

Zootecnia de precisão e os desafios da ambiência na produção animal no Nordeste brasileiro

Sheila Tavares Nascimento^{1*}, Vinícius França de Carvalho Fonsêca², Alex Sandro Campos Maia³, Vinícius Machado dos Santos⁴, Evandro Menezes de Oliveira⁵, João Victor do Nascimento Mós⁶

Resumo: O objetivo desse trabalho é apresentar como a zootecnia de precisão e a ambiência podem ser ferramentas úteis para a melhoria da produção animal no Nordeste brasileiro. De acordo com as previsões acerca das mudanças climáticas, o Nordeste poderá ter a temperatura média entre 0,5 a 1°C maior em 2040, o que impactará diretamente a produção agropecuária. Soma-se a isso a maior exigência por parte do mercado consumidor por produtos que garantam a segurança alimentar e condições de bem-estar aos animais. A zootecnia de precisão pode ser utilizada para o monitoramento de questões de saúde dos animais, no monitoramento em tempo real dos animais dentro das instalações, possibilitando a avaliação instantânea das condições de bem-estar, pelo controle de processos utilizando ferramentas tecnológicas, no monitoramento contínuo de variáveis fisiológicas dos animais, no desenvolvimento de modelos de predição. A ambiência, pelo estudo das variáveis meteorológicas e adequação das instalações, também pode contribuir de forma positiva a melhoria dos índices produtivos no Nordeste brasileiro. Por exemplo, a utilização de estruturas de sombreamento e sistemas que integrem painéis fotovoltaicos tem grande potencial para sistemas de criação ao ar livre e o estudo de características tipológicas ideais para a região juntamente a mensuração do equilíbrio térmico dos animais sob condições ambientais características da região podem contribuir para o incremento da produção de animais em sistemas intensivos.

Palavras-chave: biometeorologia; sistemas de produção; tecnologia; zootecnia

Precision Livestock Farming and the challenges of ambience for livestock in Brazilian Northeast

Abstract: The aim of this work is to present how precision livestock farming and ambience can be useful tools for the improvement of livestock production in Northeast Brazil. According to predictions about climate change, the Northeast could have the mean temperature between 0.5 and 1°C higher in 2040, which will directly impact agricultural production. Added to this there is a greater demand on the part of the consumer market for products that guarantee the food security and conditions of welfare to the animals. Precision livestock farming can be used to monitor animal health issues, real-time monitoring of animals within the facility, enabling

¹ Professora, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, cep 70910-900, Brasília – DF.

² Doutor, Grupo de Inovação em Biometeorologia, Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Campus de Jaboticabal, Avenida Professor Paulo Donato Castellane, cep 14884-900, Jaboticabal – SP.

³ Professor, Grupo de Inovação em Biometeorologia, Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Campus de Jaboticabal, Avenida Professor Paulo Donato Castellane, cep 14884-900, Jaboticabal – SP.

⁴ Professor, Instituto Federal de Brasília Campus Planaltina, Rodovia BF 128 - Km 21, S/N - Zona Rural Planaltina, cep 73380-900, Brasília – DF.

⁵ Mestre, Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, cep 87020-900, Maringá – PR.

⁶ Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, cep 70910-900, Brasília – DF.

* Autor para correspondência. E-mail: sheilatn@unb.br.

instant assessment of welfare conditions, control of processes using technological tools, continuous monitoring of physiological variables of the animals, in the development of prediction models. The ambience, through the study of the meteorological variables and the adequacy of the facilities, can also contribute positively to the improvement of the productive indices in the Brazilian northeast. For example, the use of shading structures and systems that integrate photovoltaic panels has great potential for outdoor breeding systems and the study of typological characteristics ideal for the region together with the measurement of the thermal equilibrium of the animals under characteristic environmental conditions of the region may contribute to the increase of the production of animals in intensive systems.

Key words: animal science; biometeorology; production systems; technology

Introdução

Em meados de 2017 a população mundial era de aproximadamente 7,6 bilhões de habitantes. As estimativas fornecidas pelo relatório das Nações Unidas (2017) apontam uma projeção de crescimento em torno de 8,5, 9,7 e 11,8 bilhões de pessoas respectivamente para os anos de 2030, 2050 e 2100, com maior crescimento nos países em desenvolvimento. Esses dados implicam diretamente numa maior demanda por alimentos e, conforme apontado por relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2001), 70% dessa população concentrar-se-á em áreas urbanas, e, portanto, seria necessário aumentar a produção de grãos de 2,1 para 3 bilhões de toneladas por ano e produtos de origem animal de 200 para 470 milhões de toneladas/ ano até 2050.

