

Uso de árvores de decisão a partir do Índice de Temperatura de Globo e Umidade para mitigar estresse calórico em poedeiras leves

Use of decision trees from the Globe Temperature and Humidity Index to mitigate heat stress in light laying hens

Uso de árboles de decisión del Índice De Temperatura Del Globo Negro y Humedad para mitigar el estrés por calor em gallinas ponedoras ligeras

Recebido: 16/03/2021 | Revisado: 26/03/2021 | Aceito: 29/03/2021 | Publicado: 08/04/2021

Maria Elena Silva Montanhani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1987-7366>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: maria.montanhani@gmail.com

Érik dos Santos Harada

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9851-2722>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: erik.harada8@gmail.com

Mario Mollo Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8341-4190>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: mario.mollo@unesp.br

Silvia Regina Lucas de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9575-4355>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: silvia.souza@unesp.br

Ricardo da Fonseca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1163-6296>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: ricardo.fonseca@unesp.br

Leda Gobbo de Freitas Bueno

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8188-0000>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: leda.bueno@unesp.br

Resumo

A avicultura de postura se encontra em constante evolução, com uso de tecnologias que ajudam o produtor a obter melhores produtividades e, aliado a isso, o comprometimento com o bem-estar das aves. Um dos fatores ambientais que afetam diretamente essas questões é o estresse calórico que pode afetar as aves devido a ondas de calor. Para a mitigação desses efeitos negativos é realizado o monitoramento bioclimático, esse levantamento pode ser destinado a análises que fornecerão uma melhor visualização, como é o caso da mineração de dados que gera árvores de decisão. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi desenvolver árvores de decisão com o uso da ferramenta de mineração de dados, como subsídio para sistemas de alerta a partir do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), mitigando os danos que podem ser causados por extremos climáticos na produção e qualidade de ovos de poedeiras. Para tal, foi utilizado um conjunto de dados de três aviários localizados na cidade de Bastos-SP, coletados na estação do verão de 2013/2014, esses dados foram selecionados e organizados em planilhas *Excel*[®] e calculado o ITGU, classificando em faixas de conforto, após processados com o *software Weka*[®] com algoritmo J48 (C4.5) realizando a mineração dos dados. As árvores de decisão geradas para cada um dos aviários demonstraram um comportamento parecido, com dois ramos classificando em confortável ou quente, sendo que, o valor de ITGU foi muito próximo se diferindo apenas nas casas decimais. Para os aviários A1 e A2 foram obtidos coeficientes *Kappa* excelentes, já no A3 este coeficiente não obteve uma boa classificação.

Palavras-chave: Avicultura de postura; Extremos climáticos; Mineração de dados; Produção de ovos; Sustentabilidade.

Abstract

Laying poultry is constantly evolving, with the use of technologies that help the producer to obtain better productivity and, allied to this, the commitment to the welfare of the birds. One of the environmental factors that directly affect these issues is the heat stress that can affect birds due to hot flashes. To mitigate these negative effects, bioclimatic

monitoring is carried out, this survey can be used for analyzes that will provide a better view, as is the case with data mining that generates decision trees. Therefore, the objective of this study was to develop decision trees using the data mining tool, as a subsidy for warning systems from the Black Globe Temperature and Humidity Index (BGTHI), mitigating the damage that can be caused by climatic extremes in the production and quality of laying eggs. For this purpose, a data set of three aviaries located in the city of Bastos-SP, collected in the summer season of 2013/2014, was used. These data were selected and organized in Excel[®] spreadsheets and the BGTHI was calculated, classifying them in comfort bands, after being processed with the Weka[®] software with J48 algorithm (C4.5) performing data mining. The decision trees generated for each aviary showed a similar behavior, with two branches classified as comfortable or warm, and the BGTHI value was very close, differing only in decimal places. For aviaries A1 and A2 excellent *Kappa* coefficients were obtained, whereas in A3 this coefficient did not obtain a good classification.

Keywords: Laying poultry farming; Climatic extremes; Data mining; Egg production; Sustainability.

