

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

AMANDA APARECIDA BRITO

INFLUÊNCIA DE ONDAS DE CALOR SOBRE A ESTIMATIVA DE CONSUMO DE
RAÇÃO E DESEMPENHO REPRODUTIVO DE MATRIZES SUÍNAS

Uberlândia

2020

AMANDA APARECIDA BRITO

INFLUÊNCIA DE ONDAS DE CALOR SOBRE A ESTIMATIVA DE CONSUMO DE
RAÇÃO E DESEMPENHO REPRODUTIVO DE MATRIZES SUÍNAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias/ Mestrado da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal

Orientadora: Profª. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento

Coorientadora: Profª. Dra. Ana Luísa Neves Alvarenga Dias

Uberlândia

2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

B862 2020	<p>Brito, Amanda Aparecida, 1995- Influência de ondas de calor sobre a estimativa de consumo de ração e desempenho reprodutivo de matrizes suínas [recurso eletrônico] / Amanda Aparecida Brito. - 2020.</p> <p>Orientadora: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento. Coorientadora: Ana Luísa Neves Alvarenga Dias. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.215 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Veterinária. I. Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos , 1964-, (Orient.). II. Dias, Ana Luísa Neves Alvarenga ,1983-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ciências Veterinárias. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 619</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias
BR 050, Km 78, Campus Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6811 - www.ppgcv.famev.ufu.br - mesvet@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências Veterinárias				
Defesa de:	DISSERTAÇÃO DE Mestrado Acadêmico nº PPGCV/006/2020				
Data:	03 de março de 2020	Hora de início:	09:03	Hora de encerramento:	12:40
Matrícula do Discente:	11812MEV014				
Nome do Discente:	AMANDA APARECIDA BRITO				
Título do Trabalho:	INFLUÊNCIA DE ONDAS DE CALOR SOBRE A ESTIMATIVA DE CONSUMO DE RAÇÃO E DESEMPENHO REPRODUTIVO DE MATRIZES SUÍNAS				
Área de concentração:	PRODUÇÃO ANIMAL				
Linha de pesquisa:	MANEJO E EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DOS ANIMAIS, SEUS DERIVADOS E SUBPRODUTOS				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	EFEITO DO AMBIENTE TÉRMICO SOBRE OS ANIMAIS HOMEOTÉRMICOS				

Reuniu-se no Anfiteatro 4G, Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: Robson Carlos Antunes - UFU; João Paulo Rodrigues Bueno - UNITRI; Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/03/2020, às 12:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Robson Carlos Antunes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/03/2020, às 12:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Rodrigues Bueno, Usuário Externo**, em 03/03/2020, às 12:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1894380** e o código CRC **E0ACED9D**.

Aos meus pais, meu noivo, meus familiares e amigos, pelos ensinamentos, incentivos e apoio nesta etapa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me abençoar em cada decisão e me fortalecer nesta jornada.

Aos meus pais Leonardo e Aparecida, por sempre me apoiarem, me darem condições de realizar meus objetivos, por todos os ensinamentos e carinho ao longo dos anos. Ao meu noivo Thalís, pelo companheirismo, paciência e compreensão durante este período de dedicação a esta pesquisa. E a todos os meus familiares pelos conselhos e incentivo neste tempo.

À minha orientadora Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, por me orientar nestes dois anos, pelos conselhos, dedicação, paciência, e também por estar sempre presente apoiando e ajudando em todas as etapas deste processo que foi o mestrado. À minha coorientadora Profa. Dra. Ana Luísa Neves Alvarenga Dias, por toda dedicação, compreensão e ensinamentos. À Profa. Dra. Natascha por me acompanhar desde a graduação e pelo auxílio com tamanha dedicação e paciência com as análises estatísticas.

Ao colega de graduação Ricardo, pelo auxílio no início da pesquisa, colaborando para com a elaboração e organização dos dados meteorológicos. À aluna de iniciação científica Carolina pelo auxílio nas leituras de artigos científicos para a elaboração do tópico revisão bibliográfica.

Aos colegas de pós-graduação Gustavo, Cíntia, João Paulo, Fernanda e Patrícia, pela amizade e apoio durante todo este período.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais uma etapa de conquista.

RESUMO

Primeiramente, objetivou-se determinar a relação entre a ocorrência de ondas de calor e a predição do consumo voluntário de ração de matrizes suínas na mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. O Índice Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado para determinar a ocorrência de ondas de calor de 2008 a 2017 em Araxá, Frutal, Ituiutaba, Patos de Minas, Patrocínio, Uberaba e Uberlândia. A estimativa de ingestão voluntária de alimentos com e sem ocorrência de ondas de calor, e a predição econômica da receita com base na ingestão de alimentos foram calculados. As porcas criadas em Ituiutaba e Frutal apresentaram a menor estimativa de consumo durante a efetiva ocorrência de ondas de calor, com 3,969 kg e 4,648 kg/dia, respectivamente. O estresse por calor representou uma redução de receita de R\$ 74,60 por leitegada. A predominância das ondas de calor reduz o consumo de alimentos das porcas. No segundo estudo objetivou-se identificar a ocorrência de ondas de calor e verificar seu efeito no desempenho reprodutivo de porcas de granja comercial criadas em ambiente tropical. O ITU foi calculado para determinar os períodos de ondas de calor de 2013 a 2019. Neste período dados reprodutivos de uma granja comercial equipada com ventiladores e nebulizadores foram disponibilizados com informações de 51.578 inseminações. O efeito de ondas de calor sobre o número de prenhez, de partições e de aborto e influência da ordem de parto sobre o desempenho reprodutivo foram avaliados. Maio, junho, julho e agosto foram os meses com menor número médio de dias de ondas de calor. Do total de 2.156 dias avaliados verificou-se 1.163 dias de ocorrência de ondas de calor. O número de porcas prenhas, que pariram e abortaram não diferiu entre os grupos controle (sem ondas de calor) e quente (com ondas de calor). Matrizes suínas criadas em ambiente tropical apresentaram maior número de leitões nascidos vivos e peso da leitegada em porcas de segunda a quinta ordem de parto em relação à nulíparas, primíparas e porcas com 6 ou mais partos, sendo resultados similares a de regiões temperadas. O menor número de nascidos vivos, de peso da leitegada e do leitão e maior natimortos, mortos ao nascer, mumificados foram observados em matrizes com 6 ou mais partos. A ocorrência de ondas de calor no período de inseminação de porcas criadas em granja comercial com ventiladores e nebulizadores não influencia no número de prenhas e de abortos nos trópicos.

Palavras-chave: Suínos. Estresse por calor. Temperatura do ar. Índice de Temperatura e Umidade. Ordem de parto.

ABSTRACT

Firstly, the objective to determine the relationship between the occurrence of heat waves and the prediction of voluntary feed intake of sows in the Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba mesoregion, Minas Gerais, Brazil. The Temperature and Humidity Index (THI) were calculate from to determine the occurrence of heat waves from 2008 to 2017 in Araxá, Frutal, Ituiutaba, Patos de Minas, Patrocínio, Uberaba and Uberlândia. The estimate of voluntary food intake with and without the occurrence of heat waves, and the economic prediction of revenue based on food intake were calculated. The sows raised in Ituiutaba and Frutal had the lowest consumption estimate during the actual occurrence of heat waves, with 3.969 kg and 4.648 kg / day, respectively. Heat stress represented a reduction in revenue of R \$ 74.60 per litter. The predominance of heat waves reduces the voluntary feed intake of sows. In the second study, the objective was to identify the occurrence of heat waves and to verify their effect on the reproductive performance of commercial farm sows in a tropical environment. The THI was calculate from to determine the periods of heat waves from 2013 to 2019. In this period reproductive data from a commercial farm equipped with fans and misting were made available with information from 51,578 inseminations. The effect of heat waves on the number of pregnancies, farrowing and abortions and the influence of the birth order on the reproductive performance were evaluated. May, June, July and August were the months with the lowest average number of days with heat waves. The total of 2,156 days evaluated, there were 1,163 days of heat waves. The number of pregnant sows that gave birth and aborted did not differ between the control (without heat waves) and hot (with heat waves) groups. Swine breeders reared in a tropical environment showed a higher number of piglets born alive and litter weight was registered in sows from second to fifth order of birth in relation to nulliparous, primiparous and sows with 6 or more births, with results similar to those in temperate regions. The lowest number of live births, litter and piglet weight and the highest number of stillbirths, dead at birth, mummified was observed in matrices with 6 or more births. The occurrence of heat waves during insemination period of sows reared on a commercial farm with fans and misting does not influence the number of pregnancies and abortions in the tropics.

Keywords: Swine. Heat stress. Air temperature. Temperature and Humidity Index. Births order.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

cm	-	centímetro
°C	-	graus Celsius
ITU	-	Índice de Temperatura e Umidade
n	-	indivíduo
m	-	metro
m ²	-	metro quadrado
%	-	percentual
kg	-	quilogramas
TCI	-	Temperatura crítica inferior
TCS	-	Temperatura crítica superior
ZTN	-	Zona termoneutra

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Mecanismos de transferência de calor em matrizes suínas	15
3.2 Zona de termoneutralidade para matrizes suínas	17
3.2 Biometeorologia aplicada na suinocultura	18
3.3 Efeitos do estresse por calor na matriz suína	20
3.3.1 Consumo de ração	20
3.3.2 Desempenho reprodutivo	21
5.3 Ordem de parto e desempenho reprodutivo	22
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2 – OCCURRENCE OF HEAT WAVES AND THE PREDICTION OF FEED INTAKE BY SOWS RAISED IN A TROPICAL ENVIRONMENT	28
ABSTRACT	29
Introduction	30
Material and Methods	31
Results	33
Discussion	38
Conclusions	42
Conflict of Interest	42
Author Contributions	42
Acknowledgments	42
References	43
CAPÍTULO 3 - ONDAS DE CALOR INFLUENCIAM O DESEMPENHO REPRODUTIVO DE PORCAS EM AMBIENTE CONTROLADO NOS TRÓPICOS?	46
INTRODUÇÃO	48
MATERIAIS E MÉTODOS	48
RESULTADOS	50

DISCUSSÃO	52
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	54
ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS DA REVISTA INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY	57

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

(Redigido de acordo com as normas da Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia)

1 INTRODUÇÃO

A demanda por alimento crescerá nas próximas décadas (BRITT et al., 2018), isto ocorrerá devido a dois fatores. Primeiro, a população mundial está em constante crescimento e de acordo com dados das Nações Unidas até o ano de 2067 o mundo será habitado por 10,5 bilhões de pessoas (UNITED NATIONS, 2017). Segundo, verificará um aumento na renda *per capita* em todo o mundo, com isto maior demanda de produtos alimentares principalmente de origem animal (BRITT et al., 2018). Estes autores afirmaram também que neste mesmo período ocorrerão mudanças no clima, tendo impacto na produção agropecuária e na distribuição da população mundial, devido à escassez de recursos.

As regiões tropicais serão as mais atingidas pelo aumento da demanda de alimentos e pelas mudanças climáticas (BRITT et al., 2018). Desta forma, a busca por desenvolvimento e conhecimento dos sistemas de produção agropecuários nessas regiões deve ser priorizada. Com isto, conhecer a inter-relação entre ambiente e seres vivos é necessário, tornando o zoneamento bioclimático um importante recurso zootécnico, com a finalidade de aumentar a eficiência produtiva pela classificação do ambiente térmico e adequar o animal na sua zona de termoneutralidade.

Os suínos são homeotérmicos e termodinâmicos, ou seja, estão constantemente trocando energia com o ambiente. Porcas criadas acima da temperatura crítica superior (TCS) reduzem a ingestão de alimento e conseqüentemente a sua produção de leite para diminuir a produção de calor (CABEZÓN et al., 2017). Assim, isso poderá afetar negativamente a fertilidade, a taxa de concepção e os dias do retorno ao estro (WILLIAMS et al., 2013). O estresse por calor em ambiente temperado pode ocorrer no verão e no início do outono, apresentando índices reprodutivos inferiores (AUVIGNE et al., 2010; IIDA; KOKETSU, 2013).

A maioria dos estudos sobre o efeito do ambiente térmico no desempenho reprodutivo de matrizes suínas foram desenvolvidos em ambiente temperado (AUVIGNE et al., 2010; IIDA; KOKETSU, 2013; IIDA; KOKETSU, 2014) e pesquisas sobre os efeitos da temperatura e umidade do ar no desempenho reprodutivo em ambiente tropical são escassas. Assim, entender o impacto do ambiente térmico nos índices reprodutivos das matrizes suínas em ambiente tropical, contribuirá para orientar o produtor a melhorar as instalações e manejo durante períodos em que as condições meteorológicas estejam fora da zona de

termoneutralidade, a fim de contribuir com melhor bem-estar e desempenho reprodutivo desejável das matrizes suínas.

