

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Pacote tecnológico para o diagnóstico do conforto térmico dos
animais de produção**

Sérgio Luís de Castro Júnior

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2019**

Sérgio Luís de Castro Júnior
Engenheiro de Biosistemas

**Pacote tecnológico para o diagnóstico do conforto térmico dos animais de
produção**

Orientador:
Prof. Dr. **IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2019

AGRADECIMENTOS

Aos meus guias espirituais, às boas vibrações, às boas energias e às forças da natureza. À Deus. Aos Orixás, aos Santos, à todas as Divindades. Axé pra quem é de Axé, Saravá pra quem é de Saravá, Aleluia pra quem é de Aleluia, Amém pra quem é de Amém, Namastê. Cho Ku Rei.

Ao meu querido pai, Sérgio, minha grande inspiração de pesquisador e ser humano: aquele que é guiado pelo coração, pela curiosidade, pela dedicação e pelo brilho no olhar. A minha querida mãe, Diná, pelo amor incondicional, pelas orações e por cada “vai dar tudo certo”. Tudo deu, tudo dá! A minha querida irmã, Ana, que mesmo tão jovem, tanto me ensina, me guia, me acalanta. Cada vitória minha é uma vitória nossa!

À minha avó, Maria de Lourdes, meu exemplo de fé, bondade e resiliência. Sou fruto das lindas sementes que a senhora planta. Aos meus padrinhos, Regina e Antônio, por estarem sempre por perto, de braços abertos, independente da distância. A todos os meus tios, tias, primos e primas, gratidão!

Ao Gabriel, por oferecer a mão e me acompanhar, de pertinho, nas curvas todas deste caminho, sem deixar que eu voltasse sozinho. Obrigado por deixá-lo mais colorido, florido e alegre. É o que dizem, o amor é AmarElo!

Ao Prof. e amigo Glauber Balthazar, por atender aos meus pedidos de socorro sempre com muita dedicação, muita paciência (muito mesmo!) e prestatividade. Parcerias que surgem no momento certo e que ainda há de colher muitos frutos.

Aos amigos de perto, Maju, Tia Ká, Karen, Jhow, Luan, Simone, todos e tantos. Obrigado por serem e estarem. Aos amigos espalhados pelo mundo, os mais velhos e os mais recentes, cujo carinho ultrapassa a distância e o tempo. Yuri, Sol, Dani, Jeh, Lari, Jussara, Paty, Ryan, Margaret, Lisi, tantas e tantos, obrigado por acalentarem este amigo, muitas vezes ingrato. Quem tem um amigo tem tudo.

À família Onço, família das famílias, selba ib est. Lei, Carlinhos, Rafa Bezerra, Rafa Varotte, Marcão, Nan, Igor Onço, Naiara, Jhenny, Norbertho, Catia Preta, Gabi, aos agregados e a todos que tornam a Semana Euclidiana a melhor semana do meu ano, gratidão! Ao Leandro, em especial, por tudo.

Aos companheiros, amigos e pesquisadores do NUPEA: Aérica, Alessandra, Carol, Cinthia, Cibelle, Gabriel, Glauber, Giovane, João, Karen, Marcela, Marcos,

Mariana Modesto, Mariana Mota, Paala, Vivian, Yuri, a todos com que tanto aprendi, tanto compartilhei e tanto cresci. E tanto que cresci com vocês!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Iran José Oliveira da Silva, pelos incentivos, ensinamentos, exigências, confianças e desafios. Obrigado por cada conselho, pessoal e profissional, permitindo com que eu conclua esse caminho mais consciente, encorajado e fortalecido. Gratidão!

Aos meus professores e inspiradores, que compreendem que ciência não se faz sozinho. Gratidão pelas dicas e orientações dos pesquisadores Dra. Débora de Oliveira, Prof. Dr. Fernando Caneppele, Prof. Dr. Juliano Fiorelli, Profa. Dra. Késia Silva Miranda, Profa. Dra. Sandra Cruz, Profa. Dra. Solange Nice, Profa. Dra. Renata Marè, Profa. Dra. Valéria Cristina Rodrigues Sarnighaus Por em e todos os que, generosamente, iluminaram a trajetória deste sempre-estudante.

Ao programa de pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, aos funcionários do Departamento de Engenharia de Biosistemas (LEB/ESALQ), em especial a Davilmar, Angela, Juliana e Ivone, por todo o suporte, dedicação e paciência.

À Universidade de São Paulo e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, por proporcionar este mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

E nestes tempos obscuros, a todos que incentivam e acreditam na ciência, que transcende e ilumina.

*“Entrego,
Confio,
Recebo,
E agradeço.”*

RESUMO

Pacote tecnológico para o diagnóstico do conforto térmico dos animais de produção

O estresse térmico é um problema multifatorial que coloca em risco a sanidade, o bem-estar e o desempenho produtivo dos animais de produção. Entretanto, o seu diagnóstico nas fazendas é muitas vezes realizado de forma irregular, seja pela demanda de tempo para o processamento manual de dados ou pela exigência de conhecimentos específicos. O objetivo deste estudo foi desenvolver e validar um pacote tecnológico composto de ferramentas integradas, visando o diagnóstico do estresse térmico em frangos de corte, aves poedeiras, suínos e bovinos de leite, em suas diferentes fases de criação. Este trabalho foi dividido em três etapas, que se sequenciam. A primeira envolveu o desenvolvimento de uma metodologia para o diagnóstico do conforto térmico, utilizando como princípio básico as propriedades psicrométricas do ar, com destaque para a entalpia específica. A partir de sete elementos ordenados, a metodologia diagnosticou o estresse térmico a partir de três categorias (em conforto, alerta e emergencial), como também indicou processos para adequação climática do ambiente, a partir da elaboração de uma árvore de decisão. A metodologia foi validada com um banco de dados de instalações para bezerros, apresentando grande potencial de uso prático. A segunda etapa utilizou os resultados da etapa anterior para desenvolver dois sensores – com armazenamento em cartão de memória (S1) e com comunicação via WiFi (S2) – em plataforma Arduino® para monitoramento e registro do nível de conforto dos animais. Quando calibrados em laboratório e testados em um aviário em escala reduzida-distorcida, ambos os dispositivos apresentaram alta correlação ($R^2 > 0,96$) comparados a um sensor comercial. Os sensores apresentaram baixo custo de desenvolvimento e propriedades técnicas que viabilizam sua utilização, com destaque para S2. Na terceira etapa, foi desenvolvido um aplicativo móvel em sistema operacional Android para o diagnóstico do estresse térmico, comungando diferentes possibilidades de uso (em ambiente aberto, em ambiente fechado, manual e previsão para os sete dias subsequentes). O aplicativo seguiu metodologias de desenvolvimento compiladas pela Engenharia de Software e foi validado por testes de usabilidade aplicados a possíveis usuários (produtores rurais, pesquisadores, estudantes, entre outros). Resultados apontaram que o app – intitulado *Animalcomfort* – possui grande potencial de uso, e que a versão apresentada neste projeto se encontra próxima dos padrões de qualidade observados em dispositivos comerciais, atingindo scores acima de 3 (regular) nos testes de validação. Como conclusão geral, a metodologia (enquanto uma lógica de processamento), os sensores (enquanto tecnologias de hardware) e o app (representando as tecnologias de software) somam-se em um pacote tecnológico que aproxima os avanços da comunidade científica com as demandas e lacunas do setor produtivo, possibilitando a identificação do conforto térmico dos animais de forma prática, intuitiva, em tempo real e de baixo custo.

