

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Érik dos Santos Harada

Zootecnista

**MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA SUPORTE À
DECISÃO BASEADOS EM MINERAÇÃO DE DADOS PARA
A GERAÇÃO DE ALERTAS DE EXTREMOS CLIMÁTICOS
PARA POEDEIRAS LEVES**

DRACENA

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP),
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS,
DRACENA**

Érik dos Santos Harada

Zootecnista

**MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA SUPORTE À
DECISÃO BASEADOS EM MINERAÇÃO DE DADOS PARA
A GERAÇÃO DE ALERTAS DE EXTREMOS CLIMÁTICOS
PARA POEDEIRAS LEVES**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT/Unesp como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal (Programa Ciência e Tecnologia Animal).

Orientador: Prof. Associado Ricardo da Fonseca
Co-orientadores: Prof. Dr. Douglas D'Alessandro Salgado
Profa. Dra. Leda Gobbo de Freitas Bueno

DRACENA
2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

H254m

Harada, Érik dos Santos.

Modelos de classificação para suporte à decisão baseados em mineração de dados para a geração de alertas de extremos climáticos para poedeiras leves / Érik dos Santos Harada. -- Dracena: [s.n.], 2021.

93 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2021.

Orientador: Ricardo da Fonseca

Co-orientador: Douglas D'Alessandro Salgado

Co-orientadora: Leda Gobbo de Freitas Bueno

1. Aclimação. 2. Calor - Efeito fisiológico. 3. Construções rurais. 4. Galinhas poedeiras. 5. Ovos - Produção I. Título.



Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas
CRB 8/6665

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA SUPORTE À DECISÃO
BASEADOS EM MINERAÇÃO DE DADOS PARA A GERAÇÃO DE
ALERTAS DE EXTREMOS CLIMÁTICOS PARA POEDEIRAS LEVES.

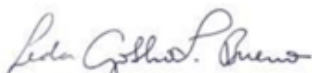
AUTOR: ÉRIK DOS SANTOS HARADA

ORIENTADOR: RICARDO DA FONSECA

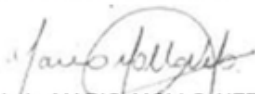
COORIENTADOR: DOUGLAS D'ALESSANDRO SALGADO

COORIENTADORA: LEDA GOBBO DE FREITAS BUENO

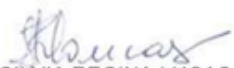
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E
TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. LEDA GOBBO DE FREITAS BUENO (Coorientadora - Participação Virtual) FCAT / UNESP / Dracena/SP



Prof. Associado MARIO MOLLO NETO (Participação Virtual) Departamento de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP;



Profa. Dra. SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA (Participação Virtual) Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu / UNESP / (FCA).

Dracena, 28 de junho de 2021.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Érik dos Santos Harada, nascido em 14 de fevereiro de 1995, na cidade de Tupã/SP, cursou o ensino fundamental e médio no Colégio Adventista de Tupã, concluindo no ano de 2012. Em agosto de 2013, iniciou a graduação no curso de Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, Universidade Estadual Paulista (Unesp), concluindo no ano de 2018. Durante a graduação, fez iniciação científica sem bolsa no Programa Sem Bolsa (ICSB/Unesp) na área de avicultura e zootecnia de precisão. No ano de 2019 ingressou no programa de mestrado em Ciência e Tecnologia Animal.

DEDICATÓRIA

Ao meus pais, Silmara Pereira dos Santos Harada e Gilberto Kiyomasa Harada, que me educaram, apoiaram me permitindo alcançar mais essa conquista.

Com amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir chegar até onde cheguei, protegendo-me e guardando como sempre fez.

À minha família, meus pais Gilberto e Silmara, por terem me dado os ensinamentos de caráter e valores, por terem me incentivado a estudar durante toda a minha vida, pois graças a isto consegui concluir mais uma etapa em minha vida. À minha irmã, Samara, por todo o carinho e por ter gerado uma nova vida que chegou para alegar nossas vidas, a minha sobrinha Lívia.

Ao Professor Associado Ricardo da Fonseca, meu orientador, agradeço por toda paciência e compreensão nos momentos difíceis desta jornada, pela confiança e convivência harmoniosa.

Aos meus co-orientadores, Professor Doutor Douglas D'Alessandro Salgado e Professora Doutora Leda Gobbo de Freitas Bueno, por todo auxílio, contribuição para com este trabalho, sempre me ajudando quando precisava; suas colaborações foram valiosas.

Ao Professor Associado Mario Mollo Neto, um grande e fundamental colaborador para que este projeto fosse executado do início ao fim, sempre disponível e com muita paciência para comigo.

À Maria Elena, aluna de iniciação científica na ocasião. Foi de grande valia seu auxílio em todas as etapas deste grande projeto, agradeço-lhe por todo o empenho e dedicação.

Aos meus amigos, especialmente os mais próximos, Carlos, Daniele, Felipe e Letícia, a amizade foi fundamental neste período, assim como sempre foi. Agradeço por me ouvirem quando precisei, pela companhia e momentos agradáveis que passamos até agora. Graças a isto, foi possível continuar e espairecer quando necessário.

Ao meu cão, Cliffer (*in memoriam*), por todos os anos com nossa família, por sempre ser um cão carinhoso e cheio de vida, por ter sido um grande companheiro, sendo sempre amoroso, todos os dias até o final da sua jornada neste mundo. Palavras não são suficientes para agradecer e muito menos demonstrar todo o sentimento que tenho por ti.

À CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Mestrado é só para mostrar que o sujeito é alfabetizado, pois a metade dos que estão na universidade não sabem ler.”

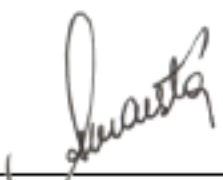
Darcy Ribeiro

Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA)

Certificado

Certificamos que o Projeto intitulado "Desempenho de sistemas de clímatização em galpões de postura na região de Bastos-SP", protocolo nº 11/2012, sob a responsabilidade do Prof.ª Dra. Leda Gobbo de Freitas Bueno está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) do Curso de Zootecnia da UNESP de Dracena e foi aprovado pela referida Comissão. Este Certificado tem validade até 13/04/2013.

Dracena, 16 de abril de 2012.



Prof.ª Dra. Sirlei Aparecida Maestá
Presidente da CEUA - UNESP Dracena

RESUMO

É verídico que as mudanças climáticas estão prejudicando a produção animal e vegetal em decorrência de extremos climáticos, levando a perdas econômicas e causando impactos ambientais. Neste sentido, é possível utilizar bancos de dados meteorológicos e produtivos com o intuito de gerar modelos capazes de auxiliar na tomada de decisão evitando perdas financeiras. Os dados armazenados são de extrema importância para o produtor rural, pois, com o auxílio de ferramentas de análise de dados, consegue-se extrair informações que os olhos humanos não são capazes de ver sem os recursos computacionais e estatísticos que os *softwares* de inteligência artificial possuem. Desta forma, o objetivo deste estudo foi criar faixas de conforto térmico e com a aplicação da mineração de dados desenvolver árvores de decisão baseadas em índices de conforto térmico, para galinhas poedeiras, em três diferentes aviários, em todas as estações do ano. Foi utilizado um banco de dados bioclimáticos e de desempenho de três aviários comerciais localizados em Bastos/SP, do ano de 2013 e 2014, para quatro estações do ano, denominadas de: ciclo 1, ciclo 2, ciclo 3, ciclo 4. Os dados foram organizados e classificados em planilhas eletrônicas. Posteriormente a esta etapa, houve o pré-processamento e os dados foram transcritos em formato compatível com o *software Weka*® para que fosse aplicado o algoritmo J48 (C4.5) para a realização da mineração de dados. Com base no banco de dados bioclimáticos, foi possível elaborar faixas de conforto térmico com base em temperatura (°C) e umidade relativa (%) e as mesmas transcorreram para o desenvolvimento dos cenários possíveis para o *software* criar as árvores de decisão, fornecendo subsídios para que a decisão fosse tomada. A execução da técnica possibilitou a construção de modelos com coeficiente *Kappa* de 98% em média, evidenciando que o classificador da mineração de dados como excelente para a maioria (83%) dos modelos gerados.