2 OBJETIVOS

Objetivou-se, no primeiro estudo descrever e analisar dados de estações meteorológicas na mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil para determinar a ocorrência de ondas de calor e estimar o consumo voluntário de ração em matrizes suínas em ambiente tropical. No segundo estudo, objetivou-se definir a ocorrência de ondas de calor e o seu efeito no desempenho reprodutivo de matrizes suínas de granja comercial em ambiente tropical.

3 REVISÃO DE LITERATURA

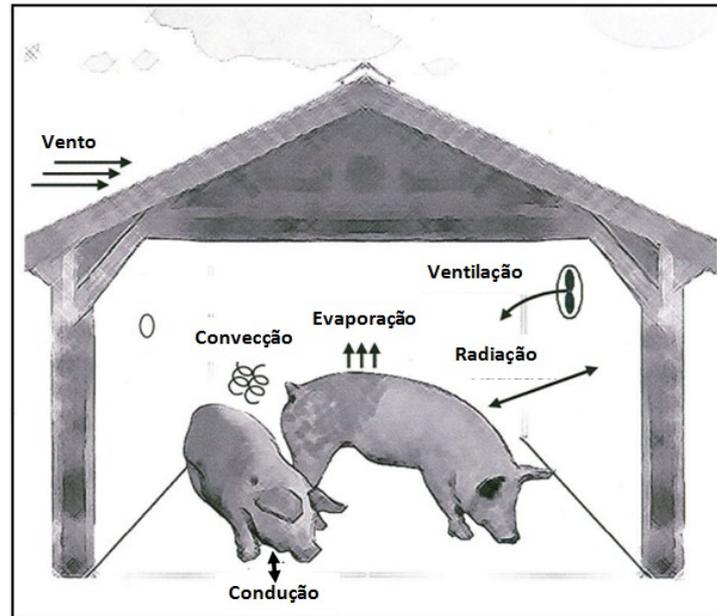
3.1 Mecanismos de transferência de calor em matrizes suínas

Os suínos mantêm a temperatura corporal interna constante dentro de certos limites, independente da temperatura do ambiente, e sua taxa metabólica é elevada, com isto há grande produção de calor interno (ROBERTSHAW, 2015). Assim, apresentam o mecanismo de termorregulação que assegura o equilíbrio térmico, ou seja, a termogênese igual à termólise, no entanto, os fatores externos podem influenciar a troca de energia (BAÊTA; SOUZA, 2010; ROBERTSHAW, 2015). Quando o centro termorregulador percebe variações da temperatura corporal profunda, os mecanismos fisiológicos e comportamentais são acionados na tentativa de regular a temperatura para que permaneça estável (REECE, 2017).

A termogênese é a produção de calor pelo organismo, definida como a transformação de energia química em calor, dividindo-se em termogêneses obrigatória e facultativa (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). O calor resultante das reações metabólicas essenciais quando os animais estão dentro de uma faixa de temperatura ambiente ideal foi chamado como termogênese obrigatória por Silva (2006). Este autor descreve também que a termogênese obrigatória é suficiente para manter a temperatura do corpo constante sem a participação de outros mecanismos de termorregulação, devido ao equilíbrio térmico quando expostos a temperatura termo neutra. Este autor citou ainda que quando os animais estão abaixo da sua zona de termoneutralidade, os mecanismos de termorregulação, como a vasoconstrição, piloereção, postura curvada e redução da mobilidade ocorrem, mas são limitados, com isto a termogênese facultativa é ativada, produzindo calor através do tremor ou pelos mecanismos metabólicos, sendo o último mais utilizado.

Animais homeotérmicos estão continuamente produzindo calor, por isso os mecanismos de troca de calor com o ambiente, conhecido como termólise são essenciais para a sobrevivência dos animais (REECE, 2017). A transferência de calor entre animal e ambiente para manter a temperatura interna constante ocorre de duas formas: sensível (não evaporativa) e latente (evaporativo) (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009). A perda de calor sensível acontece por condução, convecção e radiação e é dependente do gradiente de temperatura, ou seja, a temperatura da superfície da pele deve ser maior que a do ambiente (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009; HANNAS, 1999). A transferência de calor na forma latente ocorre através da evaporação da água, pelo sistema respiratório e pele (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009) (Figura 1).

Figura 1 - Transferência de calor entre animal e ambiente



Fonte: Adaptado de Hahn (1994 apud DESHAZER; HAHN; XIN, 2009).

A eliminação de calor por condução ocorre de temperaturas altas para baixas por meio de sólidos ou líquidos (ROBERTSHAW, 2015). Esse autor citou que na pele a condutância térmica é dependente do gradiente de temperatura, se o ar, a água ou material sólido estiver na mesma temperatura da pele não ocorrerá transferência de calor por condução. Matrizes suínas submetidas ao piso resfriado na maternidade no verão podem apresentar melhor eficiência na transferência de calor por condução, devido ao aumento no gradiente de temperatura entre o animal e o piso (LIMA et al., 2011).

A transferência de calor por convecção ocorre pelo deslocamento do ar ou de fluido (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). De acordo com estes autores, quando este deslocamento de ar ou fluido é causado por uma diferença de temperatura ou densidade é conhecido como convecção natural, mas quando o deslocamento é causado por algum equipamento como bombas, ventiladores ou qualquer fonte de vento, é chamado de convecção forçada. Nos galpões de suínos a ventilação ajuda na perda de calor convectivo (HANNAS, 1999).

Radiação térmica é a troca de calor de um corpo para outro por meio do deslocamento de energia eletromagnética por fótons (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). Suínos submetidos à alta temperatura, o ganho de calor por radiação é significativo, considerando a energia térmica radiante a partir dos telhados e instalação, além da insolação (direta e indireta) (HANNAS, 1999).

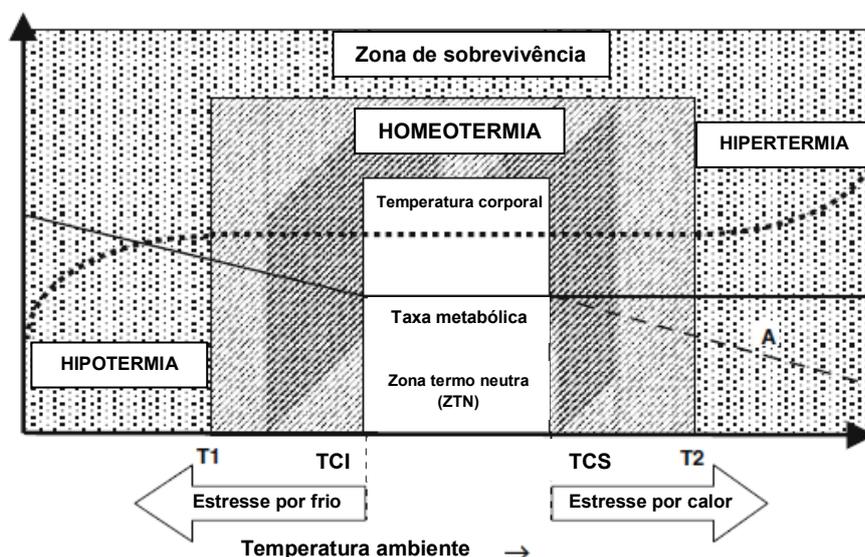
A transferência de calor por evaporação é descrita com a perda imperceptível de água, seja pela superfície da pele ou pelo ar aquecido exalado (ROBERTSHAW, 2015). Quando os suínos são submetidos em ambiente quente com alta umidade este mecanismo fica comprometido, pois a evaporação depende da pressão de vapor d'água (ABCS, 2014). A transferência de calor evaporativo através do suor não ocorre nos suínos, pois estes animais possuem glândulas sudoríparas afuncionais (queratinizadas), com isto a principal perda de calor por evaporação acontece pelo aumento da frequência respiratória (ABCS, 2014).

3.2 Zona de termoneutralidade para matrizes suínas

Os animais homeotérmicos exigem uma faixa de temperatura ambiente ideal, chamada de zona termoneutra (ZTN), em que o gasto de energia para manter a temperatura interna constante é mínimo (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). A espécie e categoria animal influenciam no valor da zona de termoneutralidade (ABCS, 2014).

Conforme Da Silva e Campos Maia (2013) a ZTN, ou o ambiente térmico ideal para determinado animal é representada pela faixa entre a temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS). As temperaturas T1 e T2 identificam os limites da homeotermia, dentro desta faixa os animais homeotérmicos conseguem manter a temperatura interna constante (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). (Figura 2).

Figura 2 - Zonas da temperatura ambiente de acordo com as variações da taxa metabólica e da temperatura corporal.



Fonte: Adaptado de Da Silva e Campos Maia (2013).

Quando a temperatura ambiente diminui abaixo da TCI, a taxa metabólica basal não será suficiente para manter o equilíbrio térmico, com isto terá um aumento da produção de calor pela termogênese. Caso a temperatura ambiente estiver abaixo de T1, estes mecanismos de compensação falham, ocorre o resfriamento de corpo, a taxa metabólica diminui, levando a hipotermia, se este estado persistir o animal pode ir a óbito (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013).

A temperatura ambiente maior que a TCS desencadeará o estresse por calor, acima desta faixa o nível de produção de calor metabólico está mínimo, não podendo ser menor (A), para diminuir a termogênese, a transferência de calor sensível não será suficiente para o controle da temperatura e o mecanismo de perda de calor latente aumentará (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). Estes autores afirmam ainda que temperatura ambiente acima da T2 ocorre o aumento da temperatura corporal profunda, os mecanismos de transferência de calor não serão suficientes para manter a homeotermia, tendo a necessidade de diminuir calor metabólico, porém a taxa metabólica não pode ser reduzida, pois está no limite mínimo, levando a hipertermia e até a morte.

Segundo Williams et al. (2013), ao examinar a termorregulação de porcas, da raça Landrace e do cruzamento Landrace x Large White, durante a gestação, lactação e inseminação consideraram termoneutralidade temperaturas entre 18 a 20 °C e estresse por calor de 24 a 30 °C. Em temperaturas elevadas observam-se alterações fisiológicas, por exemplo, fêmeas submetidas à temperatura de 25 °C próximo do parto apresentam um aumento na temperatura retal e da pele, maior frequência respiratória e ocorre a vasodilatação periférica, na tentativa de manter a homeotermia (MUNS et al., 2016).

3.2 Biometeorologia aplicada na suinocultura

A biometeorologia é a ciência que estuda relações entre a atmosfera e a biosfera, para isto é necessário informações detalhadas sobre os elementos meteorológicos da região e as respostas fisiológicas e físicas dos animais, tendo em vista o bem-estar animal e a sua produtividade (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). O ambiente que os animais são submetidos é importante para seu desempenho produtivo e reprodutivo, com isto a busca por conhecimento abordando interação entre o ambiente e os animais está sendo cada vez mais importante na produção animal.

Conhecendo as condições meteorológicas de uma região é possível distinguir os ambientes mais adequados para a criação de determinada espécie animal, atendendo suas exigências para manter a homeotermia, identificando os locais que necessitam de intervenções nas instalações para diminuir os efeitos prejudiciais do ambiente. Desta forma, o zoneamento bioclimático é um importante recurso zootécnico que visa o aumento da eficiência da produtividade, pela classificação dos animais às condições meteorológicas adequadas para a sua criação (FERREIRA, 2005).

Ao estudar o ambiente térmico de uma região é possível identificar a ocorrência de ondas de calor, que é definido como um período de calor extremo seguido por alta umidade do ar, durando dias (AMS, 1989). As ondas de calor é um problema que ocorre durante o verão em países temperados, mas em regiões tropicais e subtropicais este desafio é constante, se agravando com a associação de altas temperaturas e umidade, podendo ocorrer o estresse por calor, sendo este um limitante na produção de suínos (RENAUDEAU et al., 2008; ABCS, 2014).

Com o intuito de estabelecer critérios de classificação dos fatores ambientais que possibilitassem o conforto térmico aos animais, se desenvolveu os índices de estresse térmico. Um indicador térmico bastante utilizado é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que associa a temperatura ambiente à umidade do ar, desenvolvido originalmente por Thom (1959), ainda muito utilizado devido à facilidade de acesso a estes dados, disponíveis em estações meteorológicas.

Nos últimos anos, os estudos da zona de termoneutralidade vêm se expandindo para várias espécies e categorias de animais, por exemplo, Wegner et al. (2016) avaliaram os efeitos do ITU sobre o desempenho reprodutivo de fêmeas suínas no verão em ambiente temperado, os quais categorizaram o ITU da seguinte maneira: $ITU < 74$ como normal; 75 a 78 crítico; 79 a 83 perigo e maior ou igual a 84 emergência. Os maiores valores de ITU são encontrados no verão e início do outono em regiões temperadas (IIDA; KOKETSU, 2013; IIDA; KOKETSU, 2014; KÖNYVES et al., 2017). Em região tropical, por exemplo, Brasil, os maiores valores de ITU diário máximo são encontrados no verão e na primavera (MACHADO et al., 2016). Por isto a importância de se conhecer a relação entre o ambiente térmico e o seu efeito nas matrizes suínas criadas em ambiente tropical, se atentando para a zona termoneutra de acordo com o estado fisiológico, interferindo no desempenho reprodutivo destes animais.