Resumen

La puesta de aves de corral está en constante evolución, con el uso de tecnologías que ayudan al productor a obtener una mejor productividad y, aliado a ello, el compromiso con el bienestar de las aves. Uno de los factores ambientales que afectan directamente estos problemas es el estrés por calor que puede afectar a las aves debido a los sofocos. Para mitigar estos efectos negativos, se realiza un monitoreo bioclimático, esta encuesta se puede utilizar para análisis que brinden una mejor visión, como es el caso de la minería de datos que genera árboles de decisión. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue desarrollar árboles de decisión utilizando la herramienta de minería de datos, como un subsidio a los sistemas de alerta del Índice de Globo de Temperatura y Humedad (IGTH), mitigando el daño que pueden causar los extremos climáticos en la producción y calidad de poner huevos. Para ello se utilizó un conjunto de datos de tres aviarios ubicados en la ciudad de Bastos-SP, recolectados en la temporada de verano de 2013/2014, estos datos fueron seleccionados y organizados en planillas *Excel*[®] y se calculó el IGTH clasificándolos en bandas de confort, luego de ser procesado con el *software Weka*[®] con algoritmo J48 (C4.5) realizando minería de datos. Los árboles de decisión generados para cada aviario mostraron un comportamiento similar, con dos ramas clasificadas como cómodas o cálidas, y el valor de IGTH fue muy cercano, difiriendo solo en decimales. Para los aviarios A1 y A2 se obtuvieron excelentes coeficientes *Kappa*, mientras que en A3 este coeficiente no obtuvo una buena clasificación.

Palabras clave: Avicultura ponedora; Extremos climáticos; Procesamiento de datos; Producción de huevos; Sustentabilidad.

1. Introdução

Discussões relacionadas ao bem-estar dos animais em condições intensivas assumirão um papel cada vez mais importante no contexto da produção mundial. Segundo Pereira (2011) o conhecimento e o controle do microclima das instalações de produção são fatores responsáveis pelo sucesso. O bem-estar é exigido em muitos mercados internacionais para a comercialização, e agrega valor ao produto.

O sistema de produção da avicultura é realizado em pequenas áreas, por se tratar de aviários (ambientes artificiais), com produção intensiva, onde grandes quantidades de aves são criadas em pequenos espaços. Devido a isso, essa atividade de produção necessita de um ambiente controlado de acordo com as necessidades dos animais, proporcionando uma ambiência adequada e conseqüentemente o bem-estar desses animais (Carvalho, 2017).

Um fator muito importante na produção de poedeiras é a qualidade dos ovos, sendo que quando expostas ao estresse térmico as galinhas conseqüentemente reduzem o consumo e a conversão alimentar, levando a uma baixa taxa de crescimento, aumento no consumo de água, alterações nas respostas fisiológicas e uma queda na produção e qualidade dos ovos (Silva et al., 2005).

Regiões de clima com temperaturas diárias elevadas, são potencialmente fatores de grande risco, ocasionando perdas diretas e indiretas no setor da avicultura, já que um dos principais fatores de perdas produtivas em climas tropicais é o ambiente térmico influenciando o desempenho zootécnico (Pereira et al., 2010).

Com as mudanças climáticas que vem acontecendo, se torna um grande desafio para a produção animal para ser mantida, pois, as aves são homeotérmicas e sensíveis a alterações na temperatura do ambiente (Damasceno et al., 2010). De acordo com estudo realizado por Salgado e Nääs (2010) os municípios localizados próximos da cidade de Bastos- SP, são classificados de alto risco para a ocorrência de ondas de calor, em comparação com as demais cidades do Estado de São Paulo, assim, ocorre um risco

maior na produção avícola desta localidade, com maior possibilidade de ocorrências de temperaturas diárias extremas.

O ambiente produtivo vem buscando novos sistemas de criação, sofrendo um processo de evolução, melhoria nos aspectos de manejo, sanidade e biotecnológicos, melhorando a eficiência e eficácia da produção avícola proporcionando mais ganhos econômicos, porém, tem resultado em problemas quanto ao bem-estar das aves, aumentando a suscetibilidade das aves ao estresse por calor e tornando difíceis as ações de mitigação (Albuquerque, 2004).