Palavras-chave: Aclimação. Calor efeito fisiológico. Construções rurais. Galinhas poedeiras. Ovos produção.

ABSTRACT

It is true that climate change is damaging animal and plant production due to weather extremes, leading to economic losses and causing environmental impacts. In this sense, it is possible to use meteorological and productive databases in order to generate models that can assist in decision making and avoid financial losses. The stored data is extremely important for the rural producer, because with the help of data analysis tools, it is possible to extract information that human eyes are not able to see without the computational and statistical resources that artificial intelligence software has. Thus, the objective of this study was to create thermal comfort ranges and with the application of data mining develop decision trees based on thermal comfort indices, for laying hens, in three different aviaries, in all seasons of the year. A bioclimatic and performance database of three commercial aviaries located in Bastos/SP, from the year 2013 and 2014, for four seasons of the year, called: cycle 1, cycle 2, cycle 3, cycle 4, was used. The data were organized and classified in electronic spreadsheets. After this step, there was the pre-processing and the data were transcribed into format compatible with Weka® software to be applied the J48 algorithm (C4.5) to perform data mining. Based on the bioclimatic database, it was possible to elaborate thermal comfort ranges based on temperature (°C) and relative humidity (%) and the same were transcribed for the development of possible scenarios for the software to create the decision trees, providing subsidies for the decision to be made. The execution of the technique allowed the construction of models with Kappa coefficient of 98% on average, showing that the data mining classifier as excellent for most (83%) of the models generated.

Keywords: Acclimatization. Heat physiological effect. Farm buildings. Laying hens. Eggs production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sequência de todo o processo KDD, utilizado para a busca de conhecimento com base em um banco de dados.....	28
Figura 2 - Aviário A1, piramidal.....	33
Figura 3 - Aviário vertical climatizado por pressão negativa, A2	34
Figura 4 - Aviário Vertical Não Climatizado, A3	35
Figura 5 - Data logger HOBO Onset® U12-O12	36
Figura 6 - Esfera globo negro	37
Figura 7 - Esquema de desenvolvimento de projeto de mineração de dados CRISP-DM.....	40
Figura 8 Resultados do algoritmo J48 com o sumário estatístico do processamento do conjunto de dados do aviário piramidal e resultados da precisão de classificação.	57
Figura 9 Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário vertical climatizado.....	58
Figura 10 Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário vertical não climatizado.....	58
Figura 11 – Árvore de decisão ciclo 1, ITU	69
Figura 12 – Árvore de decisão ciclo 2, ITGU.....	70
Figura 13 – Árvore de decisão ciclo 3, ITGU.....	70
Figura 14 – Árvore de decisão ciclo 4, ITU.	71
Figura 15 – ITU em termoneutralidade e variáveis de desempenho, ciclo 1	72
Figura 16 – ITU em estresse calórico e variáveis de desempenho, ciclo 1	73
Figura 17 – ITGU em frio e variáveis de desempenho, ciclo 2.....	74
Figura 18 – ITGU em conforto e variáveis de desempenho, ciclo 2.....	75
Figura 19 – ITGU em quente e variáveis de desempenho, ciclo 2.....	76
Figura 20 – ITGU em conforto e variáveis de desempenho, ciclo 3.....	77
Figura 21 – ITU em termoneutralidade e variáveis de desempenho, ciclo 4	79
Figura 22 – ITU em estresse calórico e variáveis de desempenho, ciclo 4	80
Figura 23 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 2 de ITU	86
Figura 24 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 3 de ITU.	86
Figura 25 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 1 de ITGU.	87
Figura 26 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 4 de ITGU	87
Figura 27 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 1 de Entalpia.....	88
Figura 28 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 2 de Entalpia.....	88
Figura 29 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 3 de Entalpia.....	89
Figura 30 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 4 de Entalpia.....	89
Figura 31 - Dados meteorológicos ciclo 1	90
Figura 32 - Dados meteorológicos ciclo 2	90
Figura 33 - Dados meteorológicos ciclo 3	90
Figura 34 - Dados meteorológicos ciclo 4	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de temperatura critica inferior (TCI), zona de conforto térmico (ZCT) em aves.....	21
Tabela 2 - Valores ideais de temperatura ambiente e de umidade do ar, em função da idade das aves temperatura critica superior (TCS), de acordo com a fase de vida.	21
Tabela 3 - Características dos galpões	31
Tabela 4 - Limites base para criação das faixas de conforto térmico	40
Tabela 5 - Sumário dos Atributos selecionados inicialmente para o processo de mineração e criação de modelos.	43

Sumário

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais.....	17
1.1 Introdução.....	17
1.2 Hipótese	19
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Revisão de Literatura.....	20
1.4.1 Ambiência animal	20
1.4.2 Fisiologia do estresse térmico em aves	22
1.4.3 Extremos climáticos.....	24
1.4.4 Índices de Conforto Térmico	25
1.4.4.1 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	25
1.4.4.2 Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)	26
1.4.4.3 Temperatura do ponto de orvalho.....	27
1.4.4.4 Índice de Entalpia	27
1.5 Mineração de dados	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1 Levantamento Histórico.....	30
2.2 Descrição dos Aviários.....	31
2.2.1 Funcionamento do Aviário A1 (Piramidal).....	33
2.2.2 Funcionamento do Aviário A2 (Túnel Negativo)	34
2.2.3 Funcionamento do Aviário A3 (Sem Climatização).....	35
2.3 Coleta de Variáveis Bioclimáticas.....	36
2.3.1 Ambiente Externo	36
2.3.2 Ambiente Interno	36
2.4 Desempenho	37
2.5 Cálculo do ITU, ITGU e Entalpia	38
2.6 Organização do Banco de dados	38
2.7 Variáveis meteorológicas	39
2.8 Variáveis bioclimáticas	39
2.9 Mineração de Dados.....	40
2.9.1 Validação das árvores de decisão.....	44
2.9.1.1 Mineração de dados e validação das árvores de decisão	44
2.9.1.2 Avaliação por gráficos de cenários.....	45
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
CAPÍTULO 2 – Árvores de decisão baseadas em entalpia para avaliação de conforto para poedeiras leves em clima tropical.....	52
1. Introdução.....	53
2. Materiais e Métodos	54
2.1 Monitoramento bioclimático	55
2.1.1 Ambiente Externo:	55
2.1.2 Ambiente interno:	55
2.2 Descrição dos aviários	55
2.2.1 Funcionamento do aviário A1 (Piramidal):.....	55
2.2.2 Funcionamento do aviário A2 (Vertical climatizado):	55
2.2.3 Funcionamento do aviário A3 (Vertical sem climatização):.....	55
2.3 Cálculo de Viabilidade:	56
2.4 Cálculo de Entalpia:	56
2.5 Mineração de Dados:	56
3. Resultados e Discussão	57
4. Conclusão	59
Agradecimentos.....	59
Referências.....	59
CARTA DE ACEITE.....	61
CAPÍTULO 3 – Árvores de decisão baseadas em índices de conforto térmico para poedeiras em aviário convencional por estação do ano.	62
1 INTRODUÇÃO	62
2 OBJETIVO	63
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3.1 Funcionamento do Aviário	64
3.2 Variáveis Bioclimáticas.....	64
3.2.1 Ambiente externo.....	64
3.2.2 Ambiente interno	65
3.3 Cálculo de índices bioclimáticos	65
3.3.1 Índice de Temperatura e Umidade.....	65
3.3.2 Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	66
3.3.3 Entalpia	66
3.4 Desempenho	67
3.4.1 Produção de ovos (%)	67
3.4.2 Viabilidade (%).....	67
3.5 Mineração de Dados e Validação	67
3.5.1 Tabulação e Classificação de Faixas de Conforto Térmico.....	67