3.3 Efeitos do estresse por calor na matriz suína

O efeito do estresse por calor na produção de suínos gera prejuízos econômicos. Em um estudo realizado na indústria suína dos EUA estimou-se uma perda de \$ 360 milhões por ano devido ao aumento da temperatura (ST-PIERRE; COBANOV; SCHNITKEY, 2003). O efeito do ambiente térmico no desempenho dos suínos pode ser influenciado por características dos animais como sexo, idade, peso, estado fisiológico (reprodução, gestação, lactação) alimentação e genética (RENAUDEAU et al., 2011) e também por fatores ambientais como temperatura, umidade, velocidade do vento e energia radiante (HANNAS, 1999). A seleção genética de porcas e a utilização de linhagens com raças adaptadas ao ambiente temperado contribuíram na sua sensibilidade ao estresse por calor (BLOEMHOF et al., 2008).

A fêmea suína pode sofrer os efeitos do estresse por calor quando a temperatura ambiente é maior que a temperatura crítica superior, ocorrendo principalmente no verão em regiões temperadas, causando alterações no mecanismo termodinâmico e podendo levar a problemas produtivos e reprodutivos (RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017). A exposição dos suínos a altas temperaturas pode gerar diversas consequências, como a redução da ingestão de alimentos, o que terá impacto direto no menor desempenho reprodutivo das matrizes suínas (MYER; BUCKLIN, 2018). Assim, o estresse ambiental e a redução de ingestão resultam em graves problemas reprodutivos dos animais nas fazendas de produção (BERTOLDO et al., 2012).

3.3.1 Consumo de ração

O menor consumo de alimentos pelos suínos pode ser influenciado por fatores fisiológicos (idade, massa corporal, sexo e raça) e fatores externos (instalação, alimentação e condições meteorológicas) (ABCS, 2014). Como estes animais são homeotérmicos e termodinâmicos estão em constante troca de calor com o ambiente, influenciando diretamente no consumo voluntário de alimentos (QINGYUN; PATIENCE, 2016). Com isto, quando submetidos ao estresse por calor diminuem o consumo de alimento e aumentam o de água em estresse por frio ocorre o oposto (NRC, 2012).

À medida que aumenta a temperatura do ambiente ocorre a redução do consumo de alimentos uma vez que os processos metabólicos para degradar os alimentos geram energia, que é convertida em calor (REECE, 2008). Assim, em estresse por calor os suínos diminuem

o apetite para reduzir o calor endógeno gerado pelos alimentos na tentativa de manter a temperatura corporal interna constante. Matrizes suínas criadas sob temperatura acima de 25 °C tendem a reduzir o consumo de alimento, têm menor produção de leite e produzem leitões mais leves ao desmame (QUINIQU; NOBLET, 1999; MUNS et al., 2016; RIBEIRO et al., 2018).

Algumas estratégias podem minimizar os efeitos do menor consumo de ração por matrizes suínas sob estresse por calor, como a utilização de dietas com baixo teor de proteína bruta e alta energia nas horas mais quentes do dia, e dieta controle nas horas mais frias do dia (FRAGA et al., 2019), e também a diminuição de proteína bruta mais suplementação de aminoácidos essenciais e adição de energia (RENAUDEAU; NOBLET, 2001; RENAUDEAU et al., 2011; MYER; RAY, 2018). Além disso, os modelos de instalações e equipamentos de resfriamento devem ser repensados, com o objetivo de explorar o máximo do potencial genético em relação à eficiência produtiva e reprodutiva dessas fêmeas. Algumas estratégias podem reduzir os efeitos prejudiciais do estresse por calor, como o sistema de resfriamento do ar no galpão da maternidade, refletindo na maior produção de leite e aumento no peso dos leitões ao desmame (KIEFER; MARTINS; FANTINI, 2012; JUSTINO, 2015). Outra alternativa interessante é a seleção genética de matrizes suínas tolerantes ao calor, melhorando o bem-estar e a produtividade (BUNZ et al., 2018).

3.3.2 Desempenho reprodutivo

As mudanças do ambiente ao longo do ano têm influencia na maturidade sexual das porcas. Uma leitoa submetida à temperatura e ITU alto apresenta um atraso no primeiro estro viável para inseminação, por causa do maior tempo de espera para estar fisiologicamente apta para ser inserida no lote das matrizes e exposta ao macho (TUMMARUK, 2012). Além disso, o menor consumo de ração quando as leitoas são submetidas à alta temperatura prejudica o seu crescimento, favorecendo ao atraso da sua vida reprodutiva (FERREIRA, 2005).

Após a inseminação ou cobertura das matrizes suínas os desafios em relação ao estresse por calor aumentam. Porcas gestantes começam a apresentar sinais de hipertermia quando a temperatura do ar está acima de 25 °C associado com radiação solar intensa, principalmente durante as primeiras e últimas semanas de gestação (ABCS, 2014). A alta temperatura do ambiente no primeiro estágio da gestação é um dos fatores que interferem na ocorrência da morte embrionária (IIDA; KOKETSU, 2015).

Matrizes sob estresse por calor durante a inseminação e no início da gestação apresentam um aumento no número de leitões mumificados e redução no número de nascidos vivos (BLOEMHOF et al., 2013; WEGNER et al., 2016). Matrizes lactantes expostas à temperatura acima da zona termoneutra diminuem a produção de leite, perdem peso e aumentam o intervalo desmame – estro (WILLIAMS et al., 2013; CABEZÓN et al., 2017). A queda na produção de leite pode ser explicada por três hipóteses: primeira, devido à redução do consumo a quantidade de nutrientes ingeridos não é suficiente para atender a produção de leite, segunda, estas matrizes terão dificuldade para mobilizar reservas corporais e por último o menor fluxo sanguíneo nas glândulas mamárias também reduz a quantidade de nutrientes disponíveis para a síntese do leite (FERREIRA, 2005; ABCS, 2014). Além disto, matrizes lactantes sob estresse por calor apresentam uma leitegada mais leve ao desmame quando comparado com fêmeas que não foram submetidas ao estresse, podendo apresentar uma diferença no peso de 0,561 kg por leitão (RIBEIRO et al., 2018).

Portanto, em regiões tropicais estudos sobre o zoneamento bioclimático para criação de suínos bem como os efeitos do estresse por calor no desempenho reprodutivo de matrizes suínas são escassos.

5.3 Ordem de parto e desempenho reprodutivo

A ordem de parto de uma matriz suína interfere no seu desempenho reprodutivo. Os melhores índices reprodutivos são encontrados em fêmeas de terceira a quarta ordem de parto, após um declínio, isto pode ocorrer devido a fatores fisiológicos das fêmeas e de seleção em uma granja (BELSTRA; SEE, 2004). Estes autores afirmam ainda que o tamanho da leitegada é menor em fêmeas primíparas.

O aborto é um índice reprodutivo não desejável nas granjas comerciais, e a ocorrência desse fator tem relação com a ordem de parto das matrizes. Em um estudo realizado por Iida e Koketsu (2015) determinou-se a influencia do estresse por calor no risco de aborto em diferentes ordens de parto e concluíram que matrizes com 6 ou mais ordem de parto têm maior risco de aborto, independente da temperatura.

REFERÊNCIAS

- AMS - AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. **Glossary of meteorology**. [s. l.]: AMS, 2019. Disponível em: http://glossary.ametsoc.org/wiki/Heat_wave. Acesso em: 1 jan. 2019.
- ABCS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS. **Produção de suínos teoria e prática**. Brasília, 2014.
- AUVIGNE, V. *et al.* Seasonal infertility in sows: a five year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. **Theriogenology**, Stoneham, v. 74, p. 60 – 66, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.12.019>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20189636>. Acesso em: 3 maio 2018.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Mecanismo de regulação da temperatura corporal. *In*: BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. cap. 4, p. 20-22.
- BELSTRA; B.; SEE, T. **Age, parity impact breeding traits**. National Hog Farmer. April Ed. Penton Media, Inc. New York, 2004.
- BERTOLDO, M. J. *et al.* Seasonal variation in the ovarian function of sows. **Reproduction Fertility and Development**, Melbourne, v. 24, p. 822 – 834, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1071/RD11249>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22781933>. Acesso em: 3 maio. 2018.
- BLOEMHOF, S. *et al.* Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 3330-3337, 2008. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0862>. Disponível em: <file:///C:/Users/MASTER/Downloads/jas.2008-0862v1.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- BLOEMHOF, S. *et al.* Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 2667 – 2679, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas2012-5902>. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/71bd/0398495bbb890650e777edb111f41be2257d.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2019.
- BRITT, J. H. *et al.* Invited review: Learning from the future - a vision for dairy farms and cows in 2067. **Journal American Dairy Science Association**, Champaign, v. 101, n. 5, p. 3722 - 3741, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14025>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29501340>. Acesso em: 3 maio. 2018.
- BUNZ, A. *et al.* Breeding for reduced seasonal infertility and reduced response to heat stress in sows and boars. *In*: **Breeding focus, 2018 - Reducing heat stress**. Armidale, Australia: University of New England, 2018. p. 135-147.
- CABEZÓN, F. A. *et al.* Technical Note: Application of models to estimate daily heat production of lactating sows. **The Professional Animal Scientist**, [s. l.], v. 33, p. 357 – 362. DOI: <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01583>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1080744617300554>. Acesso em: 3 dez. 2019.

DA SILVA, R. G.; CAMPOS MAIA, A. S. **Principles of animal biometeorology**. New York: Springer, 2013. v. 2. 283 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5733-2>.

DESHAZER, J. A.; HAHN, G. L.; XIN, H. Basic Principles of the Thermal Environment and Livestock Energetics, *In*: DESHAZER, J.A. (Ed.) **Livestock Energetics and Thermal Environmental Management**, St. Joseph, Michigan, 2009. cap. 1, p. 1-22.

FRAGA, A. Z. *et al.* Sequential feeding with high-fat/low-crude protein diets for two lines of growing-finishing pigs under daily cyclic high ambient temperature conditions. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 97, p. 2493-2504, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skz123>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30976794>. Acesso em: 2 ago. 2019.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2005.

HANNAS, M. I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. *In*: SILVA, I. J. O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. cap. 1, p.1- 28.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Interactions between climatic and production factors on returns of female pigs to service during summer in Japanese commercial breeding herds. **Theriogenology**, Stoneham, v. 80, p. 487 – 493, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.05.011>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23756040>. Acesso em: 3 maio 2018.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Climatic factors associated with peripartum pig deaths during hot and humid or cold seasons. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 115, p. 166 – 172, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.019>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24785123>. Acesso em: 3 maio 2018.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Climatic factors associated with abortion occurrences in Japanese commercial pig herds. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 157, p. 78–86, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.03.018>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25906679>. Acesso em: 3 maio 2018.

KIEFER, C.; MARTINS, L. P.; FANTINI, C. C. Evaporative cooling for lactating sows under high ambient temperature. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, p. 1180-1185, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000500015>.

KÖNYVES, T. *et al.* Relationship of temperature-humidity index with milk production and feed intake of holstein-frisian cows in different year seasons. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**, Tailândia, v. 47, p. 15-23, 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/MASTER/Downloads/Kenjvesisar.1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/MASTER/Downloads/Kenjvesisar.1%20(1).pdf). Acesso em: 5 jan 2019.

JUSTINO, E. *et al.* Efeito do resfriamento evaporativo e do balanço eletrolítico sobre a lactação de porcas em condições de verão tropical. **Arquivo Brasileiro de Medicina**

Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 67, n. 2, p. 455 - 464, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-6478>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352015000200455&script=sci_arttext. Acesso em: 1 dez. 2019.

LIMA, A. L. *et al.* Resfriamento do piso da maternidade para porcas em lactação no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 804 - 811, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000400014>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n4/14.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2019.

MACHADO, S. T. *et al.* Thermal amplitude impacts pig productivity loss in tropical conditions. **ASABE Annual International Meeting**, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13031/aim.20162465456>.

MUNS, R. *et al.* High environmental temperature around farrowing induced heat stress in crated sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, p. 377-384, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2015-9623>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26812342>. Acesso em: 26 nov. 2019.

MYER, R.; BUCKLIN, R. Influence of Hot-Humid Environment on Growth Performance and **Reproduction of Swine** **This document is AN107**, one of a series of the Animal Sciences Department, UF/IFAS Extension, 2018. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/AN/AN10700.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2019

NRC - NUTRIENT REQUIREMENTS OF SWINE. 11. ed. Washington: National Academics Press, 2012. 400 p.

QINGYUN, L; PATIENCE, J. F. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 233, p. 22-33, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.001>. Disponível em: <file:///C:/Users/MASTER/Downloads/li2016.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2019.