Palavras-chave: Ambiência; Relações psicrométricas; Entalpia específica do ar; Aplicativo móvel; Sensor Arduino

ABSTRACT

Technological package for the diagnosis of the thermal comfort of livestock animals

Heat stress is a multifactorial issue that endangers health, welfare and performance of livestock animals. However, its diagnosis is often carried out irregularly on farms, demanding time for manual data processing or requiring specific knowledge. The objective of this study was to develop and validate a technological package composed of integrated tools, in order to diagnose heat stress in broilers, laying hens, pigs and dairy cattle, in their different growing phases. This work was divided into three stages, which are consequential. The first one involved the development of a methodology for the diagnosis of heat stress, using as principle the air psychrometric properties, with emphasis on specific enthalpy. From seven sequential elements, the methodology diagnosed the thermal stress using three categories (in comfort, alert and emergency), besides indicating processes for climatic adaptation of the environment, from the elaboration of a decision tree. The methodology was validated using a calf facility database, showing great potential for practical purposes. The second stage used the results from the previous one to develop two sensors - with data storage on memory card (S1) and WiFi communication (S2) - on Arduino® platform for monitoring and recording the comfort level of livestock animals. When calibrated in laboratory and tested in a small-distorted scale poultry house, both devices showed a good correlation ($R^2 > 0.96$) compared to a commercial sensor. The sensors presented low development cost and technical properties that make their use suitable for use, especially S2. In the third stage, a mobile app was developed in Android for the diagnosis of heat stress in multiple use possibilities (outdoor, indoor, manual and forecast for the next seven days). The app followed development methodologies approached by Software Engineering and was validated by usability tests applied to potential users (farmers, scientists, students, among others). Results indicated that the app - titled *Animalcomfort* - has great potential for use, and the version presented in this project already have quality standards similar to commercial devices, reaching scores above 3 (regular) in the validation tests. As a general conclusion, the methodology (as a processing logic), the sensors (as hardwares) and the app (representing software technologies) came together as a technological package that brings the advances of the scientific community closer to the demands and gaps from the production sector, enabling the identification of heat stress of livestock animals in a practical, intuitive, real time and low cost manner.

Keywords: Livestock environment; Psychrometric properties; Air specific enthalpy; Mobile app; Arduino sensor

1. INTRODUÇÃO

Na cadeia de produção animal, uma das grandes problemáticas que atingem tanto os pequenos quanto os grandes produtores é o efeito do ambiente térmico no desempenho zootécnico e no bem-estar dos animais. Esta preocupação, que é compartilhada para a grande maioria das espécies produtivas, exponencia-se em países de clima tropical e subtropical – como o Brasil – onde é comum alcançar altas temperaturas durante boa parte do ano.

A investigação dos efeitos do estresse térmico nos animais vem avançando, por parte da comunidade científica, ao longo das últimas décadas. Relatos na literatura evidenciam, dessa forma, as alterações a curto e longo prazo na fisiologia, no comportamento e no desempenho de frangos de corte, suínos, bovinos de leite e aves poedeiras, quando estes estão submetidos à ambientes que exigem gasto energético para manter sua homeostase.

Em contrapartida, quando nos atentamos ao setor produtivo, principalmente nas pequenas e médias propriedades, ainda há grande dificuldade de mensurar o nível de estresse térmico dos animais, o que impossibilita seus gestores de traçar melhores estratégias para reduzir os efeitos deletérios do estresse.

Como uma primeira lacuna que impossibilita a mensuração eficiente do estresse térmico, destaca-se a carência de sensores que colem as variáveis microclimáticas do ambiente de alojamento dos animais em tempo real, de custo acessível e que indiquem possíveis caminhos para as tomadas de decisão. Em outros casos, a coleta se resume no acompanhamento da temperatura ambiente, que, sozinha, não é o suficiente para caracterizar com profundidade a situação de estresse térmico dos animais.

Nesse cenário, estimar o conforto térmico dos animais torna-se uma demanda consoante aos fundamentos da Zootecnia de Precisão, que visa incorporar sensores e atuadores para as mais diversas etapas de manejo nas fazendas. Maiores oportunidades ainda surgem com a adoção crescente de dispositivos desenvolvidos em plataforma Arduino®, que propõe alternativas de sensoriamento a partir de dispositivos de fácil manipulação e de baixo custo.

A segunda lacuna se refere à interpretação destes dados microclimáticos. Mesmo quando os dados são coletados, ainda é um desafio gerenciá-los de forma a identificar, de fato, a situação de estresse térmico. Em outras palavras, tais dados

não dão origem a informações conclusivas e práticas. Embora a literatura apresente metodologias de classificação do conforto térmico – como os índices de conforto e as relações psicrométricas do ar –, tais práticas muitas vezes não estão consolidadas no cotidiano das fazendas.

Em paralelo, a gestão e interpretação de dados vem ganhando maior praticidade com o impulsionamento dos aplicativos móveis, que permitem tomadas de decisão em tempo real e orientadas ao usuário. Os aplicativos já são uma realidade na produção animal – dentro da revolução digital proposta pela Agricultura 4.0 –, embora sejam poucas as ferramentas que propõem o diagnóstico do estresse térmico dos animais.