3.5.2 Mineração de Dados e Validação das Árvores de Decisão.....	68
3.5.2.1 Avaliação por Gráficos de Cenários	68
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1 Árvores de Decisão com Melhor Coeficiente <i>Kappa</i>	69
4.2 Análise Gráfica de Dados de Desempenho e Índices de Conforto	72
5 CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE	85

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais.

1.1 Introdução

As mudanças climáticas vêm afetando os sistemas agropecuários e, ao mesmo tempo, a demanda pela produção animal aumenta no mundo por conta do crescimento da população e por um aumento da renda per capita nos países em desenvolvimento. Esses avanços devem ocorrer em uma combinação de ampliação do conhecimento atual, pesquisa inovadora e disseminação efetiva de pesquisas (EDENHORFER, *et al.*, 2014). Portanto, deparamo-nos com um grande desafio, portanto devem-se desenvolver estudos, que promovam estratégias para mitigar os impactos de mudanças climáticas nesses sistemas de produção.

Segundo Oliveira e Nääs (2012), o aumento da produtividade está relacionado com vários fatores, como: melhoramento de linhagens e insumos, investimentos na automatização do processo de produção, aperfeiçoamento dos funcionários em relação ao manejo, controle de condições sanitárias etc. Fatores ambientais externos podem interferir no microclima gerado no interior das instalações, causando com isso impactos sobre a produção, com consequentes prejuízos econômicos à exploração. Além disso, o estresse calórico pode afetar o metabolismo das poedeiras havendo reflexos e impactos na produção de e qualidade de ovos.

De acordo com Andrade *et al.* (2018), a produtividade máxima na produção de poedeiras é alcançada, quando estas se encontram em um ambiente, que forneça trocas mínimas de energia e atenda às necessidades de bem-estar onde possui o estado completo da sua saúde física e mental, estado de conforto para o animal.

Diante deste cenário, a avicultura de postura, em países com clima tropical, se torna-se uma atividade de risco perante as altas temperaturas. Salgado e Nääs (2010) verificaram que os municípios localizados próximos da cidade de Bastos-SP estão entre os que apresentam um alto risco para a ocorrência de onda de calor, quando esses são comparados com os outros municípios do estado de São Paulo.

Na cidade de Bastos, Estado de São Paulo, verificou-se a mortalidade de aproximadamente 1 milhão de poedeiras, ocorria durante uma onda de calor com duração de duas semanas (GLOBO RURAL, 2020). Percebeu-se também uma

diminuição da produtividade das que sobreviveram, como consequência das estratégias para minimizar os efeitos do estresse térmico. Um estudo realizado por Riquena *et al.* (2019), sobre a predição de mortalidade de poedeiras por ondas de calor, verificou uma alta incidência deste fenômeno entre os meses de setembro e janeiro.

As previsões meteorológicas estão sendo grandes aliadas para a diminuição do estresse calórico (VALE *et al.*, 2010), e são pouco estudados, em ambiente de produção, o grande número de variáveis formadoras do estresse do animal causado pelo ambiente térmico. A previsão precoce dos extremos climáticos pode ser prevista por meio de estações meteorológicas e dados zootécnicos históricos.

Atualmente, existem várias técnicas em que podem ser realizadas as previsões de extremos climáticos. Uma técnica bastante promissora de exploração é a mineração de dados em que podem ser realizadas modelagens de um grande volume de dados envolvendo diversas variáveis, sendo uma ferramenta viável para estudos, que busquem respostas, que minimizem os impactos das ondas de calor na produção animal (VALE *et al.*, 2010; KOCHETOV, 2018).

Dentro do fenômeno da “internet das coisas” e do uso de grandes bancos de dados, o processo de KDD (*Knowledge Discovery in Databases*) destaca-se pela junção de vários processos consecutivos e interligados, que possibilita ao pesquisador obter um conhecimento, provindo de banco de dados e assim garantindo uma alta precisão em sua resposta. Dentro deste processo está contida outra técnica chamada de “Mineração de Dados” (FAYYAD *et al.*, 1996).

Para isso, na atualidade, muitos dados são coletados mediante pesquisas, porém muitas vezes não são utilizados ou ainda não oferecem o resultado esperado. Como forma de geração de conhecimento, a ferramenta de mineração de dados vem como uma tecnologia, que gera informações úteis para o desenvolvimento de árvores de decisão, dando ao produtor a tomada de decisão em um determinado problema.

Esse grande volume de dados exige meios computacionais e técnicas específicas para interpretá-los. Diversas Técnicas de Mineração de Dados vêm sendo utilizadas para detectar relacionamento entre diferentes atributos em grandes bancos de dados (FAYYAD *et al.*, 1996).

A Mineração de Dados, dentre outras ferramentas direcionadas para a tomada de decisão e para ações mais precisas, tem contribuído para o avanço e a velocidade das pesquisas em produção animal.

Essa técnica de análise de banco de dados se destaca em diversas áreas de conhecimento, segundo Lavrac (1999); envolve tarefas de classificação, associação ou agrupamento. A classificação abrange diversas e interessantes possibilidades de aplicação, derivada da capacidade de desenvolver padrões representáveis graficamente por meio de uma árvore de decisão ou classificação.

1.2 Hipótese

Pressupõe-se que, a partir da mineração de dados, sejam geradas árvores de decisões com alta confiabilidade, baseadas em um sistema de alerta para a incidência de estresse calórico, o que permitirá ao produtor a tomada de decisão visando à minimização de perdas provindas do estresse térmico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi criar faixas conforto térmico e gerar modelos baseados em três índices de conforto térmico, por meio da mineração de dados e a posterior elaboração de árvores decisões, como suporte para um sistema de alerta para a incidência de estresse calórico na produtividade das poedeiras leves.

1.3.2 Objetivos Específicos

- I. Construção de três modelos compreensíveis para estimar a alta mortalidade em poedeiras e a faixa de conforto térmico;
- II. Criar a classificação de sistema de alerta;
- III. Gerar as árvores de decisão para os principais índices bioclimáticos;
- IV. Identificação das árvores de decisão com alta confiabilidade.

1.4 Revisão de Literatura

1.4.1 Ambiência animal

A ambiência possui uma ampla definição, mas que se baseia basicamente no conforto em relação ao ambiente, levando em consideração a zona de conforto térmico da espécie, e as características fisiológicas do animal. Costa (2002) descreve o conceito de ambiência como o estudo do ambiente, que envolve o animal, meio físico e psicológico em que os animais realizam suas atividades e tudo o que está incluso no espaço de criação. É levado em consideração que a temperatura no interior da instalação seja correspondente à zona de termoneutralidade da ave, para que ela se encontre em conforto fisiológico. Para caracterizar essas zonas existem algumas faixas, onde o ponto, em que a temperatura ambiental está abaixo desta zona é chamado de temperatura crítica inferior, ocorrendo aumento da taxa metabólica para a manutenção da temperatura corporal da ave.