QUINIQU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 8, p. 2124-2134, 1999. DOI: <https://doi.org/10.2527/1999.7782124x>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10461991>. Acesso em: 26 nov. 2019

REECE, W. O. **Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos**. 3. ed. São Paulo: Roca, 2008.

REECE, W. O. Temperatura corporal e sua regulação. *In*: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. cap. 14, p. 346-359.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico. *In*: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015. cap. 55, p. 897- 908.

RENAUDEAU, D.; NOBLET, J. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. **Journal of Animal**

Science, Champaign, v. 79, p. 1540-1548, 2001. DOI: <https://doi.org/10.2527/2001.7961540x>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11424692>. Acesso em: 2 ago. 2019.

RENAUDEAU, D. *et al.* Nutritional routes to attenuate heat stress in pigs. *In*: ROWGINSON, P.; STEELE, M.; NEFZAUI, A. (Ed.). **Livestock and global climate change**. Hammamet, Tunisia: Cambridge University Press, 2008. p. 134-138.

RENAUDEAU, D. *et al.* Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **The Animal Consortium**, [s. l.], v. 6, n. 5, p. 707-728, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22558920>. Acesso em: 17 jun. 2019.

RENSIS, F. de; ZIECIK, A. J.; KIRKWOOD, R. N. Seasonal infertility in gilts and sows: Aetiology, clinical implications and treatments. **Theriogenology**, Stoneham, v. 96, p. 111 – 117, 2017. DOI: <https://doi.org/10.116/j.theriogenology.2017.04.004>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28532826>. Acesso em: 3 maio 2018.

RIBEIRO, B. P. V. B. *et al.* Heat negatively affects lactating swine: A meta-analysis. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 74, p. 325-330, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.015>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29801645>. Acesso em: 26 nov. 2019.

SILVA, J. E. Thermogenic Mechanisms and Their Hormonal Regulation. **Physiological Reviews**, [s. l.], v. 86, p. 435–464, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.00009.2005>. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/physrev.00009.2005>. Acesso em: 13 fev. 2020.

ST-PIERRE, N.R; COBANOV, B; SCHNITKEY, G. Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 52-77, 2003. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203740405>. Acesso em: 26 nov. 2019.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.

TUMMARUK, P. Effects of season, outdoor climate and photo period on age at first observed estrus in Landrace×Yorkshire crossbred gilts in Thailand. **Livestock Science**, [s. l.], v. 144, p. 163-172, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.11.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141311004288>. Acesso em: 2 dez. 2019.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects: the 2017**. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/>. Acesso em: 13 mar. 2018.

WEGNER, K. *et al.* Effects of temperature and temperature humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. **Animal Science Journal**, Tóquio, v. 11, p. 1334-1339, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/asj.12569>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26989052>. Acesso em: 3 maio 2018.

WILLIAMS, A. M. *et al.* Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on the thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 2700-2714, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6055>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23508026>. Acesso em: 3 maio 2018.

**CAPÍTULO 2 – OCCURRENCE OF HEAT WAVES AND THE PREDICTION OF
FEED INTAKE BY SOWS RAISED IN A TROPICAL ENVIRONMENT**

(Artigo aceito na Revista Brasileira de Zootecnia, ISSN Eletrônico: 1806-9290)

1 **OCCURRENCE OF HEAT WAVES AND THE PREDICTION OF FEED INTAKE BY**
2 **SOWS RAISED IN A TROPICAL ENVIRONMENT**

3 **Amanda Aparecida Brito^{1*}, Ricardo Braga da Silva², João Paulo Rodrigues Bueno¹,**
4 **Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento¹, Cíntia Amaral Moraes¹, Mara Regina Bueno**
5 **de Mattos Nascimento²**

6 ¹ Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias,
7 Uberlândia, MG, Brasil.

8 ² Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

9
10 **ABSTRACT** - The objective with this study was to estimate the voluntary feed intake
11 (VFI) of sows during the occurrence of heat waves in the Triângulo Mineiro and Alto
12 Paranaíba mesoregion, Minas Gerais, Brazil. The Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
13 database was used to calculate the temperature-humidity index (THI) from 2008 to 2017 for
14 Araxá, Frutal, Ituiutaba, Patos de Minas, Patrocínio, Uberaba, and Uberlândia, and the
15 estimated VFI with and without effective occurrence of heat waves (EOH). An economic
16 estimation of the revenue based on the VFI was performed. The data were analyzed by
17 Friedman's non-parametric test (two-way non parametric analysis), using the significance
18 level of 5%. The sows raised in Patrocínio showed a higher average prediction of VFI (6.611
19 kg without EOH and 5.743 kg with EOH) than Ituiutaba (6.424 kg without EOH and 3.969 kg
20 with EOH) and Frutal (5.868 kg without EOH and 4.648 kg with EOH). In the classification
21 "without EOH", the microregions of Araxá (6.502 kg), Uberaba (6.452 kg), and Uberlândia
22 (6.478 kg) did not differ from the other cities, but "with EOH", Araxá (4.864 kg) differed
23 from Patrocínio (5.743 kg). The reduction of VFI due to thermal stress represented a revenue
24 reduction of R\$ 74.60 per litter. The averages for predicted VFI were lower in the EOH
25 category than in the probable occurrences of heat waves category for all cities. The
26 predominance of heat waves reduces the VFI of sows, particularly in Ituiutaba and Frutal.

27
28 Keywords: bioclimatical zoning, heat stress, swine, THI

29
30
31

32

33

Introduction

34 The pork production chain in Brazil began to develop during the 1980s and 1990s due to
35 the technological evolution and dissemination of production information (ABCS, 2016).
36 Minas Gerais has the fourth largest swine herd in the country with 5.2 million animals, and
37 37% is located in the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba mesoregion (IBGE, 2017). In
38 2017, 504.9 thousand sows were housed, 5.4 million swine were slaughtered, and 464
39 thousand tons of pork were produced in Minas Gerais (IBGE, 2017).

40 In a hot environment, such as the Triângulo Mineiro region, heat stress can be a limiting
41 factor on swine production. These animals do not have functioning sweat glands, so an
42 increased respiratory rate is the main way that swine lose heat in hot environments (ABCS,
43 2014). When exposed to temperatures over 25 °C, there is a notable decrease in feed intake,
44 lower milk production, reduced body mass gain, and a reduction in piglet growth (Quiniou
45 and Noblet, 1999; Cabezón et al., 2017). Williams et al. (2013) reported the thermoneutral
46 zone for swine females from 18 to 20 °C and 24 to 30 °C as heat stress. Understanding the
47 bioclimatical zoning of a prominent swine production region is an important parameter that
48 can be used to make decisions about the design of facilities, use of equipment for cooling,
49 period of the year when heat care is important, and genetic choice and selection.

50 A thermal stress index, such as the temperature-humidity index (THI), can be used to
51 establish classification criteria for the thermal environment and thermoneutral zone. The THI
52 was developed by Thom (1959) as an index of human comfort and then adapted to describe
53 thermal comfort for animals. The THI in sows was used by Wegner et al. (2016) in recent
54 studies.

55 Another factor that may influence animal production is heat waves. Studies with other
56 species show that the occurrence of heat waves can impair food intake and decrease

57 performance in dairy cattle (Nascimento et al., 2014) and change the physiology of broilers
58 (Mello et al., 2018). According to the Glossary of Meteorology (AMS, 1989), a heat wave is a
59 period of extreme heat commonly followed by high air humidity, which can last for days.
60 Robinson (2001) defined it as the period in which the indices for maximum daytime and
61 minimum night-time heat exceed the limits of the thermoneutral zone.

62 The objective with this study was to describe and analyze data from meteorological
63 stations so that the occurrence of heat waves in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, Minas
64 Gerais, Brazil could be determined. Then, the association between heat waves and the
65 prediction of voluntary feed intake (VFI) of sows in a tropical environment was analyzed.

66

67

Material and Methods

68 The study was carried out in the following cities: Araxá (19°60' S, 46°94' W, altitude:
69 1018 m), Frutal (20°03' S, 48°93' W, altitude: 543 m), Ituiutaba (18°95' S, 49°52' W, altitude:
70 540 m), Patos de Minas (18°52' S, 46°44' W, altitude: 950 m), Patrocínio (18°99' S, 46°98' W,
71 altitude: 978 m), Uberaba (19°71' S, 47°96' W, altitude: 778 m), and Uberlândia (18°91' S,
72 48°25' W, altitude: 875 m) (INMET), located in the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba,
73 Minas Gerais, Brazil.

74 First, the dry bulb temperature and relative humidity data were collected at 9.00, 15.00,
75 and 21.00 h from 2008 to 2017 from the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) in
76 Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba. The Frutal weather station was deactivated in 2013
77 and the Ituiutaba weather station in 2015. Therefore, data from these stations were analyzed
78 up until these sites were deactivated.

79 The data from seven meteorological stations, one in each city, were analyzed and used to
80 represent Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba. The dew point temperature (T_{dp}) was
81 calculated from the dry bulb temperature in Celsius degree ($^{\circ}\text{C}$) and the relative humidity (RH)

82 was expressed in percentage (%), using the following equations according to Silva (2000):

83 Saturation pressure at dry bulb temperature $P_s (T_{db})$:

$$84 \quad P_s(T_{db}) = 0.61078 (10)^{7.5 T_{db} (T_{db} + 237.5)^{-1}} \quad (1)$$

85 Partial vapor pressure (P_p):

$$86 \quad P_p = \frac{RH (P_s (T_{db}))}{100} \quad (2)$$

88 Dew point temperature (T_{dp}):

$$89 \quad T_{dp} = 273.15 (1/ 0.971452 - 0.057904 (\log P_p)) - 273.15 \quad (3)$$

90 Then, the THI was determined for each time (9.00, 15.00, and 21.00 h), according to
91 Thom (1959), by the equation:

$$92 \quad THI = T_{db} + 0.36 T_{dp} + 41.2 \quad (4)$$

93 The bioclimatical zoning of the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba mesoregion was
94 determined by calculating the daily average THI (9.00, 15.00, and 21.00 h) for each year
95 studied.

96 A graphical representation of the monthly average THI recorded at the meteorological
97 stations from 2008 to 2017 was produced. The mean values for THI were classified as: < 74,
98 normal; 75 to 78, alert; 79 to 83, danger; and ≥ 84 , emergency, according to Wegner et al.
99 (2016). Therefore, risk THI values were considered to be ≥ 75 (alert, danger, and emergency),
100 and the number of THI risk events during the hours analyzed were calculated for 2008 to
101 2017.

102 The data was used to descriptively analyze the effective occurrences of heat waves (EOH).
103 A heat wave event was based on a THI higher than 74 and a temperature equal to or higher
104 than 25 °C, according to Quiniou and Noblet (1999), and this occurred during some part of the

105 day for at least three consecutive days. Data showing only THI values higher than 74 for at
 106 least three consecutive days, in at least one of the hours analyzed, were considered probable
 107 occurrences of heat waves (POH).

108 Based on the study by Quiniou and Noblet (1999), the possible body weights (BW) of the
 109 sows were determined by dividing them into five weight categories (220, 240, 260, 280, and
 110 300 kg). The VFI (g/d) calculation for each city was then analyzed using the equation
 111 proposed by Quiniou and Noblet (1999):

$$112 \quad \text{VFI} = -49,052 + 1,213 T - 31.5 T^2 + 330 \text{ BW} - 0.61 \text{ BW}^2 \quad (5)$$

113 in which T = average daily temperature (°C).

114 The economic loss was estimated based on the productive consequences of VFI translated
 115 into milk production and weight of weaning piglets. For this estimate, we used the difference
 116 between litter weight of sows in thermal comfort and heat stress, verified by Ribeiro et al.
 117 (2018), and then multiplied by the market price of the piglet's kilogram.

118 The experimental data were analyzed a randomized block design (two-way ANOVA),
 119 establishing the treatments as the local (cities) and the blocks as the weights (220, 240, 260,
 120 280, and 300 kg). The previous analysis of the mathematical model residues of ANOVA with
 121 two factors (Two-way anova: $Y_{ij} = \mu + B_j + T_i + e_{ij}$, in which Y_{ij} is the quantitative response
 122 variable, μ is the general average, B_j is effect of block j, T_i is effect of treatment I, and e_{ij} is the
 123 standard error) indicated a non-normal distribution. Friedman's non-parametric test was
 124 performed to verify statistical inferences on possible differences in VFI among the cities
 125 analyzed. All tests were performed using the Action[®] 2.9 tool, considering the significance
 126 level of 5%.

127

128

Results

129 A THI of 74 is considered to be the limit of the thermoneutral zone for sows. In the
130 microregions of Frutal, Ituiutaba, Uberaba, and Uberlândia, the average THI of all years was
131 ≥ 74 in January, February, March, October, November, and December. However, the other
132 cities did not have $\text{THI} \geq 74$ in any of months (Figure 1).

