ambientais que afetam a qualidade do sêmen preservado	Aplicação de técnicas avançadas de preservação e uso eficiente de sêmen na inseminação artificial	Reprodutores (Garraões/ Machos)
Zhao et al.	2019	Queda no desempenho e estresse térmico em condições de elevado calor e umidade	Ajuste nutricional na dieta	Matrizes (Porcas em lactação) e Leitões
Vicente-Pérez	2021	Vulnerabilidade às mudanças climáticas baseada em índices bioclimáticos	Avaliação e adaptação dos sistemas de alojamento	Todas as fases
Zhuang et al.	2025	Estresse térmico em sistemas de alojamento por celas/gaiolas	Monitoramento de parâmetros fisiológicos por <i>machine learning</i>	Matrizes (Porcas gestantes)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estresse térmico na suinocultura regional

O bem-estar animal é considerado como o estado em que o indivíduo através de suas tentativas de se adaptar ao meio em que vive tem sucessos superiores aos fracassos (BROOM, 1986; OLIVEIRA; SILVA, 2023). Quando se avalia o conforto térmico e ambiental destes, apoia-se principalmente no princípio das Cinco Liberdades estabelecidas pelo Farm Animal Welfare Council (FAWC, 2012) que atualmente é amplamente utilizado na criação de animais de produção. Considerando: liberdade fisiológica, ambiental, sanitária, comportamental e psicológica.

Em regiões de clima tropical e equatorial como o bioma amazônico, que vem enfrentando profundas variações microclimáticas nas últimas décadas (MARENGO et al., 2008; GOMES, 2015), a temperatura ambiente tem atingido frequentemente marcas de 30 °C a 38 °C (AYOADE, 1991; SANTOS et al., 2022). Estas condições climáticas contribuem para aumentar a carga de estresse térmico para muitos animais de produção que sofrem com a combinação de altas temperaturas com alta umidade devido a flora local (ALVES, 2026).

Sob tais condições, o estresse térmico configura-se como um dos entraves bioclimáticos mais severos para a suinocultura, especialmente em sistemas de confinamento que visam uma criação mais controlada e tecnificada (SEVEGNANI et al., 1994; VICENTE-PÉREZ, 2021). Os ambientes com elevadas temperaturas e umidade alta ultrapassam a capacidade de dissipação de calor dos animais, o que exige a mensuração por meio de índices de temperatura e umidade (ITU) para readequar instalações e mitigar prejuízos zootécnicos (VICENTE-PÉREZ, 2021).

Ao se deparar em uma situação de estresse por calor, o suíno altera seu padrão

comportamental a fim de mitigar os efeitos do clima: deitando sobre superfícies úmidas ou sombreadas, reduzindo o consumo de alimentos para diminuir o incremento calórico digestivo, aumentando a ingestão de água e acelerando as frequências cardíaca e respiratória (PEREIRA et al., 2005). A criação na região Amazônica enfrenta restrições severas devido à biologia da própria espécie. Suínos não possuem glândulas sudoríparas funcionais o que os incapacita de regular a temperatura através da evaporação do suor na pele de maneira eficiente (INGRAM, 1965; SAMPAIO, 2020; SILVA et al., 2024)

Instalações que não são equipadas com sistemas de ventilação adequados e/ou com pisos que dificultam a troca térmica (concreto, plástico liso, compactados) aumentam o estresse fisiológico pois dificultam a troca de temperatura da superfície com o ambiente (BARNETT et al., 1984; PRICE, 1984). A região exige um olhar mais focado em relação ao redirecionamento solar e isolamento térmico, a instalação deve funcionar de modo que não acumule calor radiante durante todo o dia (AYOADE, 1991; SILVA et al., 2024).