Macari e Furlan (2001) destacam que um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso do sistema de produção avícola se dá pela ambiência, sendo essa a soma dos impactos dos fatores biológicos e físicos nos animais. O ponto em que a temperatura ambiental está acima da temperatura ideal é chamado de temperatura crítica superior, acontecendo o aumento na taxa metabólica devido à tentativa de eliminar o excesso de produção de calor (ABREU; ABREU, 2013).

Para que a produção animal obtenha sucesso, é necessário que se conheçam alguns aspectos da cultura a ser produzida, conhecimentos sobre: processos fisiológicos, variáveis bioclimáticas da região e da instalação e conceitos de ambiência. Nestes pontos cruciais para a produção, o conhecimento sobre as aves é determinante na manutenção da vida, devido a suas necessidades de temperatura e umidade de acordo com o seu estágio de vida. Aproximadamente 80% da energia proveniente da alimentação é para a manutenção da homeotermia e 20% serão utilizados para a produtividade. Sendo as aves animais homeotermos, as mesmas possuem uma temperatura interna aproximada de 41,7°C, sendo então dependentes da temperatura externa para a perda de calor. É importante que se evitem ao máximo os extremos de temperatura, pois as aves não se adaptam bem a estas condições (CURTIS, 1983. ABREU; ABREU, 2011).

Portanto, alguns valores de temperatura devem ser buscados. Na Tabela 1 e 2 são mostrados os valores de temperatura e umidade para que as aves estejam em conforto térmico.

Tabela 1 - Valores de temperatura critica inferior (TCI), zona de conforto térmico (ZCT) em aves

FASE	TCI (°C)	ZCT(°C)	TCS(°C)
Recém-nascido	34	35	39
Adulto	15	18 a 28	29

Fonte: Curtis (1983).

Tabela 2 - Valores ideais de temperatura ambiente e de umidade do ar, em função da idade das aves temperatura critica superior (TCS), de acordo com a fase de vida.

Idade (semanas)	Temperatura ambiente (°C)	Umidade do ar (%)
1	32 - 35	60 - 70
2	29 - 32	60 - 70
3	26 - 29	60 - 70
4	23 - 26	60 - 70
5	20 - 23	60 - 70
6	20	60 - 70
7	20	60 - 70

Fonte: Curtis (1983).

Os telhados, principalmente em decorrência dos materiais de cobertura, se tornam um dos principais fatores de influência na carga térmica de radiação incidente no ponto de vista bioclimático (SILVA; SEVEGNANI, 2001).

Segundo Tinôco (2001) nos aviários as telhas mais utilizadas são as de alumínio, cerâmica e amianto. Essas esquentam muito com o sol, mas a pintura com tinta branca (cores claras) tem efeito positivo ajuda a diminuir esta temperatura, e a adequada ventilação auxilia a remoção de vapor d'água contida no ar e o excesso do calor ambiental proveniente do metabolismo animal e das outras fontes radiantes. A pintura branca nas telhas de cimento-amianto, dependendo da natureza da tinta,

pode promover a reflexão de cerca de 70 a 88% dos raios solares (KOENISBERGER *et al.*, 1977).

O sistema de produção da avicultura é realizado em pequenas áreas, por se tratar de granjas (ambientes artificiais), produção intensiva, grandes quantidades em pequeno espaço. Devido a isso, essa atividade de produção necessita de um ambiente controlado de acordo com as necessidades dos animais, proporcionando uma ambiência adequada e consequentemente o bem-estar desses animais (ROMANO, 2017).

1.4.2 Fisiologia do estresse térmico em aves

As aves são caracterizadas como animais homeotermos (mantém temperatura do corpo constante), no hipotálamo possuem um centro termorregulador capaz de controlar a temperatura corporal através de mecanismos fisiológicos e respostas comportamentais, através da produção e liberação de calor, ocorrendo assim a manutenção da temperatura corporal normal (MACARI *et al.*, 1994).

Quando ocorre a exposição das aves a temperaturas altas, ocorre o estresse calórico, onde a fisiologia dessa ave irá responder de uma forma compensatória, sendo uma vasodilatação periférica que resulta em um aumento na perda de calor não evaporativo. A ave mantendo as asas afastadas do corpo, eriçando as penas e intensificando a circulação periférica consegue aumentar a área superficial na tentativa de aumentar a dissipação do calor (BORGES *et al.*, 2003).

Ainda Borges *et al.* (2003) descrevem que a perda de calor não evaporativo pode ocorrer com o aumento da produção de urina e da taxa respiratória, resultando em perdas excessivas de dióxido de carbono (CO₂). Com a diminuição da capacidade da ave dissipar calor ocasionada pelo aumento de temperatura do ambiente acontece um desequilíbrio ácido base, alcalose respiratória (BROSSI *et al.*, 2009). O fator de estresse, alcalose respiratória, promove aumento nos níveis sanguíneos de corticosterona e balanço negativo de potássio e sódio. O aumento da frequência respiratória, leva à queda nos níveis sanguíneo de HCO₃ e CO₂ circulante resultando em aumento do pH sanguíneo (BELAY *et al.*, 1980; BOWEN e WASHBURN, 1985).

O estresse por calor em poedeiras quando expostas a elevadas temperaturas nos aviários de postura, desencadeiam processos fisiológicos e também regulatórios na tentativa de manter ou estabelecer o estado de equilíbrio ou a homeostase (MASHALY *et al.*, 2004; THAXTON, 2004; YAHAV *et al.*, 2004, LIN *et al.*, 2006, SHINI *et al.*, 2008, STAR *et al.*, 2008).

De acordo com Furlan (2005) o estresse térmico é gerado a partir de agentes potenciais estressores, onde há a associação de altas temperaturas e umidade relativa do ar. Esses agentes que levam ao estresse térmico provocando efeitos do calor na fisiologia dessas aves que são expostas a esse acontecimento.

Além das temperaturas elevadas, como citado anteriormente não é um fator único que afeta o desempenho das aves, sendo sensíveis também a umidades relativas, onde não deve ultrapassar valores médios de 75-80%, quanto maior a umidade mais prejudiciais os efeitos da temperatura, sendo assim os dois fatores devem ser controlados e monitorados garantindo o bem-estar, produtividade e qualidade dos ovos (ALBINO *et al.*, 2014). Segundo Donkoh; Atuahense, (1988) essa influência negativa no desempenho das aves acontece principalmente quando a movimentação do ar também é limitada.

As condições térmicas dos aviários, refletida da combinação dos efeitos da temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar incidente e da velocidade do ar são determinantes para a produtividade ideal das poedeiras (GARCIA *et al.*, 2012).

Regiões de clima com temperaturas diárias elevadas são potencialmente de grande importância, ocasionando perdas diretas e indiretas produtivas na 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).

A ave exposta a uma situação de estresse calórico causa aumento de mortalidade, redução do consumo alimentar, na produção de ovos, na qualidade da casca e no peso (LI *et al.*, 2002). Sofre também alterações hormonais e alterações no sistema de defesa (KHAJAVI *et al.*, 2003; MUJAHID *et al.*, 2007).