Frente a isso, o Brasil desponta como um grande potencial em relação ao aumento da produção de alimentos, onde hoje se destaca como grande exportador de grãos e de carne avícola e bovina. O aumento da produção brasileira deve atentar-se a utilização de práticas a fim de se garantir a sustentabilidade, como tratamento de dejetos, a recuperação de áreas degradadas, o incentivo a sistemas de produção como integração lavoura-pecuária-floresta e utilização de fontes renováveis de energia (Visão 2030: o futuro da

Agricultura brasileira, EMBRAPA, 2018). Soma-se a isso a crescente demanda do mercado consumidor por produtos seguros, que causem baixo impacto no meio ambiente, que se relacionem diretamente a uma vida saudável e que, os animais tenham sido mantidos durante todo o ciclo de criação e o abate em condições que atendam diretamente aspectos relacionados ao bem-estar animal.

Outra questão relevante que pode interferir na produção agrícola brasileira é a discussão acerca das mudanças climáticas. Estudos conduzidos pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014) alertam que se a emissão de gases do efeito estufa continue aumentando às taxas anuais, a temperatura média do planeta poderá ser em torno de 4,8°C maior em 2100 em comparação a 2010; ou, um aumento entre 0,7 a 1,3°C no cenário mais otimista para o ano de 2100, considerando que ocorra uma redução na emissão dos gases. A agropecuária contribui em torno de 37% de todas as emissões brasileiras, de acordo com o Relatório do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2014), e, portanto, os animais, especialmente os ruminantes contribuem para a emissão de gases, principalmente o metano produzido a partir da fermentação entérica, e também não se pode desconsiderar que são seres que sofrem os efeitos do aumento dos gases. Somado a isso, tem-se a radiação solar como um dos principais fatores

que contribuem para o desconforto dos animais em regiões tropicais, e valores médios em torno de 790 W m⁻² são observados na região Nordeste brasileira (Da Silva, 2010).

Conseqüentemente, estudos que relacionem o equilíbrio térmico dos animais mantidos em regiões com elevado nível de radiação, associado a utilização de ferramentas que causem a menor perturbação possível nos animais e que quantifique variáveis fisiológicas em tempo real são fundamentais para o desenvolvimento de sistemas de ambiência e adequação do sistema de criação de animais com interesse zootécnico. E com isso, levantam-se alguns questionamentos: quais os principais desafios ambientais a ser enfrentado pelo Brasil nas próximas décadas? Como o Brasil, e especialmente a região Nordeste, poderá aumentar a produtividade dos animais de interesse zootécnico? Como e quais ferramentas tecnológicas, de inovação e sistemas de climatização podem contribuir para estes aspectos?

Baseado nessas informações, o objetivo desse trabalho é apresentar como a zootecnia e a ambiência podem ser ferramentas úteis para a melhoria da produção animal no Nordeste brasileiro.

O Nordeste Brasileiro

Aspectos meteorológicos

Na região Nordeste identifica-se três climas predominantes (Alvares et al., 2013): tropical, semi-árido e equatorial úmido, com temperatura do ar anual média entre 20° e acima de 26°C, além de baixa precipitação anual e não-uniformemente distribuída ao longo dos doze meses do ano. Pela proximidade em relação à linha do Equador, há uma elevada e constante incidência de radiação na região. Da Silva (2010) observou valores acima de 800 W m⁻² para localidades em torno de 5° latitude Sul entre 10:00 e 13:00h, o que é um indicativo de que os animais

terão que utilizar ajustes fisiológicos como tentativas de manter a termorregulação, principalmente em sistemas de criação ao ar livre, onde a quantidade de radiação absorvida é um fator importante interferindo no equilíbrio térmico.

Devido ao cenário apresentado pelo IPCC (2015) em relação ao aumento da temperatura no planeta entre 1,8° e 4,0°C, estudo realizado por Machado Filho et al. (2016) descrevem que os pequenos produtores deverão adaptar-se às mudanças, pela aplicação de técnicas inovadoras e planejamento.