Além disso, muitos confinamentos usam por padrão baias ou gaiolas o que impede a expressão de comportamentos termorregulatórios naturais necessários para o ambiente, caracterizando um prejuízo direto à liberdade comportamental e ambiental (HEMSWORTH et al., 1989; PRICE, 1984). A falta de espaço impede que os animais possam acessar áreas sombreadas ou pisos mais frios ou molhados para realizar suas trocas térmicas. A exposição contínua a condições microclimáticas adversas supera os limites adaptativos da espécie, que já é bastante limitada, provocando falhas crônicas nos mecanismos de controle térmico atingindo toda a cadeia de produção suína (HINDE, 1970; STEPHENS, 1980; TOATES, 1980). Esse desequilíbrio afeta negativamente o sistema imunológico e o padrão fisiológico geral dos suínos, acarretando no seu baixo desempenho zootécnico e no bem-estar dos indivíduos (STEPHENS, 1980).

A importância da identificação da fase de desenvolvimento do animal

Mesmo que os suínos tentem manter a homeostase térmica controlando a temperatura interna para que ela seja regulada independente do ambiente, a tolerância individual e a resposta fisiológica ao meio térmico tem um peso diretamente em seu desempenho (TINOCO, 1996; FERREIRA, 2011). As respostas podem variar consideravelmente quando a fase de desenvolvimento e categoria do animal é analisada.

Para os machos reprodutores, o estresse calórico especificadamente compromete a espermatogênese e prejudica a motilidade e integridade funcional do sêmen através da baixa deposição líquida no meio (WABERSKI et al., 2019). Esse entrave reduz as taxas de concepção e a eficiência dos programas de inseminação artificial causando o baixo desempenho zootécnico tanto do reprodutor quanto da sua progênie (WABERSKI et al., 2019).

Em porcas gestantes e em lactação o estado de exigência energética aumenta e estas acabam desenvolvendo durante este período uma elevada carga metabólica. Variações microclimáticas na maternidade impactam direta e negativamente o consumo diário de

ração e a produção de leite, refletindo em queda de fertilidade e maior taxa de mortalidade pré-desmame dos seus leitões (WEGNER et al., 2014; ZHAO et al., 2019). Além disso, o confinamento restritivo em gaiolas, que é ainda a principal realidade em granjas comerciais da região, eleva o desconforto calórico da matriz gestante (ZHUANG et al., 2025).

Já no ambiente da maternidade é apresentado um paradoxo climático, onde o leitão recém-nascido necessita de altas temperaturas no ambiente, pois não tem capacidade de se auto regular ainda, enquanto a porca exige temperaturas significativamente menores já que seu corpo produz uma quantidade significativamente maior de calor (WEGNER et al., 2014). A inconsistência climática criada pelo microclima ainda sofre com a ação direta das temperaturas altas da região o que pode causar uma desregulação térmica no leitão levando a mortalidade e a um desequilíbrio de energia da porca que ao priorizar o gasto de energia na regulação térmica em substituição a produção de leite.

Nas fases de crescimento e terminação, os animais atingem a zona crítica de estresse térmico em torno de 27 °C (BRIDI, 2010), o que já está perigosamente abaixo da temperatura do ambiente ao redor dela. Em temperaturas superficiais mais altas, com acréscimo de até 9,5% sob 32 °C comparado a 22 °C (MANNO et al., 2006), há o risco real de superaquecimento e óbito caso o calor persistir (BRIDI, 2010). Muitas vezes os animais ficam em baias coletivas altamente povoadas o que eleva o desconforto físico e térmico.

Estratégias de mitigação encontradas

Para minimizar o ganho de calor nesta região, recomenda-se a adequação das edificações com sistemas de sombreamento nas instalações (pé-direito alto, piso adequado, ventilação eficaz) e piquetes (áreas de sombreamento, solo adequado, fontes de água) (AYOADE, 1991), a escolha de materiais adequados para os pisos/camas para aqueles que favorecem a troca facilitada de calor por condução (BARNETT et al., 1984) e a implementação de enriquecimento ambiental, que reduz a frustração comportamental no sistema mais restrito de um confinamento, assim como auxilia na diminuição da resposta fisiológica ao estresse crônico associado a alta temperatura (HINDE, 1970; HEMSWORTH et al., 1989). Essas medidas viabilizam a dissipação térmica que diminui a reação ao estresse crônico (HEMSWORTH et al., 1989) diminuindo a amplitude térmica do ambiente e facilitando a adaptação ao microclima.