Uma das consequências do estresse térmico é a diminuição da concentração de ácido ascórbico adrenal, vitamina C, esta que é responsável pela síntese e produção de hormônios que são envolvidos na resistência ao estresse, aumento desnecessário na produção de anticorpos, menor consumo de ração a fim de reduzir o efeito termogênico, diminuição da absorção de nutrientes, aumento da mortalidade redução na produção e qualidade de ovos e deficiências na formação de casca

(ABIDIN; KHATOON, 2013). Segundo Quinteiro Filho *et al.* (2010) quando as poedeiras são expostas a estresse térmico normalmente ocorre um baixo consumo de ração, consequentemente uma diminuição na produção, peso e qualidade das cascas dos ovos, isso é decorrente da diminuição de cálcio nos níveis sanguíneos.

Além do estresse térmico ser prejudicial às aves poedeiras por levar o aumento da mortalidade, também ocasiona perda de condição corporal que afeta diretamente a quantidade de ovos que seriam produzidos, sendo importante que os geneticistas possam prever o impacto de fatores ambientes sobre a adaptação ao clima (PEREIRA *et al.*, 2010).

1.4.3 Extremos climáticos

Eventos climáticos extremos são definidos como a variação tanto acima quanto abaixo, dos valores médios de uma variável meteorológica, estando eles acima dos limites superiores e abaixo dos inferiores. Estes fenômenos podem ser ocasionados por acontecimentos naturais internos, externos e à mudança antropogênica (IPCC, 2012B).

Estes eventos de extremos climáticos podem ser exemplificados, com: altas taxas de precipitação (inundações), altas taxas de velocidade do vento (ciclone), elevação da temperatura (ondas de calor) entre outros (STEPHENSON, 2008).

De acordo com o IPCC (2014a), eventos extremos, como ondas de calor, secas e pluviosidade em demasia, podem gerar impactos negativos nos ecossistemas, ocasionando intermitência na produção de alimentos. Esta intermitência afeta também: fornecimento e abastecimento de água, avarias em estruturas e assentamentos, doenças, sendo letais para a saúde e bem-estar dos seres humanos.

Com as mudanças climáticas que vêm acontecendo, torna-se um grande desafio a produção animal para ser mantida, pois as aves são homeotérmicas sensíveis a alterações na temperatura do ambiente (DAMASCENO, *et al.*, 2010).

Segundo Calado *et al.* (2004), a definição de ondas de calor se dá por períodos que apresentam aumento súbito na temperatura ambiental, que pode ocorrer em diferentes zonas e com variação de intensidade e duração. Esses eventos climáticos extremos e desconfortáveis possuem diferença para cada região que possuem temperaturas consideradas normais para uma determinada época.

Ondas de calor são diretamente associadas à mortalidade de poedeiras, em que manuais de linhagens indicam taxas de mortalidade aceitáveis entre 0,2% a 0,5% quando as aves estão em pico de produção (22^a a 24^a semanas) e atingem a 10% na 90^a semana, tendo um crescimento por semana de 0,01% a 0,02%. (PEREIRA *et al.*, 2010).

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 (COMPEAN *et al.*, 2011; INTERAVES, 2016).

A mortalidade, na produção de avicultura de postura, é alarmante para produtores e é fato eminente, quando se avalia a as perdas econômicas. Os extremos climáticos, tais como ondas de calor, podem ser diretamente relacionados com eventos de altas mortalidades (RIQUENA *et al.*, 2019).

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

Segundo Nardone *et al.* (2006), os extremos climáticos que vêm 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 vem acontecendo.

1.4.4 Índices de Conforto Térmico

Neste tópico será explanado como são calculados os índices de conforto térmico utilizados neste estudo.

1.4.4.1 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

O primeiro índice de conforto térmico utilizado na caracterização do ambiente de produção animal segundo Nascimento (2011) foi o ITU (Índice de temperatura e umidade). Buscando indicar efeitos no conforto e desempenho animal com a combinações de temperatura e umidade do ar (MATTOS, 2007).

O ITU é um índice que baseia os limites para caracterização de situações de conforto e estresse (JÁCOME, 2007). Valor de ITU abaixo de 70 para animais domésticos são considerados situação de conforto e valores acima de 78, estressantes.

O ITU será calculado através da utilização da Equação 1 a seguir adaptada para poedeiras, proposto por Thom *et al.* (1959):

Equação 1 - Índice de Temperatura e Umidade

$$ITU = 0,8 \times Tbs + \left(\frac{UR}{100} \right) \times (Tbs - 14,4) + 46,4$$

Onde:

Tbs: temperatura de bulbo seco (°C)

UR: umidade relativa (%).

1.4.4.2 Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)

Segundo Vitorasso e Pereira (2009), o ITU pode ser utilizado para resumir o conforto térmico em situações que não se mediu a temperatura de globo negro, já que o ITU não considera os efeitos da radiação. Medeiros *et al.* (2005) ressalta que o efeito da radiação apresenta vantagens de incorporar diretamente em um único valor, os efeitos da temperatura do ar, umidade, velocidade do ar e radiação solar, na forma de temperatura de globo, sendo assim, não deve ser desprezada. O ITGU é um dos indicadores mais precisos de estresse segundo Baêta e Souza (1997).

O Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) pode ser calculado de acordo com a Equação 2 desenvolvida por Buffington *et al.* (1981):

Equação 2 - Índice de Temperatura de Globo e Umidade

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

Onde:

TGN: temperatura de globo negro (K)

TPO: temperatura do ponto de orvalho (K).

1.4.4.3 Temperatura do ponto de orvalho

Para calcular o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade há necessidade de calcular a Temperatura do ponto de orvalho, em função da Temperatura de Bulbo Seco e Umidade Relativa (LAWRENCE, 2005) descrita na equação 3:

Equação 3 - Temperatura de Ponto de Orvalho

$$T_{po} = \frac{243,04 \left[\ln \left(\frac{UR}{100} \right) + \frac{17,625 \times Tbs}{243,04 + Tbs} \right]}{17,625 - \ln \frac{UR}{100} - \frac{17,625 \times Tbs}{243,04 + Tbs}}$$

1.4.4.4 Índice de Entalpia

Para caracterizar a zona de conforto térmico adequada às aves, foi determinado o índice de conforto térmico entalpia, por meio da fórmula descrita por Vila Nova (Equação 4) por citado por Furlan (2001):

Equação 4 - Entalpia

$$H = 6,7 + 0,243 \times Tbs + \left(\frac{UR}{100} \times 10^{\frac{7,5 \times Tbs}{237,3 + Tbs}} \right)$$

Onde:

H: entalpia (kcal/kg ar seco);

Tbs: temperatura de bulbo seco (°C) e

UR: umidade relativa do ar (%).

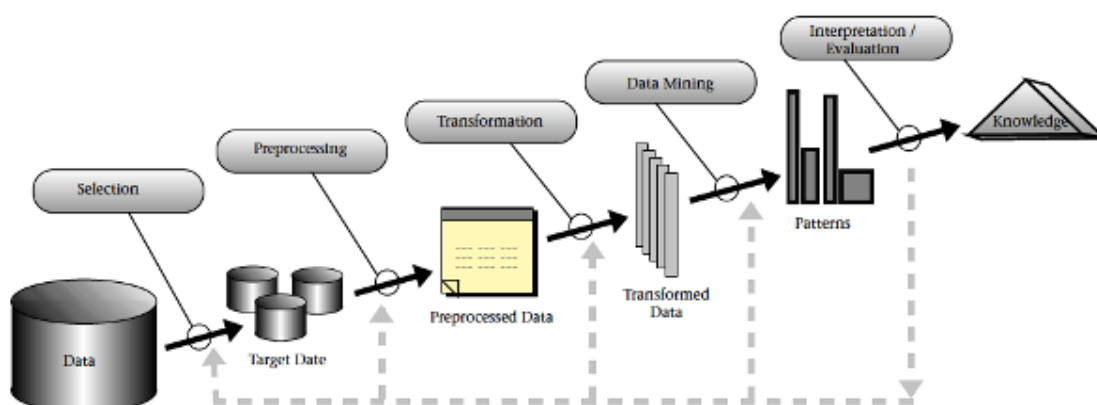
1.5 Mineração de dados

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 minimize os impactos das ondas de calor na produção animal (VALE, *et al.* 2010; 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, com algumas limitações ou treinamentos, consigam produzir um

conjunto de padrões de certos dados. Para um melhor esclarecimento, a Figura 1, mostra os passos utilizados pelo método KDD.