Em suma, quando é discutido a gestão de dados microclimáticos, depara-se com o déficit de sistemas de coleta de dados (sensores) nos sistemas produtivos, além da carência de ferramentas práticas que auxiliem o produtor rural a gerenciar e interpretar as informações. Neste trabalho, considera-se como pacote tecnológico o conjunto de ferramentas integradas que agem sobre ambas as questões. O pacote tecnológico sugere, portanto, o desenvolvimento de dispositivos independentes – como hardwares e softwares – que podem ser integrados de maneira a promover a melhor gestão da informação e permitir tomadas de decisão mais concretas.

Dessa maneira, o objetivo principal desta dissertação foi desenvolver e validar um pacote tecnológico integrado – composto por uma metodologia-base e duas ferramentas (hardware e software) – visando o diagnóstico do conforto térmico dos animais de produção a partir das relações psicrométricas do ar.

Os objetivos específicos foram:

1. Elaborar e validar uma metodologia avaliativa para o diagnóstico do estresse térmico dos animais, em diferentes fases de criação;
2. Desenvolver, calibrar e avaliar tecnicamente sensores de baixo custo para estimar as condições psicrométricas que definem o nível de estresse térmico dos animais de produção;
3. Projetar e desenvolver, além de validar sob o ponto do usuário, um aplicativo móvel elaborado no sistema operacional Android para o diagnóstico da situação de conforto térmico dos animais de produção.

Guiando-se por tais objetivos, esta dissertação é apresentada em quatro capítulos – desconsiderando esta introdução e as considerações finais – que possuem resultados independentes, mas complementares.

O primeiro deles apresenta a revisão bibliográfica, no intuito de compreender os efeitos do estresse térmico na produção animal e catalogar suas metodologias de mensuração, seguindo para o estado da arte das tecnologias – softwares e hardwares – utilizadas para monitorar os ambientes de alojamento de caráter zootécnico.

O segundo capítulo, intitulado “*A psicrometria no diagnóstico do conforto térmico dos animais de produção: metodologia e estudo de caso*”, apresenta o desenvolvimento de uma metodologia prática para determinação do estresse térmico baseado nos princípios da entalpia específica do ar.

Já o terceiro capítulo, intitulado “*Sensores de baixo custo para a indicação do nível de estresse térmico dos animais de produção*”, descreve o desenvolvimento, calibração e avaliação de dispositivos hardware utilizando como princípio de funcionamento a metodologia proposta no capítulo anterior.

Por fim, o quarto capítulo, cujo título é “*Design e validação de um aplicativo móvel para o diagnóstico do estresse térmico de animais de produção*”, relata a elaboração e avaliação de um software, associando a este os resultados dos dois capítulos antecedentes.

Este último capítulo encerra, assim, o desenvolvimento de um pacote tecnológico, que é constituído de um dispositivo hardware de coleta; um software que age enquanto uma interface homem-máquina; e uma metodologia prática de gestão de dados microclimáticos que resulta no diagnóstico do conforto térmico dos animais de produção.

2. CONCLUSÃO

Sabendo-se da necessidade do desenvolvimento de ferramentas tecnológicas, bem como alternativas para auxiliar os gestores das fazendas no aprimoramento de estratégias para solucionar o estresse térmico dos animais, acredita-se que as sugestões aqui apresentadas podem ser utilizadas na solução parcial desses problemas.

A metodologia desenvolvida neste trabalho para diagnosticar o estresse térmico dos animais incorporou as contribuições feitas por diversos estudiosos para atualizar os parâmetros qualitativos do estresse, para cada fase de criação. A interpretação pelo viés das relações psicrométricas permitiu não só identificar o nível de conforto térmico dos animais, como também sugeriu métodos de climatização do ambiente. Ademais, a utilização de árvores de decisão foi uma solução simples, mas bastante útil, para interpretar os dados microclimáticos.

Os sensores desenvolvidos a partir desta metodologia, mesmo propondo diferentes formas de armazenamento e leitura dos dados, permitiram monitorar a situação de estresse em tempo de real e alimentar bancos de dados para posterior utilização. Ambos os dispositivos apresentaram baixo custo de desenvolvimento e a calibração apresentou alta correlação com um sensor comercial. Destaque é dado para o sensor confeccionado com comunicação via WiFi, permitindo subtrair alguns módulos eletrônicos – tornando o dispositivo menor e mais leve – e possibilitando comunicação à distância.

Entre outras funções, o sensor alimentou o dispositivo móvel feito para o sistema operacional Android. O software admitiu incorporar múltiplas funcionalidades, a partir da entrada de diferentes fontes de dados. Dessa maneira, o aplicativo, mesmo em sua versão teste, apresentou grande apelo de uso, conquistadas por suas características positivas de layout, terminologia e tempo de aprendizagem, conforme evidenciado pelos testes feitos por potenciais usuários.

Como um todo, este trabalho apresentou um conjunto de ferramentas que estreitam a comunicação entre os avanços da comunidade científica com as demandas da cadeia produtiva. A partir desse pacote tecnológico, a situação de conforto térmico dos animais pode, portanto, ser diagnosticada em tempo real, de forma prática e com baixo custo.

3. BIBLIOGRAFIA

- Abreu, V.M.N., Abreu, P.G., 2011. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 1-14.
- AHDB, 2018. Calf management. Disponível em: < https://media.ahdb.org.uk/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/CalfManagement_180619_WEB.pdf > Ultimo acesso em: 01 de nov. de 2019.
- Albright, L. D. Environment control for animals and plants. St, Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan, 1990. 453p. ASAE Textbook, 4.
- Almeida Neto, L.A., Pandorfi, H., Almeida, G.L., Guiselini, C., 2014. Climatização na pré-ordenha de vacas Girolando no inverno do semiárido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 18(10), 1072–1078. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1072-1078>.
- Almeida, G.L., Pandorfi, H., Guiselini, C., Henrique, H.M., Almeida, G. A., 2011. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 15(7), 754-760. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000700015>
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Moraes, G., Leonardo, J., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Andrade, R.R., 2017. Determinação da faixa de conforto térmico para galinhas poedeiras na fase inicial de criação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 77f.
- ASHRAE, 1993. ASHRAE handbook—fundamentals.
- ASHRAE, 2005. ASHRAE handbook—fundamentals.
- Azevêdo, D.M.M.R., Alves, A.A., 2009. Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 83p.
- Azizpour, F., Moghimi, S., Salleh, E., Mat, S., Lim, C.H., Sopian, K., 2013. Thermal comfort assessment of large-scale hospitals in tropical climates: A case study of University Kebangsaan Malaysia Medical Centre (UKMMC). *Energy and Buildings*, 64, 317-322. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.033>
- Baêta, F.C., 1985. Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season. Thesis (Ph.D.) - University of Missouri, Columbia, 218f.