Um dos principais causadores de perdas na avicultura moderna, que se destaca, é o ambiente bioclimático e aéreo. Segundo Nardone et al. (2006) os extremos climáticos que vem acontecendo podem gerar severas perdas na produção, devido ao estresse por calor, impactando severamente, assim, o uso de novas abordagens na seleção genética dos animais.

Durante a onda de calor, a mortalidade, devido ao estresse térmico, se torna mais intensa, sendo uma perda econômica significativa para os produtores de ovos (Carvalho, 2020). Os extremos climáticos, tais como ondas de calor, podem ser diretamente relacionados com eventos de altas mortalidades (Riquena et al, 2019). A mortalidade na produção de avicultura de postura é alarmante para produtores e é fato muito relevante quando se avaliam as perdas econômicas.

Com o advento da agricultura de precisão, muitos dados foram, e ainda são, coletados em estudos ou até mesmo pelos próprios produtores, porém não são utilizados de uma maneira que demonstre o que realmente é importante e forneça subsídios para tomada de decisão, facilitando o manejo e uma produtividade maior das poedeiras.

Uma técnica bastante promissora de exploração de dados é a mineração de dados que se pode realizar a modelagem de um grande volume de dados envolvendo várias variáveis, sendo uma ótima ferramenta para estudos que tenham respostas que minimizem os impactos das ondas de calor na produção animal (Kochetov, 2018).

Segundo Fayyad et al. (1996) a Mineração de Dados é um passo da descoberta de conhecimento a partir de um banco de dados e um algoritmo computacional, que, com algumas limitações ou treinamentos, consiga produzir um conjunto de padrões de certos dados. O processo de KDD (*knowledge-discovery in databases* - em português, Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados) é a junção de vários processos consecutivos e interligados, que possibilitam ao pesquisador obter um conhecimento (resultado) contendo um banco de dados com inúmeros dados contidos nele, garantindo uma alta precisão em sua resposta. Dentro deste processo está contida outra técnica chamada de “Mineração de Dados”.

O trabalho contou, ainda, com a aplicação do *software* computacional *Weka*[®] também utilizado por Frank et al. (2016) e que, forneceu aos pesquisadores, todo o processo de KDD, assim como para as tarefas de “Mineração de Dados”, utilizou o algoritmo J48, desenvolvido para criar árvores de decisões que consigam, a partir de inúmeros dados, propor condições que disponibilizem aos pesquisadores uma resposta por meio de uma base de regras em formato de árvore de decisão. Isso acontece a partir dos dados disponíveis e das condições de treinamento que os próprios pesquisadores formularam, para que o algoritmo obedeça a alguns padrões.

Segundo Camilo & Silva (2009) a árvore de decisão formada a partir da mineração de dados, funciona como um fluxograma na forma de árvore, onde cada nó indica um teste feito sobre um valor, as ligações entre os nós representam os valores possíveis do teste do nó superior, e as folhas indicam a classe (categoria) a qual o registro pertence.

Em sua pesquisa, Rodrigues et al. (2013) utilizaram um banco de dados de um abatedouro comercial de frangos de corte, com o objetivo de analisar a eficiência de um sistema de informação simples para diagnosticar cenários de mortalidade em condições de espera pré-abate, pelo uso de árvores de regressão, utilizando-se um sistema de mineração de dados (CART, *Classification And Regression Trees*). Verificaram que a árvore de decisão gerada foi capaz de prever variáveis categóricas e classificar efeitos com 77% de precisão, sendo um meio eficaz e ágil para as predições, além de ser de fácil entendimento para os técnicos utilizarem.

A árvore de decisão é uma técnica considerada simples, não precisa de parâmetros de configuração, além de possuir um bom grau de assertividade, apesar disso uma análise detalhada dos dados que serão utilizados é essencial para que assim garanta

bons resultados (Camilo & Silva, 2009)

Riquena et al. (2019) relacionaram, a ocorrência de ondas de calor com a incidência de altas mortalidades de poedeiras criadas em diferentes tipos de instalações, usando um banco de dados. A classificação foi feita em mortalidade normal e alta por meio de mineração dos dados utilizando o algoritmo J48. Encontram uma árvore de classificação com 71% de precisão para mortalidade alta. O uso da mineração com a geração da classificação permitiu associar as ocorrências de onda de calor ao aumento da mortalidade de poedeiras.