133 The Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba mesoregion, when all the studied
134 microregions were considered, had an annual mean THI within the thermoneutral zone for
135 sows. However, the maximum THI recorded over the last ten years was in the risk category
136 but did not last for more than five days out of a total of 3653 days (Table 1).

137 Ituiutaba at 09.00 h was the city with the highest number of days with an alert and danger
138 THI, and Frutal was the only one where there was an emergency THI, but that occurred only
139 on one day during the studied period. Among the analyzed hours, the one that had the highest
140 number of days with a risk THI was 15.00 h. The results also showed that Frutal and Ituiutaba
141 had more days in the emergency category during the study period than the other cities (Table
142 2). At 15.00 h, Araxá, Patos de Minas, Patrocínio, Uberaba, and Uberlândia showed alert THI
143 on more than a thousand days between 2008 and 2017. Uberaba, at 15.00 h, had the greatest
144 number of days in the danger THI category. The number of days with a risk THI at 21.00 h
145 was lower than for 9.00 and 15.00 h. It should be noted that at 21:00 h, Patrocínio had no days
146 in risk THI over the last ten years, and the city with the highest prevalence of days in risk THI
147 was Frutal (Table 2).

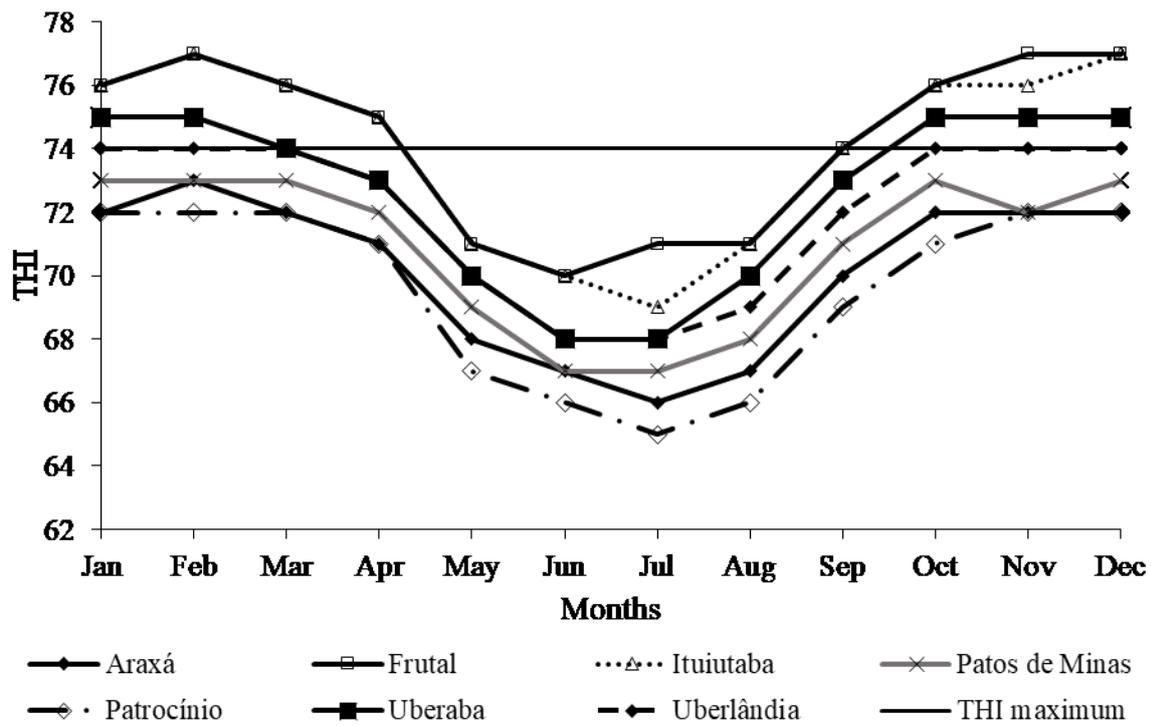


Figure 1 – Behavior of the monthly average temperature-humidity index (THI) of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba mesoregion, Minas Gerais, Brazil, from 2008 to 2017

Table 1 – Minimum, average and maximum annual values of the temperature-humidity index (THI) from 2008 to 2017 of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil

Cities	THI Minimum	THI Average	THI Maximum
Araxá	51	70	84
Frutal	54	74	89
Ituiutaba	53	74	88
Patos de Minas	56	71	82
Patrocínio	52	70	82
Uberaba	52	73	84
Uberlândia	52	72	89

154 Table 2 – Number of occurrence of the temperature-humidity index (THI) of risk (alert,
 155 danger and emergency) from 2008 to 2017 in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, Minas
 156 Gerais, Brazil

Cities	Alert			Danger			Emergency		
	09:00	15:00	21:00	09:00	15:00	21:00	09:00	15:00	21:00
Araxá	71	1357	27	2	301	0	0	1	0
Frutal	519	456	431	94	596	37	1	101	1
Ituiutaba	824	781	374	137	1119	4	0	133	0
Patos de Minas	277	1469	15	0	393	0	0	0	0
Patrocínio	241	1260	0	0	106	0	0	0	0
Uberaba	790	1314	221	47	1171	2	0	74	0
Uberlândia	453	1615	269	2	422	3	0	1	0

157 Alert = THI from 75 to 78, Danger = THI from 79 to 83 and Emergency = THI \geq 84.

158

159 All the cities had more than 14 annual heat waves. Ituiutaba and Uberaba had the highest
 160 number, and Frutal and Patrocínio had the lowest (Table 3). The number of POH was lower
 161 than the EOH in five of the seven cities, but the probable days of heat waves (PDH) were
 162 higher than the effective days of heat waves (EDH) (Table 3). January, February, March,
 163 October, November, and December had the highest numbers of heat waves and the highest
 164 THI.

165 The sows raised in Patrocínio showed a higher average prediction of VFI (6.611 kg
 166 without EOH and 5.743 kg with EOH) than Ituiutaba (6.424 kg without EOH and 3.969 kg
 167 with EOH) and Frutal (5.868 kg without EOH and 4.648 kg with EOH) (Table 4). In the

168 classification “without EOH”, the microregions of Araxá (6.502 kg), Uberaba (6.452 kg), and
 169 Uberlândia (6.478 kg) did not differ from the other cities, but in category “with EOH” Araxá
 170 (4.864 kg) differed from Patrocínio (5.743 kg). The averages for predicted VFI were lower in
 171 the EOH category than in the POH category for all cities (Table 4).

172 In Brazil, the average market value per kilo of weaned piglet was R\$ 13.30 (\$ 3.31) in
 173 September of 2019, and when the reduction in litter weight of a sow raised under heat stress is
 174 considered (0.561 kg per piglet), explained by sow’s lower milk production, there was a loss
 175 of R\$ 7.46 (\$ 1.80) per piglet and R\$ 74.60 (\$ 18.01) per litter. If a farm with 1,000 sows is
 176 considered, this is equivalent to a revenue reduction of R\$ 74,600.00 (\$ 18,016.37) per
 177 production cycle.

178

179 Table 3 – Occurrence of probable and effective heat waves and their duration in days,
 180 occurring per year for each meteorological station in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba,
 181 Minas Gerais, Brazil

Cities	Range of years	POH	PDH	EOH	EDH	Numbers of heat waves/year
Araxá	2008 – 2017	193	1406	187	1374	18.7
Frutal	2008 – 2013	71	1021	86	1005	14.3
Ituiutaba	2008 – 2015	180	1863	194	1821	24.2
Patos de Minas	2008 – 2017	205	1610	223	1570	22.3
Patrocínio	2008 – 2017	168	1008	168	1005	16.8
Uberaba	2008 – 2017	284	2337	287	2304	23.0
Uberlândia	2008 – 2017	243	1771	245	1749	17.4

182 POH – Probable occurrence of heat waves, PDH – Probable days of heat wave, EOH –
 183 Effective occurrence of heat waves, EDH – Effective days of heat wave.
 184 Table 4 – Mean, median and standard deviations of voluntary feed intake of swine matrices,
 185 with and without effective occurrence of heat waves in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba,
 186 Minas Gerais, Brazil

Cities	VFI without EOH (kg)			VFI with EOH (kg)		
	Mean	Median	Standard deviation	Mean	Median	Standard deviation
Araxá	6.478	6.502 abc	0.610	4.521	4.864 bc	0.639
Frutal	5.844	5.868 c	0.610	4.626	4.648 bc	0.610
Ituiutaba	6.401	6.424 c	0.611	3.946	3.969 c	0.610
Patos de Minas	6.577	6.601 ab	0.610	5.602	5.627 ab	0.610
Patrocínio	6.587	6.611 a	0.610	5.719	5.743 a	0.610
Uberaba	6.428	6.452 abc	0.610	5.314	5.338 abc	0.610
Uberlândia	6.453	6.478 abc	0.610	5.193	5.218 abc	0.610

187 Medians followed by different letters in the same column differ by Friedman's test ($P < 0.05$).

188 VFI = voluntary feed intake (daily mean), EOH = effective occurrence of heat waves.

189

190

Discussion

191 The Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba mesoregion covered three of the climatic
 192 classes established by Köppen (1948). According to Sá Júnior (2009), they are: tropical
 193 humid savannah climate (Aw), humid temperate climate with dry winter (Cwa), and humid
 194 temperate climate with dry winter and moderately warm summer (Cwb). However, 78% of

195 the total area of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba are classified as Aw. Frutal and
196 Ituiutaba are characterized only by Aw climate. In Araxá, Cwa preponderates. Aw climate is
197 prevalent in Patrocínio, Patos de Minas, Uberaba, and Uberlândia.

198 In this study, the months that had the largest THI in all cities were January to March and
199 October to December, i.e., summer and spring, because during this period, the temperature
200 and humidity are high, which is characteristic of the climate in the mesoregion. The lowest
201 THI occurred in late fall and winter, i.e., between May and August, which is the driest period
202 of the year less hours of solar incidence. This is due to the winter solstice (Hardy et al., 1998).
203 According to Machado et al. (2016), the highest values for maximum daily THI in Brazil are
204 found in summer and spring. In temperate regions, the THI is higher in summer and the fall,
205 i.e., from June to September (Iida and Koketsu, 2013; Iida and Koketsu, 2014; Könyves et al.,
206 2017).

207 In tropical regions, sow performance is lower than for females raised in temperate
208 countries, such as Western Europe and the United States. This can be explained, in part, by
209 the climatic challenges prevailing in hot regions (ABCS, 2014). In temperate areas, the heat
210 stress caused by heat waves occurs in summer, whereas in tropical areas, heat stress occurs
211 throughout the year, and is more severe when associated with high air humidity (Renaudeau et
212 al., 2008).

213 Even with these challenges, the mesoregion studied has an annual average THI that is
214 ideal for sow production. However, it is not clear whether the performance of these animals is
215 still not negatively affected because there is a considerable variation between the minimum
216 and maximum THI, and the annual average THI does not show the real behavior of this index
217 at different times of the year.

218 Several factors influence this thermal environment, such as solar irradiance, water vapor
219 in the atmosphere, wind, and cloudiness (Pereira et al., 2002). In this study, the occurrence of

220 the risk THI for sows at 15.00 h was higher than for the other hours, which was possibly due
221 to solar radiation being higher during the afternoon after the radiant energy had peaked. It was
222 at this time that the maximum THI for the last ten years occurred.

223 Summer and spring showed the highest occurrences of heat waves compared with the
224 thermoneutral zone for sows. Furthermore, the POH number was lower than the EOH number
225 in some cities. This was probably due to the shorter amplitude of the EOH duration compared
226 with POH, i.e., there were fewer consecutive days with temperatures above 25 °C and a THI >
227 74, but there were more individual days with these characteristics.

228 The reduction in feed intake is influenced by several factors, such as physiological (body
229 mass, sex, breed, and external factors) and facilities, such as feed programs and climatic
230 conditions (ABCS, 2014). In all the cities, during EOH days, the daily mean VFI estimate for
231 sows was lower than during POH days. This result can be explained, in part, by heat stress,
232 because sows decrease their appetite so that they can reduce the endogenous heat generated
233 by food. According to Reece (2008), food produces heat during all the metabolic stages, and
234 at the end of the process, the energy generated by the food is converted into heat that will
235 dissipate into the environment.

236 Sows raised under temperature above 25 °C, to reduce their VFI, have lower milk yields,
237 and produce lighter piglets at weaning (Muns et al., 2016, Cabezón et al., 2017, Ribeiro et al.,
238 2018). Lower feed intake in sows under high ambient temperature can be minimized by
239 combining crude protein reduction with essential amino acid supplementation and energy
240 addition (Renaudeau and Noblet, 2001; Renaudeau et al., 2012). Diets with low crude protein
241 and high energy in the hottest hours of the day, and control diet in the coolest hours of the day
242 under high daily cyclic ambient temperatures have been studied (Fraga et al., 2019).