- Baêta, F.C., Souza, C.F., 1997. *Ambiência em edificações rurais – conforto animal*, Viçosa, MG: UFV, 246p.
- Baêta, F.C.; Souza, C.F., 2010. *Ambiência em edificações rurais – conforto animal*. Universidade Federal de Viçosa.
- Barbosa Filho, J.A.D., Vieira, F.M.C., Garcia, D.B., Silva, M.A.N., Silva, I.J.O., 2007. Mudanças e uso das tabelas de entalpia. Available at: <<http://nupea.esalq.usp.br>>. Accessed on: Aug. 08, 2019.
- Barbosa, O.R.; Silva, R.G, 1995. Índice de conforto térmico para ovinos. *Boletim de Indústria Animal*, 52(1), 29-35.
- Barnabé, J., Pandorfi, H., Almeida, G.L., Guiselini, C., Jacob, A.L., 2015. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 19(5), 481–488. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p481-488>
- Bellinger, G., Castro, D., Mills, A., 2004. Data, information, knowledge, and wisdom. Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~amendes/SistemasInformacaoTP/TextosBasicos/Data-Information-Knowledge.pdf>>. Último acesso em: 01 de nov. de 2019.
- Beltrán-Prieto, J.C., Beltrán-Prieto, L.A., Nguyen, L.H.B.S., 2015. Estimation of psychrometric parameters of vapor water mixtures in air. *Computer Applications in Engineering Education*, 24, 39-43. <https://doi.org/10.1002/cae.21670>
- Bertocchi, L., Vitali, A., Lacetera, N., Nardone, A., Varisco, G., Bernabucci, U., 2014. Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature–humidity index relationship. *Animal*, 8(4), 667-674. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000032>
- Black, J.L., Mullan, B.P., Lorsch, M.L., Giles, L.R., 1993. Lactation in the sow during heat stress. *Livestock Production Science*, 35, 153-170.
- Bloemhof, S., Mathur, P.K.; Knol, E.F.; Van Der Waaij, E.H., 2013. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. *Journal of animal science*, 91(6), 2667-2679. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5902>
- Borges, P.H.M., Mendoza, Z.M.D.S.H., Morais, P.H.M., Santos, R.L., 2018. Sistema Automatizado de Baixo Custo para Produtores Rurais: controle e monitoramento

- do ambiente térmico na suinocultura. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, 4(2), 177-199.
- Bridi, A.M., 2010. Efeitos do ambiente tropical sobre a produção animal. Disponível em:
<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/EfeitosdoAmbienteTropicalsobreProducaoAnimal.pdf> Ultimo acesso em: 01 de nov. de 2019.
- Britto, J.F.B, 2010. Considerações sobre psicrometria. *Revista SBCCv*. 45, 35-41.
- Brown-Brandl, T.M., Nienaber, J.A., Eigenberg, R.A., Hahn, G.L., Freetly, H., 2003. Thermoregulatory responses of feeder cattle. *Journal of Thermal Biology*, 28(2), 149-157. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(02\)00052-9](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(02)00052-9)
- Buffington, D.E.; Collasso-Arocho, A.; Canton, G.H., 1981. Black globe-humidity index (ITGU) as confort equation for dairy cows. *Transactions of ASAE*, 24(3), 711-14.
- Camargo, J.R., Silva, I.J.O., Nazareno, A.C., Vieira, F., Castro, A.C., Dias, R.A., 2015. Qualidade de pintos em função do microclima, tempo de espera e idade de matrizes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(11), 1079–1085. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1079-1085>
- Camargo, T.F., Silva, R.L., Higa, M., Coutinho, M.R., Oliveira, J.C., Conceição, W.A.D.S., 2019. Monitoramento do conforto térmico em aviários mediante sistemas de aquisição de dados em tempo real. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(9), 694-701. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n9p694-701>
- Camelo, L.C.L., Lana, G.R.Q., Santos, M.J.B., Camelo, Y.A.R.P., Marinho, A.L., Rabello, C.B.V., 2015. Inclusão de farelo de goiaba na dieta de codornas europeias. *Ciência Animal Brasileira*, 16(3), 343-349.
- Cândido, M.G.L, Tinoco, I.F.F., Pinto, F.A.C., Santos, N.T., Roberti, R.P., 2016. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. *Engenharia Agrícola*, 36(5), 760-767.
- Carvalho, V.F., 2006. Modelagem e zoneamento do ambiente térmico para avaliar o desempenho de frangos de corte criados em galpões climatizados. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 77f.

- Cassuce, D.C., 2011. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 103f.
- Change, Intergovernmental Panel On Climate. Climate Change 2007: the physical science basis: summary for policymakers. Geneva: IPCC, 2007.
- Cobb., 2009. Manual de Manejo de Frangos de Corte COBB. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>> Ultimo acesso em 01 de nov. 2019.
- Collier, R.J.; Gebremedhin, K.G, 2014. Thermal biology of domestic animals. Annual Review of Animal Biosciences, 3(1), 513-532. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>
- Conceição, M.N., 2008. Avaliação da influência do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas em pastagens. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 137f.
- Costa, E.M.S.; Dourado, L.R.B.; Merval, R.R, 2012. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, 6, 1450-1454.
- Curtis, S.E, 1983. Environmental management in animal agriculture. Ames: Iowa State University Press, 650p.
- D'Ausilio, A., 2012. Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment. Behavior Research Methods, 44, 305-313. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-011-0163-z>
- Dal Piva, E., Moscati, M.C.D.L., Gan, M.A., 2008. Papel dos fluxos de calor latente e sensível em superfície associado a um caso de ciclogênese na costa leste da América do Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, 23(4), 450-476. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862008000400006>
- Dalcin, V.C., 2013. Parâmetros fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 49f.
- Dalmedico, G., Abreu, P. G., Coldebella, A., Santos Filho, J. I., 2016. Conforcalc-manual do usuário. Embrapa Suínos e Aves-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E).
- Dalólio, F.S., Moreira, J., Coelho, D.J.R., Souza, F.C., 2016. Caracterização bioclimática de um galpão experimental de criação de frangos de corte na região de Diamantina-MG. Revista Engenharia Na Agricultura, 24(1), 22-31.