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi desenvolver árvores de decisão com o uso da ferramenta de mineração de dados, podendo estas, servirem de subsídio para a geração de sistemas de alerta a partir do Índice de Temperatura de Globo e Umidade para a região de Bastos-SP, mitigando os danos que podem ser causados pelos extremos climáticos na produção e na qualidade de ovos de poedeiras.

2. Metodologia

O estudo foi realizado a partir de um conjunto de dados legado, que foi selecionado de uma coleta realizada no ano de 2013 em três aviários de poedeiras comerciais, sendo esses dados bioclimáticos: Temperatura de Bulbo Seco (°C), Temperatura de Globo Negro (K) e Umidade Relativa do Ar (%).

As poedeiras utilizadas no estudo eram da linhagem *Dekalb White*®, todas da mesma idade e com igual composição alimentar, as quais entraram no sistema de produção em março de 2013, com 17 semanas de vida. Este experimento foi aprovado pela Comissão de Uso de Animais em Pesquisa, Ensino e Extensão (CEUA) da FCAT/Unesp sob o número de protocolo 11/2012.

Os aviários tinham diferentes características, sendo: o primeiro do tipo piramidal, sem nenhum tipo de climatização, (A1); o segundo do tipo vertical, possuindo um sistema de climatização por exaustores em uma extremidade e *pad cooling* na outra, (A2); e o terceiro do tipo vertical, sem sistema de climatização com ventilação natural e aspersão no telhado, (A3). Estes pertenciam a mesma granja comercial localizada no município de Bastos-SP (latitude 21°55'19" sul e longitude 50°44'02" oeste, altitude de 445 metros). O clima da região se caracteriza como subtropical Aw (tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono).

Para a obtenção dos dados bioclimáticos foram dispostos, em cada corredor de cada um dos aviários em diferentes alturas, *data loggers* (HOBO U12-012 (*Onset*®), com canal externo para sensor de temperatura/TMC50-HD), realizando a medição a cada trinta minutos no decorrer do estudo. Foram considerados nesse estudo os dados das variáveis bioclimáticas do ciclo de produção no verão do ano de 2013 e 2014.

As variáveis monitoradas nos aviários para melhor descrever o ambiente foram a Temperatura de bulbo seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (TGN) e Umidade relativa do ar (UR). Para isso foram utilizados trinta e um *data loggers*. Distribuindo assim, sete *data loggers* no aviário A1 e doze *data loggers* em cada um dos aviários A2 e A3.

Os dados bioclimáticos diários foram selecionados e tabelados com o auxílio do *software Excel*®, após foi calculado o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) de acordo com a equação desenvolvido por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = TGN + 0,36 \times TPO + 41,7$$

Onde: TGN: temperatura de globo negro (K) e TPO: temperatura do ponto de orvalho (K).

Para calcular o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade houve a necessidade de calcular a Temperatura do Ponto de Orvalho (TPO) em função da Tbs e UR (Lawrence, 2005), sendo esta:

$$TPO = 243,04 [\ln(UR/100) + (17,625xTbs/243,04 + Tbs)]/ 17,625 - [\ln(UR/100) - (17,625xTbs/ 243.04 + Tbs)]$$

Após o cálculo diário do ITGU, foi realizada a classificação em faixas de conforto, que foram criadas de acordo com UBA (2018), Vale et al. (2010) e o Manual *Dekalb White*[®], a partir do centro de termoneutralidade ideal para as poedeiras, utilizando Tbs e UR de acordo com o ITGU.

Após os dados serem selecionados, tabulados, calculado o ITGU e classificados de acordo com as faixas, o arquivos foram convertidos para um arquivo de texto, “.arff”, com seus atributos correspondentes aos valores das variáveis e pela faixa de conforto que foram classificadas e posteriormente foi realizada a mineração de dados com o auxílio do *software Weka*[®] e, para o procedimento de classificação realizou-se a escolha do algoritmo J48, resultando na construção das saídas de respostas para a construção das árvores de decisão da presente pesquisa.