Produção animal

A região Nordeste contribui com aproximadamente 13% da produção animal brasileira, e comparativamente as regiões Sudeste e Sul somadas representam mais de 70% de toda a produção brasileira (Relatório Pecuária na região Nordeste: 2000 a 2014, Banco do Nordeste, 2015). Castro (2013) apontam como desafios para o desenvolvimento das atividades agrícolas na região os efeitos do clima, principalmente a seca, que levam a uma deterioração do solo e água, acarretando em problemas de desertificação.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) apontam que a região Nordeste do Brasil apresentou uma redução em relação aos rebanhos bovino (2,1%) e de 10,2% o número de vacas ordenhadas. Porém, a análise sobre a participação da região para a agropecuária apresenta dados bastante expressivos: o Nordeste é responsável por 93% do rebanho caprino, 63% do ovino, 14,6% do número de suínos, 11,4% a produção leiteira, 26,1% a produção de mel, 18,8% a produção de ovos e 11,6% de frangos de corte brasileiros, com especial destaque para os estados de Pernambuco, Bahia e Ceará. Melhorias significativas nas áreas de nutrição, manejo, sanidade e melhoramento genético contribuem para a evolução das cadeias de produção zootécnicas, mas destaca-se que para a região Nordeste ainda

existem diversas limitações em relação a logística de distribuição de matérias-primas para a fabricação de ração (principalmente para animais monogástricos) e questões diretamente atreladas a adequação das instalações e sistemas de climatização nas instalações. Com isso, para animais criados em sistemas ao ar livre, devem ser estudadas formas de fornecimento de sombreamento, seja natural ou artificial; e para animais criados em galpões, a adequação de sistemas de ventilação, resfriamento evaporativo, proteção contra a incidência de radiação refletida. Para ambos os casos, deve-se atentar para a escolha adequada da densidade de alojamento dos animais, de acordo com as características tipológicas das instalações, em consonância com as raças/ linhagens que tenham melhores características produtivas para os diversos sistemas de criação e levando-se em consideração princípios de conforto térmico e bem-estar animal, além da aplicação de ferramentas tecnológicas características da zootecnia de precisão.

Zootecnia de precisão: o que é e pra que serve?

Zootecnia de precisão, do termo em inglês “*Precision livestock farming*” pode ser definida como o manejo da produção animal utilizando princípios e tecnologia de engenharia de processos. Com isso, sensores inteligentes podem ser utilizados na pecuária (Wathes et al., 2008), ou ainda pelo uso da tecnologia da informação, microeletrônica, técnicas de modelagem, monitoramento por imagens, sensores e atuadores, que possam favorecer a acurácia das pesquisas e o desenvolvimento de sistemas especialistas para tomada de decisão, com o objetivo de reduzir perdas e aumentar o controle acerca do sistema produtivo (Pandolfi et al., 2012).

Wathes et al. (2008) descrevem os componentes chave da zootecnia de precisão com o objetivo de descrever processos biológicos dos animais (Figura 1), onde a partir da observação de variáveis ambientais

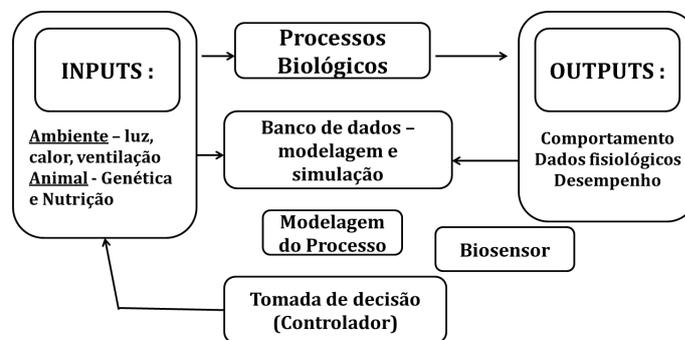


Figura 1. Componentes chave da Zootecnia de Precisão para controle de processos biológicos. Adaptado de Wathes et al. (2008).

como luz, calor, ventilação e atributos genéticos e de nutrição animal, consegue-se descrever fenômenos biológicos e relacionadas a variáveis comportamentais, fisiológicas e de desempenho zootécnico. O sucesso do processo depende da existência de bancos de dados que sejam suficientes para a modelagem dos processos e simulação, para averiguação da eficácia e poder de predição. Portanto, são aplicadas ferramentas para a modelagem dos processos, como mineração de dados, redes neurais artificiais, lógica *fuzzy*, modelagem matemática computacional. O animal, portanto, atua como um biosensor, e a sua resposta, seja fisiológica, comportamental ou de desempenho, passa a ser utilizada para a tomada de decisões, e conseqüentemente, torna-se possível ajustes nos sistemas de ambiência das instalações ou aspectos nutricionais, por exemplo.