Figura 1 - Sequência de todo o processo KDD, utilizado para a busca de conhecimento com base em um banco de dados.



Fonte: Fayyad *et al.* (1996).

O processo de KDD é a junção de vários processos consecutivos e interligados, o que possibilita ao pesquisador obter um conhecimento (resultado), contendo um banco de dados com inúmeras e relevantes informações contidas nele, garantindo uma alta precisão em sua resposta. Dentro deste processo está inserida outra técnica chamada de “Mineração de Dados”.

Com essa metodologia, o trabalho contou, ainda, com a ajuda do software computacional Weka® (FRANK *et al* 2016), que forneceu aos pesquisadores todo o processo de KDD e para as tarefas de “Mineração de Dados”, utilizou-se 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 e 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) à qual o registro pertence.

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 previsões, 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.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização de todas as análises deste projeto, foi utilizado um banco de dados proveniente de um Projeto Regular financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 11/17413-0, no ano de 2013 e 2014. O banco de dados deste projeto continha dados bioclimáticos e de desempenho animal proveniente de três aviários de uma granja comercial. Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, sob o número de protocolo 11/2012. A literatura utilizada neste projeto foi buscada nas seguintes bases de dados: Scielo, Science Direct, Scopus, Google Scholar e Periódicos CAPES.

2.1 Levantamento Histórico

Realizou-se o levantamento do banco de dados resultante da coleta das variáveis durante o período experimental, dados meteorológicos e bioclimáticos (Temperatura de Bulbo Seco (°C), Temperatura de Globo Negro (°C) e Umidade Relativa do Ar (%)), dados de desempenho (mortalidade, viabilidade (%), produção de ovos)), realizados no ano de 2013 e 2014, em três diferentes aviários de poedeiras comerciais, sendo um do tipo piramidal (A1) e dois verticais, um deles climatizado (A2) e o outro sem climatização (A3).

Para posterior organização e análise dos dados, dividiu-se em ciclos de produção, sendo quatro ciclos produtivos de 90 dias cada, seguindo as estações do ano: ciclo 1 (outono), ciclo 2 (inverno), ciclo 3 (primavera) e ciclo 4 (verão). O primeiro ciclo teve início em março de 2013 e o último em março de 2014. Os aviários pertenciam à mesma granja comercial, localizada no município de Bastos, São Paulo, (latitude 21°55'19" sul e longitude 50°44'02" oeste, altitude de 445 metros).

O clima da região é 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) (CEPAGRI, 2017). As poedeiras utilizadas 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. A partir da 18ª semana, iniciou-se a coleta de dados, pois a primeira semana foi considerada como adaptação.

2.2 Descrição dos Aviários

Os aviários se diferenciavam em relação à tipologia, material de construção e sistemas de climatização (sem climatização, túnel com pressão negativa e com aspersão no telhado), denominados respectivamente A1, A2 e A3. Na Tabela 3 apresentam-se as principais características de cada aviário avaliado.

Tabela 3 - Características dos galpões

Características	A1	A2	A3
Idade das aves (semanas)	17	17	17
Material da gaiola	Arame	Polietileno com porta de arame	Polietileno com porta de arame e Arame
Densidade cm²/ave	287	330	318 360
Fotoperíodo (luz artificial)	19h às 21h 5h às 6h30min	5h às 21h	1h às 2h 4h30min às 20h30min
Número de aves por gaiola	6	12	10
Dimensões do aviário em metros	106 x 3,8	110 x 11,25	110 x 9,0
Quantidade de baterias	2 com um lado cada (3 andares)	3 com dois lados cada (6 andares)	2 com dois lados cada (6 andares)
Tipo de lâmpada	Fluorescente eletrônica 15W	Fluorescente eletrônica 15W	Fluorescente eletrônica 15 W
Dimensões da gaiola (cm) (altura x largura)	40 x 43	55 x 72	Polietileno 53 x 60 Arame 60 x 60

Estrutura construtiva do aviário	Sem paredes e sem Cortinas	<i>Padcooling</i> , parede de tela com cortina azul, forro de lona cinza e piso de cimento	Paredes de alvenaria e zinco nas laterais leste-oeste e cortina nas faces norte-sul
Material do telhado	Telha de cerâmica, sem Forro	Telha de zinco, com forro	Telha de zinco, com forro
Cortinas	Somente sombrite nas laterais	Lona azul, fechadas quando os exaustores estão funcionando	Lona azul, abertas durante o dia e fechadas durante a noite
Altura da mureta em (m)	Não possui	0,4	0,35
Tela/material	Nã possui	Alumínio	Alumínio
Exaustores	Não possui	14	Não possui
Nebulização	Não possui	Pad cooling	Não possui
(quantas linhas e quantos bicos por linha)			
Piso	Corredor cimentado e abaixo das gaiolas terra	Cimentado	Cimentado
Comedouro (tipo) e quantidade	1 automático	1 automático	1 automático
Bebedouro (tipo) e quantidade	Nipple 1por gaiola	Nipple 3 para cada 2 gaiolas	Nipple 2 para cada 2 gaiolas

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

2.2.1 Funcionamento do Aviário A1 (Piramidal)

O sistema de produção é do tipo piramidal (Figura 2), com três andares de gaiolas e duas baterias. A coleta de ovos foi realizada por esteira automática acoplada ao sistema, coletados uma vez ao dia. O arraçãoamento foi realizado automaticamente, o fornecimento da água foi *ad libitum* e realizado por bebedouros tipo *nipple*.

As lâmpadas foram ligadas durante a madrugada, entre uma hora e duas horas da manhã, e, depois das quatro horas e meia às sete horas da manhã, reacendendo às vinte horas até vinte e uma e meia horas. O restante do tempo ficou destinado para o descanso das aves. Este aviário não possuía nenhum tipo de sistema de climatização e não havia esterqueira automática; o esterco foi retirado manualmente.

Nesse aviário foram instalados sete *data loggers* HOBO U12-012 (Onset®), sendo dividido em três alturas distintas (0 a 0,36m do chão; 0,86m a 1,98m do chão e 1,98m a 3,1m do chão). instalaram-se dois *data loggers*, a cada 15,14m de comprimento do aviário nas três alturas mencionadas anteriormente, para aquisição de variáveis bioclimáticas (Temperatura de bulbo seco, Umidade relativa do ar e Temperatura de globo negro).