Para a validação das árvores de decisão geradas foi utilizado o coeficiente *Kappa*, sendo um meio para descrever a medida de concordância entre as classes que foram previstas pelo programa e observadas. Segundo Lima et al. (2017) o coeficiente *Kappa* possui uma variação de 0 (classificação ruim) a 1 (excelente), sendo essa classificação descrita a seguir na Tabela 1. Outra maneira possível de observar os resultados obtidos é a matriz de confusão que é obtida com o processo de indução do modelo de árvore de decisão, realizada pelo *software*.

Tabela 1. Performance dos modelos de classificação utilizando o método da estatística *Kappa*.

<i>Kappa</i>	Qualidade do Classificador
< 0.00	Muito Ruim
0.00 – 0.20	Ruim
0.21 – 0.40	Mediano
0.41 – 0.60	Bom
0.61 – 0.80	Muito Bom
0.81 – 1.00	Excelente

Fonte: Lima et al. (2017).

3. Resultados e Discussão

As faixas de conforto foram obtidas através das 4 zonas de estresse de acordo com o ITGU, sendo essas descritas na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Faixas de conforto de acordo com o ITGU.

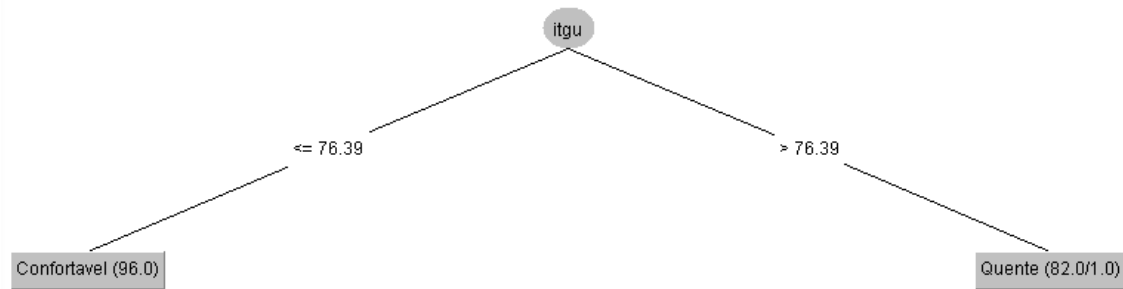
Faixa	ITGU	Faixa de conforto
1	<67	Frio
2	67 a 77	Confortável
3	77 a 88	Quente
4	>88	Emergencial

Fonte: Adaptada, de UBA (2018), Vale et al. (2010).

As árvores de decisão geradas a partir do ITGU, que foram calculados através dos dados bioclimáticos e classificadas nas faixas que foram criadas (descritas anteriormente), após realizada a mineração de dados pelo *software Weka*[®] são apresentadas na sequência.

Para o aviário piramidal (A1) a árvore de decisão gerada está descrita a seguir na Figura 1, sendo levado em consideração o valor de ITGU.

Figura 1. Árvore de decisão obtida através do *software Weka*® após o processamento para o aviário A1 no verão.



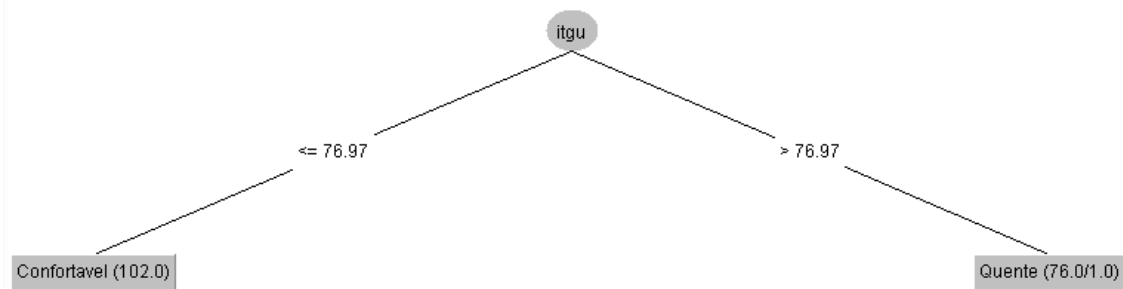
Fonte: Autores.