- Damasceno, F.A., Yanagi Junior, T., Lima, R.R.D., Gomes, R.C.C., Moraes, S.R.P.D., 2010. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. *Ciênc. agrotec.,(Impr.)*, 34(4), 1031-1038. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400033>
- Dantas, M.R.T., Souza Junior, J.B.F., Domingos, H.G.T., Torquato, J.L., Sá Filho, G.F., Macedo Costa, L.L., 2012. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. *PUBVET*, 6, Art-1301. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v16n7.1306>
- David, N., Chima, A., Ugochukwu, A., Obinna, E., 2015. Design of a home automation system using arduino. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(6), 795-801. <https://doi.org/10.20895/infotel.v6i2.73>
- Dikmen, S., Hansen, P.J., 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92(1), 109–116. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>.
- Duan, Y., Shao, L., Hu, G., Zhou, Z., Zou, Q., Lin, Z., 2017. Specifying architecture of knowledge graph with data graph, information graph, knowledge graph and wisdom graph. In: 2017 IEEE 15th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA). IEEE, 2017. p. 327-332.
- Esmay, M.L., 1979. Principles of animal environment. *Environmental Engineering in Agriculture and Food Series*. The AVI Publishing Company, Inc. 325 p.
- Faris, D.M., Mahmood, D.M.F.M.B., 2014. Data acquisition of greenhouse using Arduino. *Journal of University of Babylon*, 22(7), 1908-1916.
- Fernandes, M.F.M.V., 2015. Desenvolvimento de um Sistema Remoto de Monitorização e Análise de Qualidade do Ambiente Interior em Edifícios. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de Lisboa - Faculdade de Ciências e Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, 132.
- Ferrari, S., Costa, A., Guarino, M., 2013. Heat stress assessment by swine related vocalizations. *Livestock science*, 151(1), 29-34.
- Ferraz, P.F.P., Yanagi Junior, T., Melo, L.F.L.D., Castro, J.D.O., Cecchin, D., 2018. Spatial and temporal distribution of enthalpy in aviary heated by industrial furnace. *Revista Ceres*, 65(4), 346-355. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201865040007>
- Ferreira, R.A., 2005. *Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos*. Viçosa: Aprenda Fácil, 371p.

- Fiebrich, C.A., Grimsley, D.L., McPherson, R.A., Kesler, K.A., Essenberg, G.R., 2006. The value of routine site visits in managing and maintaining quality data from the Oklahoma Mesonet. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 23(3), 406-416. <https://doi.org/10.1175/JTECH1852.1>
- Furlan, R.A., 2001. Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 146f.
- Garcia, P.R., 2017. Galpão freestall com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem estar animal. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 149f.
- Gonçalves, L.C., Borges, I., Ferreira, P. D. S., 2009. Alimentação de gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ -Editora, 412p.
- Google Play, 2019. Google Play Apps. Disponível em: < <https://play.google.com/store> > Acesso em: 04 fev. 2019.
- Hahn, G.L., 1985. Management and Housing of farm animals in hot environment. In: Yousef, M.K. *Stress Physiology in livestock*, cap. 2, 151-174.
- Hannas, M.I., 1999. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: *Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos*, Piracicaba. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 01-33.
- Haugen, A.J.; Moore, N.T., 2014. A model for including Arduino microcontroller programming in the introductory physics lab. *ArXiv*, 11.
- Hazen, B.T., Boone, C.A., Ezell, J.D., Jones-Farmer, L.A., 2014. Data quality for data science, predictive analytics, and big data in supply chain management: An introduction to the problem and suggestions for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 154, 72-80. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.04.018>
- Henry, B., Charmley, E., Eckard, R., Gaughan, J.B., Hegarty, R., 2012. Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop and Pasture Science*, 63(3), 191-202.

- Herbut, P., Angrecka, S., Walczak, J., 2018. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle - a review. *International journal of biometeorology*, 62(12), 2089-2097. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>
- Holik, V., 2009. Management of laying hens to minimize heat stress. *Lohmann Information*, 44(1), 16-29.
- Huber, J.T., 1990. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: ESALQ (ed.) *Bovinocultura Leiteira*, 33-48.
- Hy-Line, 2016. Guia de Manejo: W-36 poedeiras comerciais. Disponível em: <<http://fluig.hyline.com.br:8080/volume/stream/Rmx1aWc=/P3Q9MSZ2b2w9RGVmYXVsdCZpZD02NjcwJnZlcj0xMDAwJmZpbGU9SHktTGluZStXLTm2LnBkZiZjcmM9NjkwNTYyMTYwJnNpemU9My4xMTEyODkmdUIkPTMmZINJZD0xJnVTSWQ9MSZkPWZhbHNIJnRrbj0mcHVibGljVXJsPXRydWU=.pdf>>, Último acesso em: 05 de ago de 2019.
- Hy-Line, 2018. Guia de Manejo: Hy-Line Brown poedeiras comerciais. <<http://fluig.hyline.com.br:8080/volume/stream/Rmx1aWc=/P3Q9MSZ2b2w9RGVmYXVsdCZpZD02NjY5JnZlcj0xMDAwJmZpbGU9SHktTGluZStCcm93bi5wZGYmY3JjPTE0NDMzMzAzOTMmc2l6ZT00LjkzNDUyJnVJZD0zJmZTSWQ9MSZ1U0lkPTEmZD1mYWxzZSZ0a249JnB1YmxpY1VyYD10cnVI.pdf>>, Último acesso em: 05 de ago de 2019.
- Igono M.O., Bjotvedt G., Sanford-Crane H.T., 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology*, 36, 77-87.
- Ilapakurti, A.; Vuppapapati, C., 2015. Building an IoT framework for connected dairy. In: *Big Data Computing Service and Applications (BigDataService)*, 2015 IEEE First International Conference on. IEEE, 275-285.
- Johnson, H.D., 1987. *Bioclimates and livestock: Bioclimatology and the adaptation of livestock*. Elsevier Science Company Inc: New York.
- Krishnamurthi, K., Thapa, S., Kothari, L., Prakash, A., 2015. Arduino based weather monitoring system. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(2), 452-458.
- Lacetera, N., 2015. Season and temperature humidity index related changes of productive and health parameters in dairy cows and pigs. *FACCE MACSUR Reports*, 5, 5-33.