Quanto a nutrição, esta tem papel crucial no monitoramento da saúde dos animais visto que alterações bruscas no consumo sempre são vistas como sinais de problemas na produção. O reajuste de aminoácidos na ração e a redução de proteínas brutas minimizam a produção de calor metabólico e preservam o desempenho produtivo em climas quentes e úmidos (ZHAO et al., 2019). Para preservar o sêmen de machos reprodutores é comum utilizar diluentes e técnicas atualizadas de preservação, assim mitigando os efeitos do calor na viabilidade espermática (WABERSKI et al., 2019) para que este aguente longos períodos de transporte e armazenamento sem a perda de viabilidade.

Para impedir os problemas gerados pelo conflito microclimático nas salas de

parto e gestação (HEMSWORTH et al., 1995), há a integração de modelos sistêmicos ambientais (TOATES, 1980) a sistemas modernos de inteligência artificial (machine learning) possibilitando o monitoramento contínuo dos parâmetros fisiológicos dos animais (ZHUANG et al., 2025). Isso facilita correções automatizadas e imediatas no sistema de ventilação/resfriamento das baias e permite que o impacto das alterações em microclimas sejam corrigidos antes que isto afete o desempenho e sobrevivência do rebanho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suinocultura na região Amazônica encontra-se em um ponto de inflexão decisivo. Os desafios climáticos que o clima tropical apresenta, considerando as elevadas temperaturas e alta umidade vai de encontro com as limitações das fisiológicas e genéticas dos suínos. Os entraves bioclimáticos ao desempenho produtivo e ao bem-estar da espécie apenas tendem a crescer devido ao aumento da temperatura global e a lenta tecnificação da região. A compreensão das necessidades e respostas fisiológicas e comportamentais de cada fase de desenvolvimento evidencia que as soluções hoje apresentadas são apenas paliativas e se tornarão insuficientes para garantir a sobrevivência do setor em breve. Desta forma, solucionar de maneira efetiva o problema do estresse térmico em suínos requer uma abordagem mais multidisciplinar, integrando conhecimentos nutricionais, comportamentais, arquitetônicos e competência digital. Esse conjunto de áreas viabiliza não apenas o aumento da eficiência zootécnica e econômica da produção como também garante uma criação ética, sustentável e resiste as mudanças climáticas regionais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. H. R. A. **Conforto térmico ambiental e sustentabilidade na suinocultura: um estudo de caso na região Amazônica**. 2026.
- BARNETT, J. L. *et al.* Effects of housing scheme and floor type on welfare and physiological stress in pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 12, n. 3, p. 223-232, 1984.
- BRIDIS, A. M. **Efeitos do ambiente tropical sobre a produção animal**. Londrina: UEL, 2010. Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/EfeitosdoAmbienteTropicalsobreaProduçãoAnimal.pdf. Acesso em: 19 ago. 2026.
- BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, London, v. 142, n. 6, p. 524-526, 1986.
- CARVALHO, P. H. *et al.* Bem-estar animal em suínos. *In: Suinocultura e avicultura: do básico à zootecnia de precisão*. [S. l.]: Editora Pasteur, cap. 3, p. 25-34. 2021.
- CHRISTON, R. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 12, p. 3112-3123, 1988.
- CORASSA, A. *et al.* Comportamento e parâmetros fisiológicos de porcas em lactação na transição Cerrado-Amazônia. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 386-394, 2014.
- COSTA, O. A. D.; LUDKE, J. V.; COSTA, M. J. R. P. Aspectos econômicos e de bem-estar animal no manejo dos suínos da granja até o abate. *In: Seminário Internacional de Aves e*

Suíños, 4., 2005, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: AVESUI, 2005.

DE SOUZA, B. B. **Adaptabilidade e bem-estar em animais de produção**. 2019. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Adaptabilidade/index.htm. Acesso em: 19 ago. 2026.

FERNANDES, T. S. *et al.* Cinco liberdades do bem-estar animal aplicadas à suinocultura intensiva. **Revista de Agronomia**, v. 7, n. 2, p. 45-52, 2021.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente: para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011.

FRASER, D. Understanding animal welfare. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 50, n. 1, p. S1, 2008.