Pode-se observar que quando o $ITGU \leq 76,39$ é classificado na faixa “Confortável”; $ITGU > 76,39$ é classificado “Quente”, esses são valores obtidos para aquelas poedeiras estudados, no verão e para o aviário piramidal.

Através dessa árvore de decisão gerada o *software* obteve um coeficiente *Kappa* de 0,9775, sendo classificado como excelente segundo Lima et al. (2017). O modelo de mineração obteve uma quantidade de instâncias classificadas corretamente de 98,8764%.

Para o aviário vertical (A2) a árvore de decisão gerada está descrita a seguir na Figura 2, sendo levado em consideração o valor de ITGU.

Figura 2. Árvore de decisão obtida através do *software Weka*® após o processamento para o aviário A2 no verão.



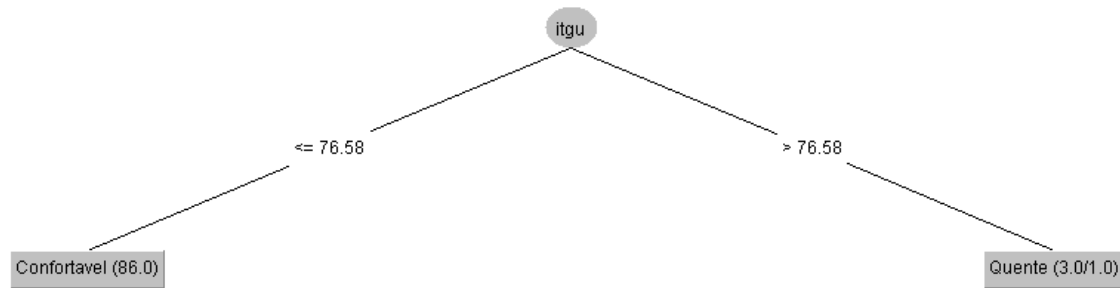
Fonte: Autores.

Observou-se que quando o $ITGU \leq 76,97$ é classificado na faixa “Confortável”; $ITGU > 76,97$ é considerado “Quente”, esses são valores obtidos para aquelas poedeiras estudados, no verão e para o aviário piramidal.

A árvore de decisão gerada obteve um coeficiente *Kappa* de 0,9772, o que nos permite classificar como excelente de acordo com Lima et al. (2017) (Tabela 1). O modelo de mineração obteve uma quantidade de instâncias classificadas corretamente de 98,8764%.

Para o aviário vertical (A3) a árvore de decisão gerada está descrita a seguir na Figura 3, sendo levado em consideração o valor de ITGU.

Figura 3. Árvore de decisão obtida através do *software Weka*[®] após o processamento para o aviário A3 no verão.



Fonte: Autores.

Pode-se observar que quando o ITGU $\leq 76,58$ é classificado na faixa “Confortável”; ITGU $> 76,58$ tem a classificação “Quente”, esses são valores obtidos para aquelas poedeiras estudados, no verão e para o aviário piramidal.

Através dessa árvore de decisão gerada foi obtido um coeficiente *Kappa* de -0,023, sendo classificado como muito ruim (Lima et al., 2017). O modelo de mineração obteve uma quantidade de instâncias classificadas corretamente de 95,5056%.

O coeficiente *Kappa* para o aviário A3 resultou muito ruim, isso pode ter ocorrido devido a classificação ser maior em confortável, ou seja, o número de instâncias classificadas como confortável foram muito altas e um número pequeno foi classificado em quente.

Observando as três árvores de decisão geradas para os três diferentes aviários, pode-se perceber que o comportamento delas foi bem parecido, havendo dois ramos de decisão classificando em confortável ou quente de acordo com o ITGU que se diferiu apenas nas casas decimais, sendo um número bem próximo.

Nenhuma das árvores obteve classificação em “Frio” e “Emergencial”, isso pode ter acontecido por não terem ocorrido temperaturas elevadas para elevar o ITGU acima de 88 para ser classificado em emergencial, a classificação “Frio” não ocorreu, pois, o estudo foi realizado com um conjunto de dados da estação verão o que é caracterizada como uma estação de calor.