- Lara, L., Rostagno, M., 2013. Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3(2), 356-369. <https://doi.org/10.3390/ani3020356>
- Le Dividich, J.L., 1991. Effect of environmental temperature on the performance of intensively reared growing pigs. *Selezione Veterinaria*, 32, 191-207.
- Leal, P.M.; Nääs I.A., 1992. *Ambiência animal*. In: Cortez, L.A.B.; Magalhães, P.S.G. (Org.). *Introdução à engenharia agrícola*. Campinas, SP : Unicamp, 121-135.
- Leeson, S., Summers, J.D., 1997. *Commercial poultry nutrition*. Guelph: University Books, 303p.
- Liew, A., 2007. Understanding data, information, knowledge and their inter-relationships. *Journal of knowledge management practice*, 8(2), 1-16.
- Lima, K.A.O., Moura, D.J.; Naas, I.A., Perissinotto, M., 2007. Estudo da influência das ondas de calor sobre a produção de leite no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 1, 70-81. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2007v1n1p70-81>
- Liu, C.Z., Au, Y.A., Choi, H.S., 2014. Effects of freemium strategy in the mobile app market: An empirical study of google play. *Journal of Management Information Systems*, 31(3), 326-354. <https://doi.org/10.1080/07421222.2014.995564>
- Lucas, E.M.; Cruz, V.F., 1997. Efeito do clima do Alentejo no microclima das instalações para suínos. *Revista Portuguesa de Zootecnia*, 4(1), 37-52.
- Lucy, M.C., Safranski, T.J., 2017. Heat stress in pregnant sows: thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring. *Molecular reproduction and development*, 84(9), 946-956. <https://doi.org/10.1002/mrd.22844>
- Macari, M.; Furlan, R.L., 2001. *Ambiência na produção de aves de corte*. In: Silva, I.J.O. (Ed.). *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, 1, 31-87.
- Mahale, R.B., Sonavane, S.S., 2016. Smart Poultry Farm Monitoring Using IOT and Wireless Sensor Networks. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 7(3), 187-190. <https://doi.org/10.26483/ijarcs.v7i3.2665>
- Martello, L.S., Savastano Junior, H., Silva, S.L., Titto, E. A. L., 2004. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 181-191. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402013000300016>
- Mathur, P.K., Horst, P., 1994. Genotype by environment interactions in laying hens based on relationship between breeding values of sires in temperate and tropical

- environments. *Poultry Science*, 73(8), 1777-1784.
<https://doi.org/10.3382/ps.0731777>
- Medeiros, C.M.; Baêta, F.D.C.; Oliveira, R.F.M.; Tinôco, I.F.F.; Albino, L.F., Cecon, P.R., 2005. Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(4), 660-665.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000400033>
- Menegali, I., Tinôco, I.F.F., Baêta, F.C., Cecon, P.R., Guimarães, M.C.C, Cordeiro, M.B., 2009. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 984-990.
- Miyada, V.S., 1996. Fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos. In: *Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais De Aves E Suínos*, Viçosa: Rostagno, H.S., 435-446.
- Morignat, E., Gay, E., Vinard, J.L., Sala, C., Calavas, D., Hénaux, V., 2018. Impact of heat and cold waves on female cattle mortality beyond the effect of extreme temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 78, 374-380.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.11.001>
- Mostaço, G.M. Determinação da temperatura retal e frequência respiratória de suínos em fase de creche por meio da temperatura da superfície corporal em câmara climática. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícola), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 112f.
- Moura, D.J., 1999. Ventilação na suinocultura. In: Silva, I.J.O (Ed.) *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 149-179.
- Nääs, I.A., 1989. *Princípios de conforto térmico na produção animal*. São Paulo, Icone Ed., 183p.
- Nääs, I.A., 1998. Tipologia de instalações em clima quente. *Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite*, 1, 146-155.
- Nazareno, A.C., Pandorfi, H., Almeida, G.L., Giongo, P.R., Pedrosa, E. M., Guiselini, C., 2009. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(6), 802-808. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000600020>

- Nazareno, A.C., Silva, I.J.O., Nunes, M.L.A., Castro, A.C., Miranda, K.O.S., Trabachini, A., 2012. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(3), 314–319.
- Nazareno, A.C., Silva, I.J.O., Vieira, F., Camargo, J.R., Medeiros, S.R., 2013. Caracterização do microclima dos diferentes layouts de caixas no transporte de ovos férteis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 17(3), 327–332. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000300012>
- Nepomuceno, G.L., Cecchin, D., Campos, A.T., Amaral, P.I.S., Freitas, L.C.S.R., Sousa, F.A., Ferraz, P.F.P., 2018. Ambiente Térmico Em Diferentes Tipologias De Creches Para Leitões. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 12(4), 394-400. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2018v12n4p394-400>
- Nienaber, J.A., Hahn, G.L., 2007. Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*, 52(2), 149-157. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0103-x>
- Nienaber, J.A., Hahn, G.L., Yen, J.T., 1987. Thermal environment effects on growing-finishing swine, Part I-Growth, feed intake and heat production. *Transaction of the ASAE*, 30(6), 1772-1775.
- Noblet, J., Dourmad, J.Y., Dividich, J., Dubois, S., 1989. Effect of ambient temperature and addition of straw or alfafa in the diet on energy metabolism in pregnant sows. *Livestock Production Science*, 21, 309-324.
- NRC, 1981. *Nutritional energetics of domestic animals and glossary of energy terms*. Washigton: National Academy, 54p.
- Nunes, M.L., Miranda, K.O.D.S., Faria, J.M., Vieira, A., Arcaro Júnior, I., 2014. Physiological evaluation of heat stress in gestating sows under different housing systems in bedding and concrete floor. *Engenharia Agrícola*, 34(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000100001>
- Oliveira Junior, A.J., 2016. Dispositivo móvel para análise de conforto térmico e ambiência. *Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas*, 92f.
- Oliveira Júnior, A.J., Souza, S.R.L., Cruz, V.F., Vicentin, T.A., Glavina, A.S.G., 2018. Development of an android APP to calculate thermal comfort indexes on animals and people. *Computers and electronics in agriculture*, 151, 175-184. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.014>