Figura 2 - Aviário A1, piramidal



a) Entrada do aviário



b) Interior do aviário



c) Vista lateral

Fonte: Dados do próprio autor

2.2.2 Funcionamento do Aviário A2 (Túnel Negativo)

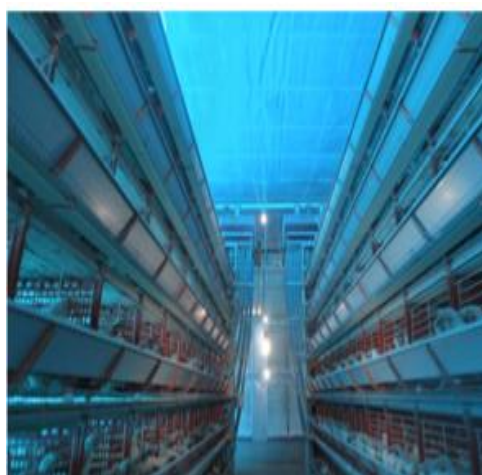
Foi um sistema de produção do tipo vertical, contendo três baterias com seis andares de gaiolas (Figura 3). A ração foi fornecida por comedouro automático, a coleta de ovos foi feita por esteiras automáticas conectadas ao sistema e a água foi disponível em bebedouros *ad libitum*, três para cada duas gaiolas. A ração foi a mesma fornecida no aviário A1 em razão de as aves serem da mesma idade e linhagem. Nesse aviário, foram instalados doze *data loggers* HOBO U12-012 (Onset®), sendo divididos em três alturas distintas (0 a 0,36m do chão; 0,86m a 1,98m do chão e 1,98m a 3,1m do chão). Instalaram-se três *data loggers* a cada 9,16m de comprimento do aviário nas três alturas mencionadas anteriormente.

Neste aviário, o sistema de climatização foi realizado por exaustores e *padcooling* (de celulose), sendo quatorze exaustores em uma extremidade do aviário e em outra o *padcooling* presente também nas laterais direita e esquerda da extremidade. Quanto ao manejo das cortinas deste aviário, estas permaneceram fechadas durante o dia todo, devido ao sistema de climatização que exige total vedação do ambiente para o funcionamento do túnel adiabático e para que as condições internas não fossem afetadas pelas externas.

Figura 3 - Aviário vertical climatizado por pressão negativa, A2



a) Exaustores



b) Interior do aviário



c) Placas evaporativas

Fonte: Dados do próprio autor

2.2.3 Funcionamento do Aviário A3 (Sem Climatização)

O aviário A3 (Figura 4) usado era do tipo vertical e não possuía sistema de climatização sendo sua ventilação natural e possuía aspersão no telhado. A coleta de ovos e a retirada de esterco foram realizadas automaticamente. O arraçoamento foi realizado por comedouro automático, os bebedouros do tipo *nipple* e a água foi oferecida *ad libitum*. A dieta oferecida foi a mesma dos galpões A1 e A2. Havia duas baterias com seis andares de gaiolas, uma bateria formada por gaiolas de arame e a outra de polietileno. Neste aviário foram instalados doze *data loggers* HOBO U12-012 (Onset®), sendo divididos em três alturas distintas (0 a 0,36m do chão; 0,86m a 1,98m do chão e 1,98m a 3,1m do chão). Instalaram-se quatro *data loggers* a cada 9,16m de comprimento do aviário, nas três alturas mencionadas anteriormente.

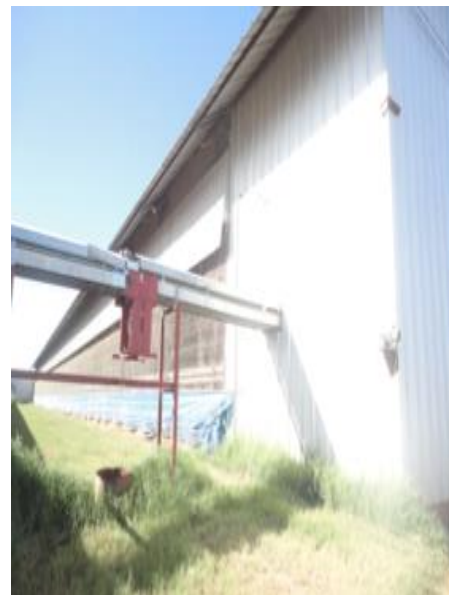
Figura 4 - Aviário Vertical Não Climatizado, A3



a) Entrada



b) Vista interna



c) Vista lateral

Fonte: Dados do próprio autor

2.3 Coleta de Variáveis Bioclimáticas

2.3.1 Ambiente Externo

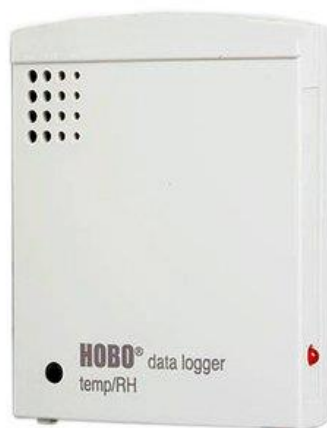
A obtenção dos dados ambientais externos foi por meio do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia–INMET, que mediante as estações meteorológicas distribuídas por todo território nacional foi possível escolher o local mais próximo a granja. Foram escolhidos os dados da estação da cidade de Rancharia, São Paulo, cidade que se localiza a aproximadamente 40km de Bastos, São Paulo. O período foi de 20 de março de 2013 a 20 de março de 2014.

Estes dados foram tabulados em planilha Excel® e posteriormente foram gerados gráficos (Apêndice item 3). As variáveis tabuladas e analisadas foram temperatura máxima do ar (°C), temperatura média do ar (°C), temperatura mínima do ar (°C), umidade relativa média do ar (%), umidade relativa mínima do ar (%) e precipitação diária (mm).

2.3.2 Ambiente Interno

Para caracterização do ambiente interno dos galpões foram monitorados: Temperatura de bulbo seco (Tbs), Temperatura de globo negro (Tgn) e Umidade relativa do ar (UR), a cada 30 minutos. Foram distribuídos no interior de cada aviário, *data loggers* HOBO U12-012 (Onset®) com canal externo para sensor de temperatura modelo /TMC50-HD. Em cada HOBO, para aferição da Temperatura de Globo Negro (Tgn), foi também acoplado um termistor, por meio de um cabo de entrada externa, colocado dentro de uma esfera oca pintada externamente com tinta preta fosca.

Figura 5 - Data logger HOBO Onset® U12-O12



Fonte: Onset®

Figura 6 - Esfera globo negro



Fonte: Dados do próprio autor

2.4 Desempenho

Para os cálculos de índices zootécnicos os ovos foram coletados diariamente e anotados em planilha específica para determinação da produção total de ovos e porcentagem de postura (em função do número de aves alojadas), através da equação 5:

Equação 5 - Produção de ovos

$$P = \frac{Os}{As} \times 100$$

Em que:

P: Produção de ovos (%);

Os: Número de ovos produzidos na semana;

As: Número total de aves na semana.

O número de aves mortas foi anotado diariamente para a determinação da viabilidade total dos lotes (em função do número de aves alojadas), descrito pela equação 6:

Equação 1 - Viabilidade

$$V = \frac{At - As}{As} \times 100$$

Em que:

V: Viabilidade (%);

At: Número de aves alojadas;

As: Número de aves mortas durante a semana.

2.5 Cálculo do ITU, ITGU e Entalpia

Os cálculos de ITU, ITGU e Entalpia foram feitos a partir das equações descritas na revisão de literatura deste documento, com os dados obtidos por meio dos *data loggers* instalados dentro de cada aviário. Para cada avaliação realizada com os dados obtidos pelos *data loggers* (durante 90 dias por estação do ano)), foi calculado o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), utilizando-se a equação propostas por Buffington *et al.* (1981), para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), utilizando a equação proposta por Thom *et al.* (1959) e para a Entalpia a fórmula descrita por Vila Nova e citada por Furlan (2001).