Portanto, a partir das ferramentas tecnológicas aplicadas pela zootecnia de precisão pode-se criar um sistema de gerenciamento em tempo real e o controle de aspectos produtivos, reprodutivos, saúde e bem-estar animal e dos impactos ambientais se torna possível, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção (Berckmans, 2014).

Aplicações da zootecnia de precisão

A zootecnia de precisão pode ser utilizada para o monitoramento de questões de saúde dos animais, no monitoramento em tempo real dos animais

dentro das instalações, possibilitando a avaliação instantânea das condições de bem-estar, pelo controle de processos utilizando ferramentas tecnológicas, no monitoramento contínuo de variáveis fisiológicas dos animais, no desenvolvimento de modelos de predição, como serão exemplificados a seguir.

Monitoramento de condições de saúde e bem-estar dos animais em tempo real

Aydin et al. (2014) desenvolveram um algoritmo para prever a ingestão de ração por frangos de corte a partir da associação com a frequência de bicadas das aves, utilizando um microfone acoplado ao comedouro. Os autores observaram uma alta correlação entre as duas variáveis, o que mostra o potencial para que seja utilizado em granjas automatizadas, evitando o desperdício de ração.

Análise de som também pode ter aplicações na detecção de doenças respiratórias em suínos (Ferrari et al., 2008), em bovinos (Carpentier et al., 2018) ou para detecção de anomalias no ciclo estral de vacas leiteiras (Chung et al., 2013).

O monitoramento por câmeras em tempo real torna-se uma ferramenta de decisão importante nos sistemas de criação. Por exemplo, a avaliação de imagens de frangos de corte, pela quantificação da densidade de alojamento em diferentes pontos do galpão, pode estar diretamente associada a problemas de estresse térmico (se for detectada uma área específica do galpão com baixa densidade de animais), conforme descrito por Aydin et al. (2010).

Acelerômetros podem ser utilizados para avaliações comportamentais de vacas leiteiras com problemas de claudicação, que é um dos maiores problemas de bem-estar na bovinocultura de leite (Kokin et al., 2014), em que o tempo dispendido pelos animais deitados e em pé se relacionam diretamente com a doença, demonstrando que animais acometidos por problemas nas patas e cascos permanecem maior tempo em pé

e tem menor movimentação dentro das instalações, podendo ser utilizado como um parâmetro visual para detecção e tratamento precoce de animais. Maertens et al. (2011) desenvolveram uma passarela com sensores que detectam a pressão que as vacas aplicam para andar, assim como o número de passos e a distância entre eles, que identifica individualmente animais que possam estar com problemas de locomoção, sendo uma ferramenta útil durante o manejo dos animais e a possibilidade de se tomar uma rápida decisão, melhorando o bem-estar animal.

Simão (2017) utilizou modelagem 3D para aferição da massa e volume corporal de bovinos e ovinos, o que diferiu significativamente de equações empíricas propostas na literatura. Os resultados do autor são indicativos de que trabalhos que estimem a transferência de calor entre os animais e o ambiente devem considerar uma aproximação a mais realista possível das medidas corporais dos indivíduos, e que a atual aplicação, aproximando o formato corporal dos animais à figuras geométricas, como no caso de animais quadrúpedes, cilindros horizontais, subestimam as trocas de calor. Aplicações de imagens 3D podem ser utilizadas para a aferição do peso corporal de suínos (Kongsro, 2014), testado para animais de diferentes idades e linhagens. Na avicultura, plataformas para pesagem das aves já foram testadas, espalhadas em diferentes pontos do galpão, porém nota-se que animais mais pesados evitam subir na plataforma; dessa forma, a análise por imagens 3D podem ser interessantes, e com excelente acurácia e poder de predição do peso dos animais (Mortensen et al., 2016).