243 Other strategies can be adopted to reduce the harmful effects of heat stress on sows. These
244 include the use of cooled floor in the maternity cage, which contributes to conduction heat

245 transfer, improving the intake capacity and productive performance of lactating sows (Lima et
246 al., 2011). Air cooling in the maternity room is also another recommended alternative, as it
247 increases food intake, reflecting on higher milk production and weight of weaning piglets
248 (Kiefer et al., 2012). Finally, selecting sows to increase heat tolerance, improving welfare and
249 productivity (Bunz et al., 2018) is an interesting genetic strategy. It is important to know the
250 economic impact of heat stress and make the correct decisions of what measures to take and
251 the value of the investment to make to improve the breeding profitability.

252 The differences between VFI of sows in the mesoregion cities can be explained by the
253 microclimate characteristics of a given city and by altitude effects, which directly influence
254 temperature. The largest reduction in feed intake by sows with and without EOH occurred in
255 the two lower altitude cities (Ituiutaba and Frutal), because lower altitude regions have higher
256 solar irradiation levels than higher altitude regions.

257 An ideal thermal environment for swine should after breeding minimizes the harmful
258 effects of heat, ensures the well-being of the sows, and enables the animals to display their
259 natural behavior (ABCS, 2014). Therefore, knowing the thermal environment in a mesoregion
260 and the occurrence of heat waves means that the periods when the animals will or will not be
261 within the thermoneutral zone can be identified. This allows decisions to be taken on facility
262 adaptations, cooling equipment, dietary changes, and genetic choices that improve adaptation
263 to the region. Therefore, bioclimatical zoning is an important tool that can be used to help
264 design and/or prepare a suitable thermal environment for sow breeding and avoid negative
265 impacts on their production and welfare.

266 However, future studies will be necessary to verify if there will be reduction in feed intake
267 in sows raised on commercial farms in the Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba region during
268 the periods of effective occurrence of heat waves.

269

270

271

Conclusions

272

273

274

275

276

277

Conflict of Interest

278

279

280

Author Contributions

281

282

283

284

285

286

287

Acknowledgments

288

289

290

291

292

293

294

295

Heat waves constantly occur in the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba mesoregion, with a higher prevalence between January and March and October and December, which also have higher monthly average temperature-humidity indices. The predominance of these events reduces the voluntary feed intake of sows, particularly in Ituiutaba and Frutal.

The authors declare no conflict of interest.

Conceptualization: M.R.B.M. Nascimento. Data curation: A.A. Brito and R.B. Silva. Formal analysis: M.R.B.M. Nascimento. Methodology: A.A. Brito and M.R.B.M. Nascimento. Project administration: A.A. Brito. Supervision: M.R.B.M. Nascimento. Writing-original draft: A.A. Brito. Writing-review & editing: A.A. Brito, J.P.R. Bueno, F.G.O. Nascimento, C.A. Moraes and M.R.B.M. Nascimento.

This study was partly financed by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) (Finance Code 001).

296

297

298

References

299 AMS - American Meteorological Society. 1989. Glossary of meteorology. Available at:
300 <http://glossary.Ametsoc.org/wiki/Heat_wave>. Accessed on: Jan. 01, 2019.

301

302 ABCS - Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. 2014. Produção de suínos teoria e
303 prática. ABCS. Brasília, DF. 908p.

304

305 ABCS - Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. 2016. Produção regional de suínos no
306 Brasil. p.125-160. In: Mapeamento da suinocultura Brasileira. SEBRAE. Brasília, DF.

307

308 Bunz, A.; Bunter, K. L.; Morrison, R.; Luxford, B. G. and Hermes, S. 2018. Breeding for
309 reduced seasonal infertility and reduced response to heat stress in sows and boars. p.135-
310 147. In: Breeding focus 2018 - Reducing heat stress. Animal Genetics and Breeding Unit,
311 University of New England, Armidale, Australia.

312

313 Cabezón, F. A.; Schinckel, A. P.; Richert, B. T.; Peralta, W. A. and Gandarillas M. 2017.
314 Technical Note: Application of models to estimate daily heat production of lactating sows.
315 The Professional Animal Scientist 33:357-362. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01583>

316

317 Fraga, A. Z.; Campos, P. H. R. F.; Da Silva W. C.; Caetano, R. P.; Veira, A. M.; Dos Santos,
318 L. S. and Hauschild, L. 2019. Sequential feeding with high-fat/low-crude protein diets for
319 two lines of growing-finishing pigs under daily cyclic high ambient temperature
320 conditions. Journal of Animal Science 97:2493-2504. <https://doi.org/10.1093/jas/skz123>

321

322 Hardy, D. R.; Vuille, M.; Braun, C.; Keimig, F. and Bradley, R. S. 1998. Annual and daily
323 meteorological cycles at high altitude on a tropical mountain. Bulletin of the American
324 Meteorological Society 79:1899-1913. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079%3C1899:AADMCA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079%3C1899:AADMCA%3E2.0.CO;2)

326

327 Iida, R. and Koketsu, Y. 2013. Interactions between climatic and production factors on returns
328 of female pigs to service during summer in Japanese commercial breeding herds.
329 Theriogenology 80:487-493. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.05.011>

330

331 Iida, R. and Koketsu, Y. 2014. Climatic factors associated with peripartum pig deaths during
332 hot and humid or cold seasons. Preventive Veterinary Medicine 115:166-172.
333 <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.019>

334

335 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Indicadores IBGE: estatística de
336 produção pecuária 2017. Available at: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Accessed
337 on: Jan. 10, 2019.

338

339 Kiefer, C.; Martins, L. P. and Fantini, C. C. 2012. Evaporative cooling for lactating sows
340 under high ambient temperature. Revista Brasileira de Zootecnia 41:1180-1185.
341 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000500015>

- 342 Könyves, T.; Zlatković, N.; Memiši, N.; Lukač, D.; Puvača, N.; Stojšin, M.; Halász, A. and
343 Mišćević, B. 2017. Relationship of temperature-humidity index with milk production and
344 feed intake of holstein-frisian cows in different year seasons. *The Thai Journal of*
345 *Veterinary Medicine* 47:15-23.
- 346
- 347 Köppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura
348 Económica, México. 478p.
- 349
- 350 Lima, A. L.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Fernandes, H. C.; Campos, P. H. R. F. and
351 Antunes, M. V. L. 2011. Resfriamento do piso da maternidade para porcas em lactação no
352 verão. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:804-811. [https://doi.org/10.1590/S1516-](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000400014)
353 [35982011000400014](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000400014)
- 354
- 355 Machado, S. T.; Nääs, I. A.; Reis, J. G. M.; Caldara, F. R. and Garcia, R. G. 2016. Thermal
356 amplitude impacts pig productivity loss in tropical conditions. *ASABE Annual*
357 *International Meeting*. <https://doi.org/10.13031/aim.20162465456>
- 358
- 359 Mello, J. L. M.; Boiago, M. M.; Giampietro-Ganeco, A.; Berton, M. P.; Souza, R. A.; Ferrari,
360 F. B.; Souza, P. A. and Borba, H. 2018. Physiological response of broilers raised under
361 simulated conditions of heat waves. *Archivos de Zootecnia* 67:220-227.
362 <https://doi.org/10.21071/az.v67i258.3657>
- 363
- 364 Muns, R.; Malmkvist, J.; Larsen, M. L. V.; Sørensen, D. and Pedersen, L. J. 2016. High
365 environmental temperature around farrowing induced heat stress in crated sows. *Journal of*
366 *Animal Science* 94:377-384. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9623>
- 367
- 368 Nascimento, C. C. N.; Nascimento, M. R. B. M. and Silva, N. A. M. 2014. Ocorrência de
369 ondas de calor no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e seu efeito na produção leiteira e
370 consumo alimentar em bovinos. *Bioscience Journal* 30:1488-1495.
- 371
- 372 Pereira, A. R.; Angelocci, L. R. and Sentelhas, P. C. 2002. *Agrometeorologia: fundamentos e*
373 *aplicações práticas*. Agropecuária, Guaíba.
- 374
- 375 Quiniou, N. and Noblet, J. 1999. Influence of high ambient temperatures on performance of
376 multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science* 77:2124-2134.
377 <https://doi.org/10.2527/1999.7782124x>
- 378
- 379 Reece, W. O. 2008. *Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos*. 3.ed. Roca,
380 Brasil.
- 381
- 382 Renaudeau, D. and Noblet, J. 2001. Effects of exposure to high ambient temperature and
383 dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. *Journal of*
384 *Animal Science* 79:1540-1548. <https://doi.org/10.2527/2001.7961540x>
- 385
- 386 Renaudeau, D.; Gourdine, J. L.; Silva, B. A. N. and Noblet, J. 2008. Nutritional routes to
387 attenuate heat stress in pigs. p.134-138. In: *Livestock and global climate change*.
388 Rowginson P.; Steele, M. and Nefzaoui, A., eds. Cambridge University Press, Hammamet,
389 Tunisia.

- 390 Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; Basilio, V.; Gourdine, J. L. and Collier, R. J.
391 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock
392 production. *Animal* 6:707-728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>
393
- 394 Robinson, P. J. 2001. On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*
395 40:762-775. [https://doi.org/10.1175/1520-
396 0450\(2001\)040%3C0762:OTDOAH%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040%3C0762:OTDOAH%3E2.0.CO;2)
397
- 398 Sá Júnior, A. 2009. Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do
399 estado de Minas Gerais. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Lavras, Lavras,
400 MG.
401
- 402 Silva, R. G. 2000. Introdução à bioclimatologia animal. Nobel, São Paulo.
403
- 404 Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12:57-61.
405 <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
406
- 407 Ribeiro, B. P. V. B.; Lanferdini, E.; Palencia, J. Y. P.; Lemes, M. A. G.; Abreu, M. L. T.;
408 Cantarelli, V. S. and Ferreira, R. A. 2018. Heat negatively affects lactating swine: A meta-
409 analysis. *Journal of Thermal Biology* 74:325-
410 330. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.015>
411
- 412 Wegner, K.; Lambertz, C.; Das, G.; Reiner, G. and Gauly, M. 2016. Effects of temperature
413 and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer
414 months under a temperate climate. *Animal Science Journal* 44 87:1334-1339.
415 <https://doi.org/10.1111/asj.12569>
416
- 417 Williams, A. M.; Safranski, T. J.; Spiers, D. E.; Eichen, P. A.; Coate, E. A. and Lucy, M. C.
418 2013. Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning
419 on thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. *Journal of*
420 *Animal Science* 91:2700-2714. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6055>
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438

**CAPÍTULO 3 - ONDAS DE CALOR INFLUENCIAM O DESEMPENHO
REPRODUTIVO DE PORCAS EM AMBIENTE CONTROLADO NOS
TRÓPICOS?**

(Redigido de acordo com as normas da International Journal of Biometeorology, ISSN
Eletrônico: 1432-1254)

1 **ONDAS DE CALOR INFLUENCIAM O DESEMPENHO REPRODUTIVO DE PORCAS EM**
2 **AMBIENTE CONTROLADO NOS TRÓPICOS?**

3
4 Amanda Aparecida Brito^{1*}; Natascha Almeida Marques da Silva¹; Ana Luísa Neves Alvarenga Dias¹;
5 Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento¹

6
7 ¹Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Uberlândia, Minas Gerais,
8 Brasil

9 *E-mail: amanda.ap.brito@gmail.com; Telefone: 05534999610387

10
11 **RESUMO:** Objetivou-se identificar a ocorrência de ondas de calor e verificar seus efeitos no
12 desempenho reprodutivo de matrizes suínas de granja comercial criadas em ambiente tropical. O Índice
13 de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado para determinar os períodos de ondas de calor (2013 a
14 2019). No mesmo período dados reprodutivos de uma granja com ventiladores e nebulizadores foram
15 disponibilizados com informações de 51.578 inseminações. O número de prenhez, partições e aborto
16 foram determinados. As matrizes foram divididas em: grupo controle (sem a ocorrência de ondas de calor
17 durante a inseminação) e grupo quente (ocorrência de ondas de calor no dia da inseminação). O
18 desempenho reprodutivo em diferentes ordens de parto também foi avaliado. Maio a agosto foram os
19 meses com menor média de dias de ondas de calor mensal. Do total de 2.156 dias avaliados verificou-se
20 1.163 dias de ocorrência de ondas de calor. O número de porcas prenhas, que pariram e que abortaram
21 não diferiu entre os grupos controle e quente. Porcas na segunda a quinta ordem de parto apresentaram
22 mais leitões nascidos vivos e maior peso da leitegada que nulíparas, primíparas e porcas com seis ou mais
23 partos. O menor número de nascidos vivos, peso da leitegada e do leitão e maior natimortos, mortos ao
24 nascer, mumificados foram observados em matrizes com 6 ou mais partos. Ondas de calor no dia da
25 inseminação não influenciam no número de fêmeas prenhas e de aborto de porcas criadas em galpão com
26 ventiladores e nebulizadores em ambiente tropical.