GARCÍA-DIÉGUEZ, C.; KEELING, L. *et al.* Including animal welfare targets in the SDGs: the case of animal farming. **Agriculture and Human Values**, v. 40, p. 1125–1138, 2023.

GOMES, A. C. S. *et al.* Análise estatística das tendências de elevação nas séries de temperatura média máxima na amazônia central: Estudo de caso para a região do oeste do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 214-228, 2015.

HANNAS, M. I.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. Efeito da temperatura ambiente sobre parâmetros fisiológicos e hormonais de leitões dos 15 aos 30 kg. *In*: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: p. 226. SBZ, 1999.

HEMSWORTH, P. H.; BARNETT, J. L. *et al.* The effects of housing conditions on the welfare and stress responses of breeding sows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 23, n. 4, p. 301-314, 1989.

HEMSWORTH, P. H.; BARNETT, J. L. *et al.* Chronic stress and microclimate fluctuations in farrowing facilities. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 5, p. 1320-1329, 1995.

HEMSWORTH, P. H.; COLEMAN, G. J. Human-Livestock interactions: the stockperson and the productivity and welfare of intensively farmed animals. **Wallingford: CAB International**, 1998. p. 91-106.

HINDE, R. A. **Animal Behaviour: A Synthesis of Ethology and Comparative Psychology**. New York: McGraw-Hill, 1970.

KIEFER, C. *et al.* Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 221, p. 55-64, 2009.

LUDTKE, C. B. *et al.* Eutanásia de suínos em granjas: boas práticas para o bem-estar na suinocultura. **Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, 2019.

MANNO, M. C. *et al.* Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 471-477, 2006.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARQUES, H. Z. *et al.* Comportamento alimentar ao longo do dia e influência da temperatura e luminosidade na dinâmica de consumo voluntário individual de suínos em ambiente não-controlado. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, e-74521, 2023.

OLIVEIRA, R. M.; SILVA, A. P. Bem-estar na produção de suínos: comportamento e uso de enriquecimento ambiental. *In: Congresso Brasileiro de Biociências*, 2., 2023, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: IME Events, 2023.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PRICE, E. O. Behavioral aspects of animal domestication. **Quarterly Review of Biology**, v. 59, n. 1, p. 1-32, 1984.

SANTOS, M. A. *et al.* Avaliação do estresse térmico em suínos no Norte/Noroeste do Brasil por meio do Índice de Temperatura e Umidade (ITU). **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 38102-38115, 2022.

SEVEGNANI, K. B.; FILHO, H. G.; SILVA, I. J. O. **Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994.

SILVA, J. P. *et al.* Bem-estar animal na suinocultura: Análise sobre as práticas e perspectivas para um manejo ético e sustentável. **Scientia Generalis**, v. 6, n. 1, p. 102-115, 2025.

SILVA, R. V. *et al.* Índices bioclimáticos e respostas fisiológicas de suínos confinados em regiões de altas temperaturas. **Acta Veterinaria Tropica**, v. 18, n. 1, p. 11-20, 2024.

STEPHENS, D. B. Stress and its physiological indicators in farming environments: a review. **Research in Veterinary Science**, v. 28, n. 3, p. 263-267, 1980.

TOATES, F. M. **Animal Behaviour: A Systems Approach**. Chichester: John Wiley & Sons, 1980.

VICENTE-PÉREZ, R. Bioclimatic indices and vulnerability assessment of swine production in arid regions. **International Journal of Biometeorology**, v. 65, n. 4, p. 589-601, 2021.

WABERSKI, D. *et al.* Environmental and thermal stress affecting preserved boar semen quality in artificial insemination programs. **Theriogenology**, v. 137, p. 105-112, 2019.

WEGNER, K. *et al.* Climate variation impacts on sow fertility and piglet mortality in moderate regions. **Porcine Health Management**, v. 1, n. 4, p. 12-21, 2014.

ZHAO, Y. *et al.* Dietary valine-to-lysine ratio adjustments to reduce heat stress effects on lactating sows and piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 2, p. 45-56, 2019.

ZHUANG, X. *et al.* Real-time physiological parameters monitoring via machine learning for heat stress assessment in sow gestating crates. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 228, e109120, 2025.