A modelagem computacional vem sendo amplamente utilizada para a determinação de modelos de predição na zootecnia de precisão, por meio de técnicas como mineração de dados, redes neurais artificiais, lógica *fuzzy*. São cada vez mais exigidas técnicas de refinamento, aprendizagem e modelagem,

devido ao grande volume de dados gerados, o que requer maior atenção na seleção e refinamento das informações coletadas e seleção de dados tanto para o treinamento do sistema quanto para a validação dos modelos propostos (Morota et al., 2018). A aplicação de *machine-learning* foi aplicada para a aferição de variáveis comportamentais de bovinos de leite durante o pré-parto, quantificando tempo de ruminção, locomoção, postura corporal (Borchers et al., 2017). Pandorfi et al. (2007) aplicou a teoria dos conjuntos *fuzzy* para inferir variáveis meteorológicas e comparar baias individuais e coletivas para determinação de condições de conforto durante a fase de gestação de matrizes suínas.

As redes neurais artificiais têm aplicação na predição de temperatura corporal de frangos de corte (Ponciano et al., 2012), de bovinos da raça Holandês juntamente com a frequência respiratória (Bedoya et al., 2014), e Gorczyca et al. (2018) desenvolveram algoritmos utilizando *machine learning* para a predição das temperaturas retal, da epiderme e do pelame de leitões a partir de dados meteorológicos.

Com o intuito de desenvolver ferramentas para a mensuração de variáveis fisiológicas de animais de produção em condições de campo, Milan et al. (2016) construíram um equipamento para a aferição da frequência respiratória de bovinos, construído com material resistente e leve, preso no pescoço do animal e mantido próximo às narinas. O equipamento proposto apresentou excelentes resultados e comprovando a sua viabilidade para quantificação da condição de conforto térmico de animais em sistemas a pasto.

A partir dessas informações, nota-se que a zootecnia de precisão contribuiu de forma efetiva para o desenvolvimento de modelos de predição relacionados ao conforto térmico, ao comportamento e bem-estar e na mensuração de variáveis fisiológicas e aspectos de saúde dos animais. Para regiões com clima predominantemente tropical, como no

Nordeste brasileiro, agrega-se a essas ferramentas a necessidade de se estudar e avaliar os impactos e desafios ambientais e quais formas eles podem ser minimizados.

Desafios relacionados à Ambiência no Nordeste brasileiro

Reforçando as tendências em relação ao aumento populacional e conseqüente aumento da demanda de alimentos, e que com uma população cada vez mais exigente, esses alimentos devem ter alta qualidade e com garantias de segurança alimentar; soma-se a isso, uma população mais consciente acerca de princípios que garantam o consumo de alimentos oriundos de animais criados e abatidos em atendimento as normativas de bem-estar animal. O Brasil se destaca como um dos países com grande potencial para o crescimento da produção de alimentos (OECD, 2011), mas considerando-se o exposto anteriormente sobre as mudanças climáticas, os fatores ambientais podem ser um grande limitante deste processo. Desta forma, estudos que relacionem o equilíbrio térmico, o comportamento e o bem-estar dos animais de interesse zootécnico devem ser estudados a fim de se propor sistemas de criação que permitam um máximo desempenho associado a boas condições de criação.

A ambiência pode ser definida como o meio em que o animal vive, isto é, tudo o que rodeia os seres vivos. A ambiência, portanto, é um dos fatores a serem considerados na avaliação do bem-estar animal, e não o contrário (Vieira & Silva, 2012). As cinco liberdades propostas pelo Comitê Brambell (1973), descritas por Molento (2006) como liberdade nutricional, liberdade sanitária, liberdade comportamental, liberdade psicológica e liberdade ambiental, vê nesta última a inclusão da adequação das instalações as quais os animais são mantidos.

Podem ser avaliadas as variáveis meteorológicas, como temperatura do ar, velocidade do vento, umidade

relativa, radiação de ondas curtas; a adequação das instalações, com relação ao tipo de piso, materiais utilizados para cobertura do telhado, tipo de cama, tamanho das baias, eficiência de sistemas de ventilação. Tanto as variáveis meteorológicas quanto a adequação das instalações interferem nas respostas fisiológicas e no desempenho dos animais.

Estimativas do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2012) apontam um aumento da temperatura média do Nordeste brasileiro entre 0,5° e 1°C até o ano de 2040. A temperatura média da região é de 25,1°C, com oscilações entre 26,8°C para o estado do Maranhão e 23,9°C para a Bahia (Araújo et al., 2014). Acrescentado a isso, os altos níveis de radiação na região, com média acima de 790 W m⁻² (Da Silva, 2010) são fatores desafiadores para a criação de animais com alto potencial genético, uma vez que a exposição dos animais a condições ambientais fora da zona de conforto térmico impactam diretamente no desempenho zootécnico, pois há menor ingestão de alimentos e desvio de energia para a manutenção da temperatura corporal, além da ativação de mecanismos de controle térmico comportamentais e fisiológicos para tal fim.