27
28 **PALAVRAS-CHAVE:** suínos, estresse por calor, ventilação mecânica, reprodução.

29
30

INTRODUÇÃO

31

32

33 As matrizes suínas são a base para o bom desempenho da cadeia produtiva e o ambiente térmico
34 ao qual são submetidas é importante para evitar prejuízos nos índices reprodutivos. A reprodução é a
35 consequência de diversas interações neuroendócrinas complexas, envolvendo o hipotálamo, a hipófise, os
36 tecidos alvos dos hormônios hipofisários e o aparelho reprodutor, e qualquer alteração na temperatura e
37 umidade podem alterar a função reprodutiva (Ferreira 2005). É sabido que no verão em região temperada,
38 por exemplo, ocorre redução da taxa de fertilidade, maior intervalo desmame – estro e leitegadas menores
39 (Auvigne et al. 2010; Williams et al. 2013; Ribeiro et al. 2018).

40

41

42

43

44

O estresse por calor é frequente em grande parte das criações de suínos em ambiente tropical e
pode ser um fator limitante na produção. A zona termoneutra para matrizes suínas no momento da
inseminação, gestação e lactação é de 18 a 20 °C (Williams et al. 2013). Porcas submetidas à temperatura
de 25 °C próximo ao parto apresentam maior frequência respiratória, temperatura retal e do úbere (Muns
et al. 2016).

45

46

47

48

49

Um fenômeno preocupante na criação de animais de produção são as ondas de calor: períodos de
temperatura e umidade elevadas que perduram por dias (AMS 1989). Nos trópicos, ele ocorre durante o
ano todo. Já em ambiente temperado este fenômeno é predominante no verão (Silva e Renaudeau 2014) e
os menores índices reprodutivos verificados neste período em países de clima temperado são conhecidos
por infertilidade sazonal (Auvigne et al. 2010; Iida e Koketsu 2014).

50

51

52

53

54

55

Conhecer o impacto do ambiente térmico sobre o desempenho reprodutivo de matrizes suínas é
necessário para orientar o produtor nas estratégias de manejo, instalação e equipamentos para atenuar os
efeitos deletérios do estresse por calor, proporcionar melhor bem-estar animal e melhorar os índices
reprodutivos. Assim, objetivou-se explorar os dados de estação meteorológica, identificando a ocorrência
de ondas de calor e verificar a sua associação com os índices reprodutivos de matrizes suínas de granja
comercial em ambiente tropical.

56

57

MATERIAIS E MÉTODOS

58

59

60

O estudo foi realizado a partir de dados de setembro de 2013 a julho de 2019 numa granja
comercial de produção de leitões localizada no Cerrado brasileiro (18° 91' S, 48° 25' W e 875 m de

61 altitude) na mesorregião do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brasil. O clima é tropical com inverno seco
62 e do tipo Aw pela classificação climática de Köppen (Alvares et al. 2013).

63 Os dados diários de temperatura de bulbo seco (T_{bs}), em °C, e umidade relativa (UR), em %, nos
64 horários 09:00, 15:00 e 21:00 h foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para
65 elaboração do diagnóstico bioclimático. Depois calculou-se o ITU conforme Berman et al. (2016):

$$66 \quad ITU = 3,43 + 1,058 (T_{bs}) - 0,293 UR + 0,0164 (T_{bs}) (UR) + 35,7$$

67 Períodos de ondas de calor foram determinados como três dias consecutivos de temperatura igual
68 ou superior a 25 °C (Quiniou e Noblet 1999) em pelo menos um dos horários, associado com $ITU > 74$,
69 indicando estresse por calor (Wegner et al. 2016).

70 Os galpões de gestação eram no sentido Leste-Oeste, com 25 m de distância entre si, comprimento,
71 largura e pé direito, respectivamente, de 225; 13 e 3 m, totalizando uma área de 2.925 m² por galpão,
72 coberto com telha de fibrocimento, beiral de 1,25 m, além disso, na projeção do beiral existia uma tela de
73 polipropileno (sombrite) com 80% de sombreamento. Os galpões eram equipados com duas fileiras de
74 ventiladores [kw (Hp-cv) 0,37; (1/2)] com 100 cm de diâmetro, a uma altura de 2 m e ligados
75 manualmente quando o termômetro termohigrôgenico digital (AK28 new) marcava uma temperatura
76 maior que 26 °C. As edificações também eram equipadas com nebulizadores, com quatro bombas, sendo
77 15 minutos de funcionamento para 45 minutos de intervalo, controlados por timer. A uma distância de 5
78 m do beiral no sentido dos galpões havia uma fileira de árvores (*Azadirachta indica*) com distância entre
79 si de 5 m.

80 Os dados de desempenho dos animais da granja eram registrados no software e foram utilizadas
81 informações de 51.578 inseminações. As fêmeas eram alojadas em gaiolas de gestação com *drops*
82 automáticos para alimentação individual, bebedouros do tipo chupeta e o diagnóstico de prenhez feito
83 com ultrassom portátil.

84 As matrizes foram divididas em dois grupos: CONTROLE (sem a ocorrência de ondas de calor no
85 dia da inseminação) e QUENTE (inseminação realizada durante ocorrência de ondas de calor). O número
86 de prenhez, de partições e de aborto foram determinados. Também foi verificado o efeito da ordem de
87 parto sobre o desempenho reprodutivo, dividindo as fêmeas em categorias: 0 (nulípara), 1 (primeira
88 ordem de parto), 2 (2-5 ordem de parto), 3 (≥ 6 ordem de parto).

89 Os dados meteorológicos e reprodutivos foram tabulados no programa *Microsoft® Excel®* e
 90 analisados no programa *Statistical Analysis System (SAS)*. Os dados não atenderam os pressupostos de
 91 normalidade e homogeneidade de variância e usou-se o teste não paramétrico de Kruskal – Wallis. Para
 92 explorar possíveis associações entre os índices reprodutivos e o ambiente térmico utilizou-se o Qui-
 93 quadrado. Usou-se nível de significância de 5%.

94

95

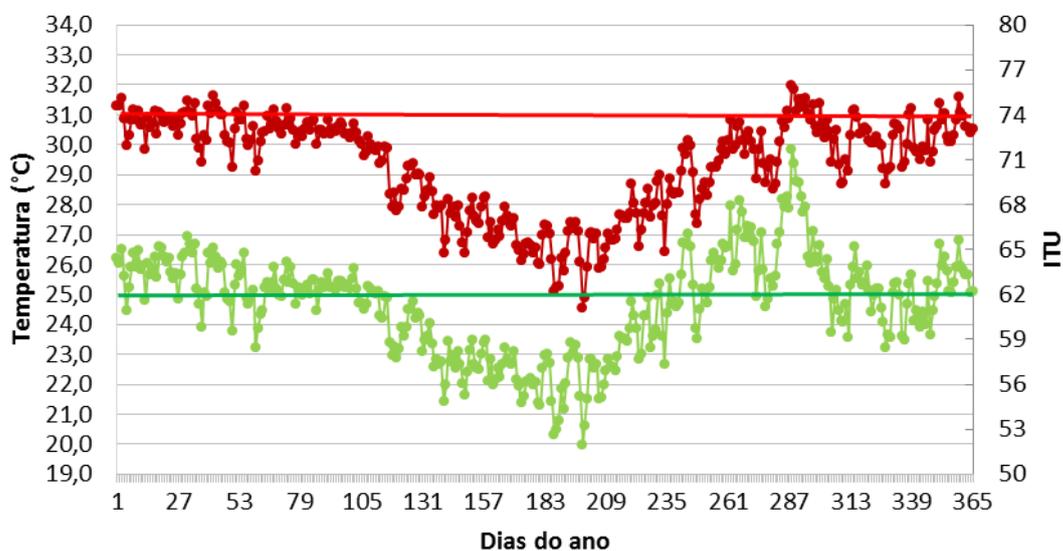
RESULTADOS

96

97 Ao considerar os dias do ano de 1 a 365 e o período de setembro de 2013 a julho de 2019
 98 observou-se que a temperatura do ar média predominante do dia 1 a 112, de 241 a 325 e de 350 a 365 foi
 99 maior que a Temperatura Crítica Superior (TCS) para as porcas, registrando ocorrências de ondas calor ao
 100 longo do ano (Figura 1). Neste período o número médio de dias de ondas de calor por mês foi de 24, 22,
 101 24, 21, 8, 2, 1, 10, 20, 24, 18, 21, respectivamente, de janeiro a dezembro. Do total de 2.156 dias de
 102 avaliação verificou-se 1.163 dias de ocorrência de ondas de calor, sendo, 417 no verão, 220 no outono,
 103 159 no inverno e 367 na primavera.

104

105 **Figura 1. Valores médios diários de Temperatura do ar (°C) e do Índice de Temperatura e umidade**
 106 **(ITU) de setembro de 2013 a julho de 2019, no mesmo período do banco de dados reprodutivos de**
 107 **matrizes suínas**



108

—●— Temperatura média diária —●— ITU médio diário

109 Do total de 51.578 observações o número de porcas prenhas, de fêmeas que pariram e matrizes que
 110 abortaram não diferiu entre os grupos controle (sem ondas de calor) e quente (com ondas de calor)
 111 (Tabela 1).

112 **Tabela 1. Número de inseminações de matrizes suínas que ficaram prenhas ou não, pariram ou não**
 113 **e abortaram ou não nos grupos CONTROLE e QUENTE em ambiente tropical**

	CONTROLE*	QUENTE	Total
Prenha	22.945 (98,19%)	27.721 (98,27%)	50.666
Não Prenha	424 (1,81%)	488 (1,73%)	912
Total	23.369 (100,0%)	28.209 (100,0%)	51.578
Teste Qui-Quadrado: p = 0,4689.			
Pariu	22.264 (95,27%)	26.839 (95,14%)	49.103
Não Pariu	1.105 (4,73%)	1.370 (4,86%)	2.475
Total	23.369 (100,0%)	28.209 (100,0%)	51.578
Teste Qui-Quadrado: p = 0,4980.			
Abortou	681 (2,91%)	882 (3,12%)	1.563
Não Abortou	22.688 (97,08%)	27.327 (96,87%)	50.015
Total	23.369 (100%)	28.209 (100%)	51.578

114 Teste Qui-Quadrado: p= 0,1610

115 *CONTROLE (matrizes suínas inseminadas sem a ocorrência de ondas de calor, temperatura < 25 e ITU
 116 ≤ 74). QUENTE (matrizes suínas inseminadas com ondas de calor, temperatura ≥ 25 e ITU > 74 por três
 117 dias ou mais).

118

119 As fêmeas nulíparas apresentaram maior duração de gestação, menor número de leitões nascidos
 120 vivos, natimortos, mortos ao nascer, mumificados e leitegadas mais leves em relação às porcas de dois a
 121 cinco partos (Tabela 2). As primíparas apresentaram menor duração da gestação e menor número de
 122 natimortos em relação às demais categorias (Tabela 2). As fêmeas em pico de produção, na segunda a
 123 quinta ordem de parto apresentaram bons índices reprodutivos, com maior número de leitões nascidos
 124 vivos e maior peso da leitegada (Tabela 2). As porcas com seis ou mais ordem de parto apresentaram o
 125 pior desempenho reprodutivo, com menor número de leitões nascidos vivos, maior número de natimortos,
 126 de leitões mortos ao nascer, de mumificados e menor peso de leitão e leitegada em relação às demais
 127 categorias (Tabelas 2).

128

129 **Tabela 2. Médias (desvio-padrão) das variáveis reprodutivas das matrizes suínas de granja**
 130 **comercial de diferentes categorias em ambiente tropical**

Categorias*	Gestação (dias)	Nascidos vivos (n)	Natimortos (n)	Mortos ao nascer (n)	Mumificados (n)	Peso da leitegada (kg)	Peso do leitão (kg)
0 (n = 9.651)	115,12 ^a (1,49)	11,84 ^c (3,16)	0,83 ^b (1,18)	0,01 ^a (0,13)	0,29 ^a (0,71)	16,26 ^c (4,45)	1,37 ^b (0,09)
1 (n = 8.451)	114,79 ^c (1,20)	11,95 ^b (3,27)	0,66 ^a (1,04)	0,01 ^a (0,27)	0,30 ^a (0,70)	16,48 ^b (4,63)	1,38 ^a (0,10)
2 (n = 23.000)	114,87 ^b (1,15)	12,36 ^a (3,21)	0,89 ^c (1,24)	0,02 ^b (0,26)	0,35 ^b (0,72)	17,02 ^a (4,54)	1,38 ^{ab} (0,10)
3 (n = 8.001)	115,10 ^a (1,12)	11,38 ^d (3,23)	1,07 ^d (1,42)	0,08 ^c (0,59)	0,40 ^c (0,79)	15,36 ^d (4,47)	1,35 ^c (0,09)

131 Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Kruskal – Wallis

132 (P<0,05). *Categorias: 0 (nulípara), 1 (primeira ordem de parto), 2 (2-5 ordem de parto), 3 (≥ 6 ordem de

133 parto).