- Oliveira, D.L., Do Nascimento, J.W., Camerini, N.L., Silva, R.C., Furtado, D.A., Araujo, T.G., 2014. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 18(11), 1186-1191. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1186-1191>
- Oliveira, M.E., 2015. Desenvolvimento de sistema automatizado de monitoramento de ambientes de produção animal, utilizando uma rede de sensores sem fio. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 56f.
- Padilla, L., Matsui, T., Kamiya, Y., Kamiya, M., Tanaka, M., Yano, H., 2006. Heat stress decreases plasma vitamin C concentration in lactating cows. *Livestock Science*, 101, 300-304. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.12.002>
- Pandorfi, H., Silva, I.J.O., Moura, D.J., Sevegnani, K.B., 2004. Análise de imagem aplicada ao estudo do comportamento de leitões em abrigo escamoteador. *Engenharia Agrícola*, 24(2), 274-284. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000200005>
- Pandorfi, H., Silva, I.J.O., Piedade, S.M., 2008. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(3), 326-332. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000300015>
- Perdomo, C.C., 1995. Avaliação de sistemas de ventilação sobre o condicionamento ambiental e o desempenho de suínos na fase de maternidade. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. Porto Alegre. 239f.
- Perdomo, C.C., Kozen, E.A., Sobestiansky, J., Silva, A.P., Correa, N.L. Considerações sobre edificações para suínos., 1985. In: Curso de atualização sobre a produção de suínos, 4, Concórdia, SC. Anais... Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves.
- Pereira, C.C.J., 2005. Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal. 1.ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 195p.
- Pham, X., Stack, M., 2018. How data analytics is transforming agriculture. *Business Horizons*, 61(1), 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.09.011>

- Polsky, L., Von Keyserlingk, M.A., 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of dairy science*, 100(11), 8645-8657. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
- Queiroz, M.L.V., Barbosa Filho, J.A.D., Lima Sales, F.A., Lima, L.R., Duarte, L.M., 2017. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. *Revista Ciência Agronômica*, 48(4), 586-595.
- Queiroz, M.L.V., Barbosa Filho, J.A.D., Vieira, F.M.C., 2012. Guia prático para a utilização de tabelas de entalpia. Available at: <http://www.neambe.ufc.br/arquivos_download/Guia%20Pratico%20de%20Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20das%20Tabelas.pdf>. Accessed on: Aug. 08, 2019
- Rehman, A.U., Asif, R.M., Tariq, R., Javed, A., 2017. GSM based solar automatic irrigation system using moisture, temperature and humidity sensors. In: 2017 International Conference on Engineering Technology and Technopreneurship (ICE2T). IEEE, 1-4.
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., Babilio, V., Gourdine, J.L., Collier, R.J., 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6(5), 707-728. <https://doi.org/10.1017/s1751731111002448>
- Ribeiro, B.P.V.B., Lanferdini, E., Palencia, J.Y.P, Lemes, M.A.G., Abreu, M.L.T., Cantarelli, V.S., Ferreira, R.A., 2018. Heat negatively affects lactating swine: a meta-analysis. *Journal of Thermal Biology*, 74, 325-330. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.015>
- Ricci, G.D., Orsi, A.M., & Domingues, P.F., 2013. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite: revisão. *Veterinária e Zootecnia*, 20, 9-18.
- Riquena, R.D.S., Pereira, D.F., Vale, M.M.D., Salgado, D.D.A., 2019. Mortality prediction of laying hens due to heat waves. *Revista Ciência Agronômica*, 50(1), 18-26. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20190003>
- Rodrigues, V.C., Silva, I.J.O., Vieira, F.M.C., Nascimento, S.T., 2011. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, 55, 455-459. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0344-y>
- Roenfeldt, S., 1998. You can't afford to ignore heat stress. *Dairy manage*, 35(5), 6-12.

- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T., Woznicki, S. A., 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>
- Ross, J.W., Hale, B.J., Gabler, N.K., Rhoads, R.P., Keating, A.F., Baumgard, L.H., 2015. Physiological consequences of heat stress in pigs. *Animal Production Science*, 55(12), 1381-1390. <https://doi.org/10.1071/AN15267>
- Rutten, C.J., Velthuis, A.G.J., Steeneveld, W., Hogeveen, H., 2013. Invited review: sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96, 1928–1952. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>
- Sanker, C., Lambertz, C., Gauly, M., 2013. Climatic effects in Central Europe on the frequency of medical treatments of dairy cows. *Animal*, 7(2), 316-321. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001668>
- Santos, R.C.; Batillani, M., Favarim, A.P.C., Cesca, R.S., Monteiro, G.S., Paula, M.O., 2019. Uso de transdutores em dispositivo para monitoramento e controle ambiental. In: Castro, J.O.; Moura, G.B.; Andrade E.T.; Lacerda, J.A.; Ferraz, P.F.P.F.; Yanagi Júnior, T. (Org.). *Anais II SIAPAS e VI SIMCRA*, 1ed. Lavras, 1, 505-514.
- Saptadi, A.H., 2014. Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22. *Jurnal Infotel*, 6(2), 49-56.
- Sevegnani, K.B., Fernandes, D.P., Silva, S.H., 2016. Evaluation of thermoregulatory capacity of dairy buffaloes using infrared thermography. *Engenharia Agrícola*, 36(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n1p1-12/2016>
- Shin, C., Hong, J., Dey, A. K., 2012. Understanding and prediction of mobile application usage for smart phones. In: *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*. ACM, 173-182.
- Silva J. 2014. *Introdução à Tecnologia de Refrigeração e Climatização*, 1ª Edição, Ed. Artliber. São Paulo, Brasil.
- Silva, I.J.O., 1999. Qualidade do ambiente e instalações na produção industrial de suínos. In: *Seminário Internacional de Suinocultura*, 4., São Paulo. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 108-325.
- Silva, I.J.O., Sevegnani, K.B., 2001. Ambiência na produção de aves de postura. In: *Silva, I. J. O. Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, 150-214.