Uma alternativa a esses fatores apontados acima é a criação de animais que apresentam maior adaptabilidade ao clima, para sistemas de criação ao ar livre, como, por exemplo, de ovinos da raça Morada Nova, conforme descrito por Fonsêca et al. (2014). Estudo com caprinos SRD (Maia et al., 2015) demonstraram que esses animais diminuem a taxa metabólica em níveis de radiação solar acima de 800 W m⁻², e que animais pretos absorvem duas vezes mais energia em comparação a animais brancos, independente da permanência a sombra ou ao sol; mas essa maior absorção reflete numa maior dissipação de calor via convecção a partir da superfície corporal dos animais pretos, não sendo caracterizado como uma desvantagem. Animais de raças nativas

(ou naturalizados) adquiriram características de rusticidade para se adaptarem a condição semi-árida do Nordeste brasileiro, como diminuição das características produtivas, aumento da resistência ao calor e a ecto e endoparasitas. Cruzamentos com animais nativos são uma alternativa para a criação de animais em sistemas extensivos ou semi-extensivos no Nordeste, e, assim, animais provenientes desses cruzamentos podem associar genes favoráveis a uma elevação na produção de leite ou carne com características de rusticidade, independente do sistema de criação adotado (Araújo et al., 2015).

A utilização de painéis fotovoltaicos é uma ferramenta que deve ser considerada na região Nordeste, pois além do aproveitamento da geração de energia elétrica por uma fonte renovável e abundante durante todo o ano, o produtor pode associar ao fornecimento de sombra aos animais. Resultados de Maia et al. (2018; dados não publicados) descrevem que ovinos da raça Corriedale utilizam o sombreamento fornecido pelos painéis fotovoltaicos nas horas mais quentes do dia, que correspondem aos horários com maior produção de energia elétrica, e que, além disso, o tempo de retorno do investimento para o estado de São Paulo seria de aproximadamente 7 anos com uma redução de pouco mais de 20 toneladas de dióxido de carbono emitida para a atmosfera.

Para animais criados em sistemas intensivos, como na avicultura e suinocultura, por exemplo, os desafios relacionam-se a distância dos principais centros produtores de insumos, como milho e farelo de soja para a fabricação de rações. Em relação a ambiência, os desafios concentram-se na definição de tipologias construtivas para a região, assim como a adequação das instalações para a realidade do Nordeste brasileiro (Brasil e Barbosa Filho, 2012), como pé direito, largura, comprimento e padronização dos galpões para a realidade do semi-árido nordestino, além de estudos que avaliem a eficácia de métodos

de sombreamento artificial e posicionamento de ventiladores e nebulizadores. A inclusão de estudos acerca do equilíbrio térmico de linhagens com potencial de serem criadas no Nordeste também são fundamentais, pois se agregaria a esses fatores, variáveis fisiológicas e comportamentais dos animais, e utilizando essas respostas em modelos matemáticos de predição da condição de conforto para cada estado e cada condição ambiental.

Estudos realizados com o desenvolvimento de protótipos de baixo custo e que permitam a avaliação de respostas fisiológicas e comportamentais de animais em tempo real, não invasivos e sob diferentes condições de temperatura e umidade como proposto por Fonsêca (2017) e outros que envolvem a técnica da calorimetria indireta descritos por Nascimento et al. (2017), Costa et al. (2018), Fonsêca et al. (2014), Maia et al. (2016) tem enorme potencial e contribuição, pois a partir desses estudos, consegue-se estudar quais mecanismos as diferentes espécies, raças, linhagens utilizam para a manutenção da homeotermia em condições ambientais distintas, servindo como base para o desenvolvimento e/ou o aperfeiçoamento de sistemas de climatização que consideram o animal como um biosensor, indo de encontro à proposta da aplicação da zootecnia de precisão.