134

135 As nulíparas, primíparas e fêmeas de dois a cinco partos apresentaram menor incidência de aborto

136 em relação às fêmeas com seis ou mais partos (Tabela 3).

137

138 **Tabela 3. Número de inseminações de matrizes suínas de uma granja comercial que abortaram ou**

139 **não de acordo com as categorias de ordem de parto em ambiente tropical**

Categorias*	Não Abortou	Abortou	Total
0	9.805 (97,55%)	246 (2,45%)	10.051 (100%)
1	8.605 (97,14%)	253 (2,86%)	8.858 (100%)
2	23.450 (97,09%)	703 (2,91%)	24.153 (100%)
3	8.155 (95,76%)	361 (4,24%)	8.516 (100%)
Total	50.015	1.563	51.578

140 Teste Qui-Quadrado: p = 0,0001. *Categorias: 0 (nulípara), 1 (primeira ordem de parto), 2 (2-5 ordem de

141 parto), 3 (≥ 6 ordem de parto).

142

143

DISCUSSÃO

144

145 O conforto térmico das matrizes suínas é alcançado na zona de termoneutralidade contribuindo

146 para uma ótima produção. Os intervalos de 16 a 22 °C (Messias de Bragança et al. 1998), 18 a 20 °C

147 (Williams et al. 2013) e 15 a 25 °C (Ribeiro et al. 2018) foram indicados como ideais para matrizes suínas

148 comerciais. Nos trópicos, as temperaturas cíclicas elevadas ocorreram ao longo de todo o ano com mais
149 intensidade na primavera e verão em relação ao outono e inverno, portanto o produtor de suínos deve
150 atentar para medidas que possam atenuar os efeitos deletérios do estresse por calor. As instalações devem
151 ser planejadas com a finalidade de reduzir a interferência do ambiente externo sobre a produção e bem-
152 estar dos animais. A orientação da edificação em relação ao sol deve ser leste-oeste, material de cobertura
153 com maior reflexão dos raios solares, beiral dimensionado adequadamente, dentre outros. A climatização
154 poderá ser outra estratégia para melhorar o conforto térmico dentro das instalações. A dieta balanceada
155 para ambiente quente também pode ser uma medida interessante. A seleção de animais adaptados ao calor
156 é outra ferramenta.

157 O ITU que associa o efeito da temperatura e da umidade do ar concomitantemente tem o limiar de
158 74 para matrizes suínas (Wegner et al. 2016). No Brasil Central, os maiores valores de ITU máximo
159 diário são encontrados no verão e primavera, abrangendo os meses de janeiro a março e de setembro a
160 dezembro (Machado et al. 2016). No presente estudo, janeiro a abril e setembro a dezembro foram os
161 meses com maior ocorrência de ondas de calor.

162 É sabido que o estresse por calor prejudica o desempenho reprodutivo de porcas. Matrizes de
163 granjas comerciais foram inseminadas em temperatura $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentaram menor número de partos que
164 fêmeas inseminadas dentro da zona de termoneutralidade $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Janse van Rensburg e Spencer 2014).
165 Em outro estudo, as fêmeas foram submetidas ao estresse por calor entre 21 a 14 dias antes da
166 inseminação e também reduziram o número de partos, as porcas eram alojadas em galpões com ventilação
167 natural com manejo de cortinas (Bloemhof et al. 2013). O estresse por calor de 2-12 dias após o estro em
168 porcas pode induzir a regressão prematura do corpo lúteo, colaborando para redução na quantidade de
169 fêmeas prenhas e aumento na ocorrência de aborto, as matrizes foram alojadas em baias individuais em
170 um ambiente aclimatado (Bidne et al. 2019). Entretanto, no presente estudo, as ondas de calor no período
171 de inseminação não influenciaram no número de prenhez, parição e aborto, possivelmente porque o
172 galpão era construído na orientação leste-oeste, equipado com ventiladores e nebulizadores, presença de
173 uma linha de árvores na lateral do galpão, e assim contribuíram para melhores condições térmicas,
174 evitando maiores prejuízos reprodutivos.

175 A ordem de parto também pode influenciar no desempenho reprodutivo de matrizes suínas. O
176 desempenho reprodutivo é maior na terceira e quarta ordem de parto, após ocorre um declínio quando as
177 porcas atingem a sétima ordem de parto, isto pode ocorrer devido a diferenças fisiológicas no sistema

178 reprodutivo das primíparas e múltiparas, além da seleção de um lote de matrizes de acordo com seu
179 desempenho reprodutivo, além disso, o tamanho da leitegada é menor em porcas primíparas e ocorrendo
180 os melhores valores na terceira e quarta ordem de parto (Belstra e See 2004). Também porcas com 6 ou
181 mais ordem de parto apresentam maior risco de aborto e de leitões natimortos, independente da
182 temperatura (Iida e Koketsu 2015). O pior desempenho reprodutivo das fêmeas igual e acima de 6
183 parições revela a importância da reposição em uma granja. As nulíparas e primíparas ainda não estão no
184 seu melhor desempenho, mas a introdução dessas fêmeas no rebanho e o manejo adequado contribuem na
185 obtenção de índices reprodutivos desejáveis.

186

187

CONCLUSÃO

188

189 Ondas de calor durante as inseminações de porcas criadas em granja comercial em ambiente
190 controlado não influenciam no número de prenhas, de nascimentos e abortos em ambiente tropical.

191

192 **Acknowledgements.** - This study was partly financed by the Coordenação de Aperfeiçoamento
193 de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) (Finance Code 001).

194

195

REFERÊNCIAS

196

197 Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Koppen's climate classification
198 map for Brazil. Meteorol Z 22: 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

199

200 AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY (1989) Glossary of meteorology: AMS. Disponível em:
201 http://glossary.ametsoc.org/wiki/Heat_wave. Acessado em 03 de janeiro de 2020.

202

203 Auvigne V, Leneveu P, Jehannin C, Peltoniemi O, Salle E (2010) Seasonal infertility in sows: a five year
204 field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. Theriogenology 74: 60–66.
205 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.12.019>.

206

- 207 Belstra B, See T (2004) Age, parity impact breeding traits. National Hog Farmer. Ed. Penton Media, Inc.
208 New York, NY.
209
- 210 Berman A, Horovitz T, Kaim M, Gacitua H (2016) A comparison of THI indices leads to sensible heat-
211 based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. *Int J Biometeorol*
212 60(10):1453-1462. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>
213
- 214 Bidne KL, Romoser MR, Ross JW, Baumgard LH, Keating AF (2019) Heat stress during the luteal phase
215 decreases luteal size but does not impact circulating progesterone in gilts. *J Anim Sci* 97(10): 4314-4322.
216 <https://doi.org/10.1093/jas/skz251>
217
- 218 Bloemhof S, Mathur PK, Knol EF, van der Waaij EH (2013) Effect of daily environmental temperature
219 on farrowing rate and total born in dam line sows. *J Anim Sci* 91(6): 2667-2679.
220 <https://doi.org/10.2527/jas2012-5902>
221
- 222 Ferreira RA (2005) *Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos*. Aprenda Fácil
223 Editora, Viçosa.
224
- 225 Iida R, Koketsu Y (2014) Climatic factors associated with peripartum pig deaths during hot and humid or
226 cold seasons. *Prev vet med* 115: 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.019>.
227
- 228 Iida R, Koketsu Y (2015) Climatic factors associated with abortion occurrences in Japanese commercial
229 pig herds. *Anim Reprod Sci* 157: 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.03.018>.
230
- 231 Janse van Rensburg L, Spencer BT (2014) The influence of environmental temperatures on farrowing
232 rates and litter sizes in South African pig breeding unit. *Onderstepoort J Vet Res* 81(1): Art. 824.
233 <https://doi.org/10.4102/ojvr.v81i1.824>
234

- 235 Machado ST, Nääs IA, Reis JGM, Caldara FR, Garcia RG (2016) Thermal amplitude impacts pig
236 productivity loss in tropical conditions. ASABE Annual International Meeting.
237 <https://doi.org/10.13031/aim.20162465456>.
238
- 239 Messias de Bragança M, Mounier AM, Prunier A (1998) Does feed restriction mimic the effects of
240 increased ambient temperature in lactating sows. *J Anim Sci* 76(8): 2017-
241 2024. <https://doi.org/10.2527/1998.7682017x>
242
- 243 Muns R, Malmkvist J, Larsen MLV, Sørensen D, Pedersen LJ (2016) High environmental temperature
244 around farrowing induced heat stress in crated sows. *J Anim Sci* 94: 377-384.
245 <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9623>
246
- 247 Quiniou N, Noblet J (1999) Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous
248 lactating sows. *J Anim Sci* 77(8): 2124-2134. <https://doi.org/10.2527/1999.7782124x>
249
- 250 Ribeiro BPVB, Lanferdini E, Palencia JYP, Lemes MAG, Abreu MLT, Cantarelli VS, Ferreira RA
251 (2018) Heat negatively affects lactating swine: A meta-analysis. *J Therm Biol* 74: 325-
252 330. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.015>
253
- 254 Silva BAN, Renaudeau D (2014) Interações entre ambiência e nutrição em suínos. In: Associação
255 Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS) (ed) Produção de suínos teoria e prática, Brasília, DF, pp 885-
256 895.
257
- 258 Wegner K, Lambertz C, Das G, Reiner G, Gauly M (2016) Effects of temperature and temperature
259 humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate
260 climate. *Anim Sci J* 87: 1334-1339. <https://doi.org/10.1111/asj.12569>
261
- 262 Williams AM, Safranski TJ, Spiers DE, Eichen PA, Coate EA, Lucy MC (2013) Effects of a controlled
263 heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on thermoregulation, metabolism, and
264 reproduction of primiparous sows. *J Anim Sci* 91: 2700-2714. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6055>

ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS DA REVISTA INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY

1.1 Manuscript Submission

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Please ensure you provide all relevant editable source files. Failing to submit these source files might cause unnecessary delays in the review and production process.

1.2 Title page

Title Page

Please use this **template title page** for providing the following information.

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) of the author(s), i.e. institution, (department), city, (state), country
- A clear indication and an active e-mail address of the corresponding author
- If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

If address information is provided with the affiliation(s) it will also be published.

For authors that are (temporarily) unaffiliated we will only capture their city and country of residence, not their e-mail address unless specifically requested.

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

For life science journals only (when applicable)

Trial registration number and date of registration

Trial registration number, date of registration followed by “retrospectively registered”

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Declarations

All manuscripts must contain the following sections under the heading 'Declarations'.

If any of the sections are not relevant to your manuscript, please include the heading and write 'Not applicable' for that section.

To be used for non-life science journals

Funding (information that explains whether and by whom the research was supported)

Conflicts of interest/Competing interests (include appropriate disclosures)

Availability of data and material (data transparency)

Code availability (software application or custom code)

Authors' contributions (optional: please review the submission guidelines from the journal whether statements are mandatory)

To be used for life science journals + articles with biological applications

Funding (information that explains whether and by whom the research was supported)

Conflicts of interest/Competing interests (include appropriate disclosures)

Ethics approval (include appropriate approvals or waivers)

Consent to participate (include appropriate statements)

Consent for publication (include appropriate statements)

Availability of data and material (data transparency)

Code availability (software application or custom code)

Authors' contributions (optional: please review the submission guidelines from the journal whether statements are mandatory)

Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information as well as various examples of wording. Please revise/customize the sample statements according to your own needs.

Important note

Please see to it that you consider a title that is suitable for Search Engine Optimization (SEO)

1.3 Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

Important notes:

- Lines must be numbered
- Body of text should be 1.5- or double-spaced

1.4 Structuring the Manuscript

Please arrange your manuscript as follows:

- Introduction

The introduction should state the purpose of the investigation and give a short review of the pertinent literature.

- Materials and methods

This section should follow the Introduction and should provide enough information to permit repetition of the experimental work.

- Results

This section should describe the outcome of the study. Data should be presented as concisely as possible, if appropriate in the form of tables or figures, although very large tables should be avoided.

- Discussion

The discussion should be an interpretation of the results and their significance with reference to work by other authors.

- Conclusions (optional)

The authors may wish to provide a brief summary of the results and their implications, and directions for future research.

- Acknowledgements

These should be as brief as possible. Any grant that requires acknowledgement should be mentioned. The names of funding organizations should be written in full.

- **References**

These should only include sources that were directly cited in the manuscript, and must be listed in alphabetical order by the first author's last (family) name. These should not be numbered. Please see specific instructions on formatting below.

1.5 Scientific style

Genus and species names should be in italics.

1.6 References

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

- **Journal article**

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

- Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics.* Blackwell, London

- Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure.* Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see: [ISSN LTWA](#)

If you are unsure, please use the full journal title.

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list. [EndNote style \(Download zip, 3 kB\)](#)

1.7 Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.