Em nenhum dos aviários ocorreu a classificação “Emergencial”, o que pode ser justificado pelos dados de mortalidade no período estudado (Tabela 3), no verão de 2014, que não obteve classificação ruim nas faixas de mortalidades por estarem dentro de valores aceitáveis de acordo com o Manual *Dekalb White*[®]. Mesmo as mortalidades mais altas serem consideradas aceitáveis, pode-se observar que quando a classificação de ITGU foi “Quente” a mortalidade das poedeiras foram maiores quando comparados com dias que a classificação foi “Confortável”, sendo descritos alguns eventos, que foram classificados como “Quente” que ocorreram, na Tabela 3 a seguir para melhor entendimento e constatação.

Tabela 3. Valores de ITGU e número de aves mortas (NAM) representando mortalidade para os aviários A1, A2 e A3 em alguns dias da estação verão.

Data	A1		A2		A3	
	ITGU	NAM	ITGU	NAM	ITGU	NAM
22/12/2013	82,39	1	77,74	30	77,74	40
27/12/2013	86,50	10	81,07	55	81,07	15
01/01/2014	82,89	0	79,29	55	79,29	30
02/01/2014	82,39	18	80,27	0	80,27	15
03/01/2014	86,04	0	81,32	30	81,32	15
15/01/2014	79,92	0	77,94	35	77,94	30
17/01/2014	80,36	4	78,05	21	78,05	24
02/02/2014	82,83	0	78,68	50	78,68	15
03/02/2014	82,37	20	78,42	10	78,42	5
16/02/2014	79,86	0	77,57	40	77,57	35
17/02/2014	81,45	30	78,14	0	78,14	40
23/02/2014	78,82	0	78,43	35	78,43	35
16/03/2014	80,40	0	79,06	30	79,06	25

Fonte: Dados da pesquisa.

Outra observação é o comportamento da mortalidade em cada aviário, onde mesmo o valor de ITGU sendo mais alto no A1 os aviários A2 e A3 tiveram índices de mortalidade maior, pode ser justificado pela sua tipologia, já que o A1 é sistema piramidal e os outros dois verticais.

Com base nesses dados, mesmo tendo uma boa representação para os três aviários, a necessidade de uma validação com um novo experimento, levando em consideração os eventos climáticos atuais, é de grande importância, além do estudo em outras regiões, já que esse se aplica apenas a região de Bastos-SP.

Foi possível encontrar, com base no ramo “Quente” das árvores de decisão, uma relação direta com este *status* de conforto das aves e a correspondente mortalidade que acabou por se destacar. Assim, se os produtores puderem acompanhar os valores do indicador ITGU com as classificações geradas nesta pesquisa, estes poderão buscar mitigar os impactos por meio de ventilação, aspersão e outros meios de controle térmico em seus ambientes de produção, para reduzir, assim, as perdas produtivas.

Essa ferramenta demonstrou ser muito promissora e válida, contribuindo com o manejo adequado dos aviários, já que pode se tornar um subsídio para o produtor.

Através da medição em tempo real das variáveis bioclimáticas e obtenção do ITGU do momento é possível classificar em faixas de conforto térmico as condições do aviário e o risco correspondente de mortalidade. Assim o produtor pode contar com os recursos do *software* como importante subsídio para a tomada de decisão e utilizar recursos que minimizem os problemas de mortalidade, como a utilização de climatização mais incisiva nos galpões de produção, minimizando os efeitos que podem acontecer devido a exposição a estresse climático realizado por uma elevada temperatura e/ou ondas de calor.

4. Conclusão

A mineração de dados demonstrou ser uma ferramenta bastante promissora para a análise de dados da avicultura de postura, a fim de obterem-se sistemas de alerta para extremos climáticos.