Considerações Finais

O Nordeste brasileiro tem enorme potencial em relação a produção animal, porém, deve-se atentar a variáveis meteorológicas e quais os impactos sobre a produtividade e aspectos fisiológicos e comportamentais dos animais. Para amenizar o estresse térmico provocado pela associação entre elevados níveis de radiação e temperatura do ar, estudos que avaliem a ambiência das instalações e sistemas de criação precisam ser amplamente realizados na região. Além disso, a zootecnia de precisão, através

de ferramentas tecnológicas, computacionais e acessíveis nos últimos anos podem ser úteis e valiosas para incrementar a produção animal nordestina.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, P.H.C.; SILVA, F.F.; GOMES, M.F.M. et al. Uma análise do impacto das mudanças climáticas na produtividade agrícola da região Nordeste do Brasil. *Rev. Econ. NE*, v. 45, n. 3, p. 46-57, jul-set., 2014.
- AYDIN, A.; CANGAR, O.; EREN OZCAN, S., et al. Application of a fully automatic analysis tool to assess the activity of broiler chickens with different gait scores. *Computers and Electronics in Agriculture*, 73:194–199, 2010.
- AYDIN, A.; BAHR, C.; VIAZZI, S. et al. A novel method to automatically measure the feed intake of broiler chickens by sound technology. *computers and Electronics in Agriculture*, 101, p. 17–23, 2014.
- SIMÃO, B.R. Determinação de área, volume e massa em animais de interesse zootécnico. Jaboticabal: UNESP, 2017. 81f. Tese (Doutorado).
- MILAN, H.F.M.; MAIA, A.S.C.; GEBREMEDHIN, K.G. Technical note: Device for measuring respiration rate of cattle under field conditions. *Journal of Animal Science*, v. 94, n.12, p. 5434–5438, 2016.
- MOROTA, G.; VENTURA, R.V.; SILVA, F.F. et al. Machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture. *Journal of Animal Science*, v.96, n.4, p.1540-1550, 2018.
- FONSÊCA, V.C.; SARAIVA, E.P.; MAIA, A.S.C. et al. Models to predict both sensible and latent heat transfer in the respiratory tract of Morada Nova sheep under semiarid tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, v.61, n.5, p. 777-784, 2017.
- CHUNG, Y.; LEE, J.; OH, S. et al. Automatic Detection of Cow's Oestrus in Audio Surveillance

- System. Asian-Australas. Journal of Animal Science, v.26, n.7, p.1030–1037, 2013.
- BORCHERS, M.R.; CHANG, Y.M.; PROUDFOOT, K.L. et al. Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n.7, p.5664-5674, 2017.
- MORTENSEN, A.K.; LISOUSKI, P., AHRENDT, P. Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. *Computers and Eletronics in Agriculture*, v. 123, p. 319-326, 2016.
- KONGSRO, J. Estimation of pig weight using a Microsoft Kinect prototype imaging system. *Computers and Eletronics in Agriculture*, v. 109, p. 32-35, 2014.
- BERCKMANS, D. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, v.33, n.1, p.189-196, 2014.
- MAERTENS, W.; VANGEYTE, J.; BAERT, J. et al. Development of a real time cow gait tracking and analysing tool to assess lameness using a pressure sensitive walkway: The GAITWISE system. *Biosystems Engineering*, v. 100, p. 29-39, 2011.
- KOKIN, E.; PRAKS, J.; VEERMAE, I. et al. IceTag3D™ accelerometric device in cattle lameness detection. *Agronomy Research*, v.12, n.1, p. 223–230, 2014.
- CARPENTIER, L.; BERCKMANS, D.; YOUSSEF, A. et al. Automatic cough detection for bovine respiratory disease in a calf house. *Biosystems Engineering*, v. 173, p. 45-56, 2018.
- FERRARI, S.; SILVA, M.; GUARINO, M. et al. Cough sound analysis to identify respiratory infection in pigs. *Computers and Eletronics in Agriculture*, v.64, p. 318-325, 2008.
- PONCIANO, P.F.; YANAGI JUNIOR, T.; LIMA, R.R. et al. Adjust of regression models to estimate the rectal temperature of broilers for the first 14 days of life. *Eng. Agríc.*, v.32, n.1, 2012.
- FONSÊCA, V.F.C.; SARAIVA, E.P.; PIMENTA FILHO, E.C. et al. Influence of the climatic environment and duration of labor on the mother-offspring interaction in Morada Nova sheep. *Journal of Animal Science*, v. 92, p.4123–4129, 2014.
- MAIA, A.S.C.; NASCIMENTO, S.T.; NASCIMENTO, C.C.N. et al. Thermoregulatory responses of goats in hot environments. *Int J Biometeorol.*, v.59, n.8, p.1025-33, 2015.
- BRASIL, D.F.; BARBOSA FILHO, J.A.D. A avicultura e a ambiência na região Nordeste do Brasil. Disponível em: < <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=26143&secao=Colunas%20e%20Artigos>>. Acesso em: 15 de outubro de 2018.
- WATHES, C.M.; KRISTENSEN, H.H.; AERTS, J.M. et al. Is precision livestock farming an engineer’s daydream or nightmare, an animal’s friend or foe, and a farmer’s panacea or pitfall? *Computers and electronics in agriculture*, v.64, p. 2–10, 2008.
- PANDORFI, H; ALMEIDA, G.L.P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.13, n.2, p.558-568, 2012.
- PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; GUISELINI, C. et al. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.1, p.83-92, 2007.
- MAIA, A.S.C.; NASCIMENTO, S.T.; NASCIMENTO, C.C.N. et al. Thermal equilibrium of goats. *J Thermal Biology*, v.58, p.43-9, 2016.
- NASCIMENTO, S.T.; MAIA, A.S.C.; GEBREMEDHIN, K.G. et al. Metabolic-heat production and evaporation of poultry. *Poultry Science*, 2017.
- COSTA, C.C.M.; MAIA, A.S.C.; BROWN-BRANDTL, T. et al. Thermal equilibrium of Nellore cattle in tropical conditions: an investigation of circadian pattern. *J Thermal Biology*, v.74, p.317-324, 2018.