- Silva, K.C., Campos, A.T., Junior, T.Y., Cecchin, D., Lourençoni, D., Ferreira, J.C., 2015. Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak-® em coberturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 19(1), 58-63. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p58-63>
- Silva, R.C., Nascimento, J.W.B., Oliveira, D.L., Camerini, N.L., Furtado, D.A., 2012. Força de ruptura da casca do ovo em função das temperaturas da água e do ambiente. *Revista Educação Agrícola Superior*, 27, 13-18. <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v27n01a02>
- Silva, R.G. Introdução a bioclimatologia animal. São Paulo, Nobel. 2000. 285 p.
- Silva-Miranda, K.O.D., Borges, G., Menegale, V.L.D.C., Silva, I.J.O., 2012. Efeito das condições ambientais no nível de ruído emitido por leitões. *Engenharia Agrícola*, 32(3), 435-445. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000300003>
- Sobestiansky, J., Perdomo, C.C., Oliveira, P.A.V., Oliveira, J.A., 1987. Efeito de diferentes sistemas de aquecimento no desempenho de leitões. Concórdia: Embrapa CNPSA, 3p. Comunicado Técnico 122.
- Souza, P., 2005. Avicultura e Clima Quente: Como administrar o bem-estar às aves? *Revista Avicultura Industria*, v. 1136, 1-6.
- Stowell, R.R., 2000. Heat Stress Relief and Supplemental Cooling. *Proceedings of Dairy Housing and Equipment Systems*, NRAES, Ithaca, New York, 175-185.
- St-Pierre, N.R., Cobanov, B., Schmitkey, G., 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of dairy science*, 86, E52-E77. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5)
- Teeter, R.G., Belay, T., 1996. Broiler management during acute heat stress. *Animal Feed Science and Technology*, 58(1), 127-142.
- Teles Junior, C., Tinôco, I.F.F., Souza, C.F., Vivala, M.O., 2018. Computational program to evaluate thermal comfort in animal production facilities. In: 10th International Livestock Environment Symposium (ILES X). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Thom, E.C., 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12, 57-59.
- Tinôco, I.F.F., 1998. Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, e Encontro Nacional de Técnicos, Pesquisadores e Educadores de Construções Rurais, 3, Poços de Caldas, Lavras: UFLA/SBEA, 1–86.

- Tinoco, I.F.F., 2001. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, 3(1), 01-26.
- Tinôco, I.F.F., 2004. A granja de frangos de corte. In: Mendes A.A., Nääs I.A., Macari, M. (Eds.) *Produção de frangos de corte*. Campinas. FACTA, 55-84.
- Tomé, T.C.H., Menezes, W.R., Silva, R.C., Coelho, N.O., Carneiro, E.F.S.; Lima, A.D.J., 2019. Sistema automatizado de controle e monitoramento da temperatura, umidade relativa do ar e nível de grãos em silos. In: Castro, J.O.; Moura, G.B.; Andrade E.T.; Lacerda, J.A.; Ferraz, P.F.P.F.; Yanagi Júnior, T. (Org.). *Anais II SIAPAS e VI SIMCRA*, 1ed. Lavras, 1, 156-164.
- Tonello, C.L., 2011. Validação do índice de conforto térmico e zoneamento bioclimático da bovinocultura de leite. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá. 140f.
- UBA, 2008. Protocolo de bem-estar para aves poedeiras. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/Bemestaranimal/protocolo_d_e_bem_estar_para_aves_poedeiras_final_11_07_08.pdf> Ultimo acesso em: 05 de ago de 2019.
- Umega, R., Raja, M. A., 2017. Design and implementation of livestock barn monitoring system. In: 2017 International Conference on Innovations in Green Energy and Healthcare Technologies (IGEHT). IEEE, 1-6.
- Vale, M.M.D., Moura, D.J. D., Nääs, I.D.A., Curi, T.M., Lima, K.A, 2016. Effect of a simulated heat wave in thermal and aerial environment broiler-rearing environment. *Engenharia Agrícola*, 36(2), 271-280, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p271-280/2016>
- Van Hertem, T., Rooijackers, L., Berckmans, D., Fernández, A.P., Norton, T., Vranken, E., 2017. Appropriate data visualisation is key to Precision Livestock Farming acceptance. *Computers and electronics in agriculture*, 138, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.04.003>
- Veit, H.P., Troutt, H.F., 1982. Monitoring air quality for livestock respiratory health. *Veterinary Medicine and Small Animal Clinician*, 77, 454-464.
- Vitali, A., Felici, A., Esposito, S., Bernabucci, U., Bertocchi, L., Maresca, C., Lacetera, N., 2015. The effect of heat waves on dairy cow mortality. *Journal of dairy science*, 98(7), 4572-4579. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9331>

- Wang, R.H., Liang, R.R., Lin, H., Zhu, L.X., Zhang, Y.M., Mao, Y.W., Luo, X., 2017. Effect of acute heat stress and slaughter processing on poultry meat quality and postmortem carbohydrate metabolism. *Poultry science*, 96(3), 738-746. <https://doi.org/10.3382/ps/pew329>
- Wang, Y., Chi, Z., 2016. System of wireless temperature and humidity monitoring based on Arduino Uno Platform. In: 2016 Sixth International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC). IEEE, 770-773.
- Werkheiser, I., 2018. Precision livestock farming and farmers' duties to livestock. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 31(2), 181-195. <https://doi.org/10.1007/s10806-018-9720-0>
- West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 86(6), 2131-2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
- WMO, 1989. Animal Health and Production at Extremes of Weather (Reports of the CAgM Working Groups on Weather and Animal Disease and Weather and Animal Health). Technical Note No. 191 (WMO-No. 685), Geneva.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M. J., 2017. Big data in smart farming—a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Yassin, H., Velthuis, A.G.J., Boerjan, M., Van Riel, J., 2009. Field study on broilers' first-week mortality. *Poultry science*, 88(4), 798-804. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00292>
- Yassin, H., Velthuis, A.G.J., Boerjan, M., Lourens, A., Oude Lansink, A.G.J.M., 2011. Standardized data in the broiler value chain. *Poultry science*, 90(2), 498-506. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00820>
- Yousef, M.K., 1985. Thermoneutral Zone, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 67-73.