O estudo de novos modelos com o ITGU ou mesmo outros indicadores que melhor representem os três aviários (piramidal, vertical com climatização e vertical) é essencial, produzindo mais subsídios para que o produtor tenha meios para intensificar a mitigação de perdas na produção devido a estresse calórico provocado nas aves devido a extremos climáticos, como as ondas de calor e assim tenham um sistema de alerta mais eficiente.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo- FAPESP, Processo nº 2018/17447-1 e ao CNPq Processo nº 313339/2019-8 pelo suporte às pesquisas.

Referências

- Albuquerque, R. (2004). Tópicos importantes na produção de poedeiras comerciais. *Avicultura Industrial*, 1121, (95), 53-56.
- Buffington, C. S., Collier, R. I., Canton, G. H., (1981). Shade management system heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, 26(6), 1798-1802.
- Camilo, C. O., Silva, J. C. (2009). Mineração de Dados: Conceitos, Tarefas, Métodos e Ferramentas. Relatório Técnico. Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás.
- Carvalho, L. C., Romano, G. G., Ivo, M. A., Rodrigues, R. F. (2017). Bem-estar na produção de galinhas poedeiras- Revisão de Literatura. *Revista Científica de Medicina Veterinária*, 28(1), 1-14.
- Carvalho, T. (2020). Estresse térmico em poedeiras: definição do estresse e consequências fisiológicas. Agrocerec. <https://agrocerecsmultimix.com.br/blog/estresse-termico-em-poedeiras-definicao-do-estresse-e-consequencias-fisiologicas/>.
- Damasceno, F. A., Gomes, R. C. C., Tinôco, I. F., Souza, F. F. (2010). Mudanças climáticas e suas influências na produção avícola. *PUBVET*, 4, (28), ed. 133, art 901.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery: an overview. *Artificial Intelligence Magazine*, 17(1), 37-54.
- Frank, E., Hall, M. A., Witten, I. H. (2016). The Weka Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques", Morgan Kaufmann, Fourth Edition.1-128.
- Kochetov, V. (2018). Overview of different approaches to solving problems of Data Mining. *Procedia Computer Science*. 123(1), 234-239.
- Lawrence, M. G. (2005). The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air. *American Meteorological Society. Bulletin*, Boston, 225- 233.
- Lima, E. S., Souza, Z. M., Montanari, R., Oliveira, S. R. M., Lovera, L. H., & Farhate, C. V. V. (2017). Classification of the initial development of eucalyptus using data mining techniques. *CERNE*, Lavras, 23, (2), 201-208.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., & Bernabucci, U. (2006). Climatic effects on productive traits in livestock. *Veterinary Research Communications*, 30(1), 75-81.
- Pereira, D. F. (2011). Ambiência em frangos de corte. In: Conferência Apinco 2011 De Ciência E Tecnologia Avícolas, Santos. Anais. Fundação APINCO de Ciência de Tecnologia Avícolas-FACTA. 113-122.
- Pereira, D. F., Vale, M. M., Zevolli, B. R., & Salgado, D. D. (2010). Estimating mortality in laying hens as the environmental temperature increases. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 12(4), 265-271.
- Riquena, R. S., Pereira, D. F., Vale, M. M., & Salgado, D. A. (2019). Mortality prediction of laying hens due to heat waves. *Revista Ciência Agronômica*, 50(1), 18-26.
- Rodrigues, V. C., Vieira, F. M. C., & Silva, I. J. O. (2013). Mineração de dados para estimativas de mortalidade pré-abate de frangos de corte. *Archivos de zootecnia* 62(239), 470.
- Salgado, D. D., & Nääs, I. A. (2010). Avaliação de risco à produção de frango de corte do Estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 30(3), 367-376.
- Silva, J. H. V., Jordão Filho, J., Silva, E. L., Ribeiro, M. L. G., & Furtado, D. A. (2005). Efeito do bebedouro e da densidade de alojamento no desempenho de frangos de corte em alta temperatura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(1), 636-641.
- UBA - União Brasileira de Avicultura. (2008). Protocolo de bem-estar para aves poedeiras. UBA.
- Vale, M. M., Moura, D. J., Nääs, I. A., & Pereira, D. F. (2010). Characterization of Heat Waves Affecting Mortality Rates of Broilers Between 29 Days and Market Age. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 12(4), 279-285.