- ARAÚJO, A.A.; SALLES, M.G.F.; SOUZA, P.T. et al. Raças caprinas e cruzamentos para o Nordeste do Brasil. *Ciência Animal*, v.25, n.1, p.167-172, 2015.
- MOLENTO, C.F.M. Repensando as Cinco Liberdades. n: __ I Congresso Internacional Conceitos de Bem-estar Animal, Rio de Janeiro, Anais (Resumo), 2006.
- IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 582p, 2012.
- MAIA, A.S.C.; CULHARI, E.A.; FONSÊCA, V.F.C. et al. Photovoltaic panels: A preliminary investigation on shade use by sheep and electrical energy output (dados não publicados), 2018.
- VIEIRA, F.; SILVA, I.J.O. Ambiência e bem-estar animal. Disponível em < <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/ambiencia-nao-e-bemestar-animal-83143n.aspx>>. Acesso em 12 de outubro de 2018.
- OECD/FAO, OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020, OECD Publishing and FAO, 2011.
- BEDOYA, O.D.M.; YANAGI JUNIOR, T.; PIRES, M.F.A. et al. Fuzzy system to predict physiological responses of Holstein cows in southeastern Brazil. *Rev Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v.28, n.1, 2015.
- GORCZYKA, M.T.; MILAN, H.F.M.; MAIA, A.S.C. et al. Machine learning algorithms to predict core, skin, and hair-coat temperatures of piglets. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.151, p. 286-294, 2018.
- IBGE. Censo Agropecuário 2017 – Resultados preliminares. Disponível em < https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html>. Acesso em 8 de outubro de 2018.
- CASTRO, C.N. A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. *Boletim regional, urbano e ambiental* v.2, p.77-89, 2013.
- BANCO DO NORDESTE. PECUÁRIA NA REGIÃO NORDESTE – 2000 A 2014. Disponível em < https://www.bnb.gov.br/documents/88765/89729/Pecuaria_Nordeste_2000_2014.pdf/6461aedf-39c2-4502-9d83-f758ffe0352c>. Acesso em 14 de outubro de 2018.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* v.22, p. 711-728, 2013.
- DA SILVA, R.G.; GUILHERMINO, M.M.; MORAIS, D.A.E.F. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. *International Journal of Biometeorology*, v.54, p. 5-11, 2010.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, 2ª ed., 2014.
- IPCC. Summary for Policymakers, [in:] *Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
- EMBRAPA. Visão 2030: O futuro Agricultura brasileira. Brasília, DF, 214p, 2018.
- FAO. Food, agriculture and cities. Disponível em < <http://www.fao.org/3/a-au725e.pdf>>. Acesso em 2 de outubro de 2018.
- United Nations. World Population Prospects, 2017. Disponível em < <https://population.un.org/wpp/Publications/>>. Acesso em 5 de outubro de 2018.