2.6 Organização do Banco de dados

O banco de dados proveniente deste estudo realizado em Bastos- SP, que envolvia dados meteorológicos, bioclimáticos e de desempenho (que tem duração de 12 meses) foi organizado, para que fossem desenvolvidas zonas baseadas no centro de termoneutralidade de poedeiras, identificação de faixas de conforto térmico com a utilização de da ferramenta de mineração de dados para desenvolvimento de árvores de decisões, como um sistema de alerta, para a incidência de estresse calórico na produtividade das poedeiras leves. Para isso a forma de organizações dessas variáveis estará descrita a seguir:

2.7 Variáveis meteorológicas

A obtenção dos dados ambientais externos ocorreu por prospecção do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia–INMET, sendo que, por meio das estações meteorológicas distribuídas por todo território nacional, foi possível escolher o local mais próximo à granja. Foram escolhidos os dados da estação da cidade de Rancharia, São Paulo, cidade que se localiza a aproximadamente 40km de Bastos, São Paulo. O período foi de 20 de março de 2013 a 20 de março de 2014. Estes dados foram tabulados em planilha Excel®, realizando-se médias diárias. As variáveis tabuladas e analisadas foram; temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), precipitação pluvial (mm), velocidade do vento (m/s).

2.8 Variáveis bioclimáticas

Na segunda etapa, os dados adquiridos do levantamento histórico, foram tabulados e organizados em planilha Excel®. Estes dados bioclimáticos, (temperatura do ar (°C), temperatura de globo negro (°C) e Umidade Relativa do ar (%)) foram divididos em estação do ano, sendo feitas médias diárias dos horários de mínima (5h às 7h) e máxima (12h às 15h) para cada aviário estudado.

Todavia, para isso ser realizado, um trabalho de tabulação e médias de sensores foi feito anteriormente. No experimento original, que resultou o banco de dados deste projeto, em cada aviário haviam sido instalados vários sensores bioclimáticos (HOBOS), que eram utilizados para o mapeamento térmico dos aviários, como demonstrado anteriormente no item descrição dos aviários. Assim, para cada aviário, foi calculada uma média das variáveis dos *data loggers* temperatura do ar (°C), temperatura de globo negro (°C) e umidade relativa do ar (%).

Após o término deste trabalho, iniciou-se a divisão por horários (máxima e mínima) e posteriormente foram calculados os índices de conforto térmico: ITU, ITGU e Entalpia, de acordo com as equações descritas anteriormente.

A definição em 4 zonas foram baseadas no centro de termoneutralidade sendo utilizados Temperatura do ar (Mínima e Máxima) e Umidade Relativa (UR) (Tabela 4), sendo essas embasadas em (NFACC, 2016; UBA, 2008; Vale, 2010) e do manual da linhagem da poedeira (MANUAL, 2009) Essas faixas serviram de

apoio para originar as classificações das faixas para cada índice (Apêndice item 1) (ITU, ITGU e Entalpia).

Tabela 4 - Limites base para criação das faixas de conforto térmico

Classificação	Tbs°C	UR%
Estresse ameno	21	60-70
Termoneutralidade	28	60-70
Estresse calórico	35	75
Emergencial	>35	>75

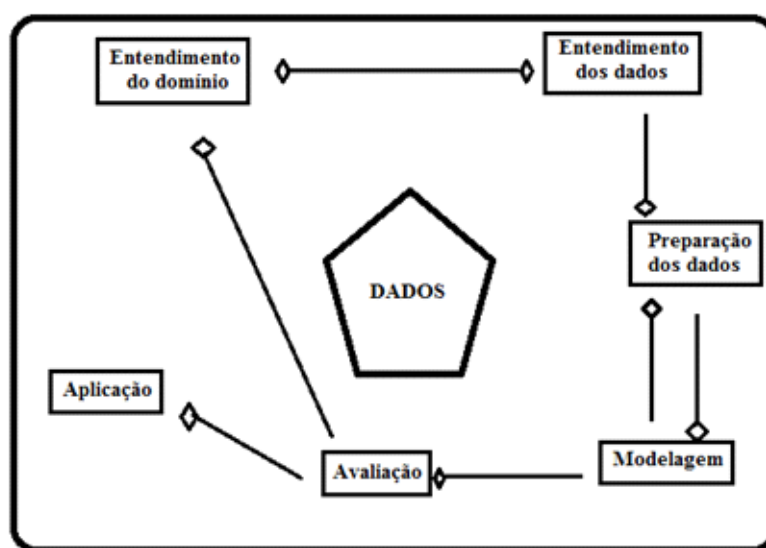
Legenda: Tbs: Temperatura de bulbo seco (°C) e UR: Umidade relativa (%).

Fonte: baseado de NFACC (2016); UBA (2008); Vale (2010).

2.9 Mineração de Dados

O processo de Mineração de Dados foi dividido em fases distintas, sucedidos de forma cíclica, a fim de permitir novas considerações e reavaliações em relação ao domínio e a inclusão ou exclusão de atributos, de acordo com a metodologia proposta pelo consórcio CRISP-DM (VALE *et al*, 2008), esquematizada a seguir na Figura 7.

Figura 7 - Esquema de desenvolvimento de projeto de mineração de dados CRISP-DM



Fonte: (VALE *et al.*, 2008) – Adaptada

Como descrito no esquema a metodologia CRISP-DM (VALE *et al.*, 2008) a execução do projeto de mineração consistiu nas seguintes fases:

- 1) Entendimento do domínio de conhecimento ao que o estudo se refere;
- 2) Conhecimento e entendimento do banco de dados referentes a este domínio;
- 3) Preparação dos dados (limpeza, construção, seleção, integração e formatação);
- 4) Modelagem;
- 5) Avaliação dos resultados.

A seguir estão apresentadas as descrições das fases de mineração de dados apresentadas:

1) Hipóteses Básicas para Minerações de Dados: Esta fase compreende o entendimento do domínio de conhecimento, que foi executado pela revisão de literatura.

2) Entendimento dos Dados: O entendimento dos dados envolveu considerações feitas na fase de entendimento do domínio, revisão bibliográfica, indicando qual deve ser a escolha dos dados a serem processados e analisados.

3) Preparação dos Dados: A fase de preparação dos dados foi dividida em ações ordenadas, que resultaram na elaboração do conjunto final dos dados processados e modelados. Essas ações para a preparação dos dados consistiram:

- Seleção – os dados brutos foram selecionados considerando sua importância para a análise;
- Limpeza – os atributos mais importantes e potencialmente preditores foram selecionados e excluídos os de menor importância;
- Construção – os bancos de dados foram reformulados com a inclusão de atributos derivados simples, formados pelo cálculo entre atributos e por atributos de julgamento de especialistas para o desempenho, características das instalações ou do técnico responsável da criação de forma categórica;
- Integração – após a construção, os bancos de dados foram integrados formando arquivo único dos dados;
- Formatação – os arquivos foram salvos no formato em que são utilizados para o processo de modelagem (csv, separado por vírgula).

4) Modelagem: Os dados foram computacionalmente processados através do programa Weka® versão 3.8. sendo que a tarefa que se utilizou nas análises foi a classificação, com a construção de árvores de decisão.

5) Avaliação: O pré-processamento dos dados, conforme descrito no item 3, gerou diferentes modelos por diferentes abordagens. Esses modelos foram selecionados de acordo com a avaliação comparativa, entre eles em cada processo de modelagem. A avaliação dos modelos foi realizada com base na precisão dos modelos e na precisão das classes. Os modelos gerados foram selecionados por intermédio do julgamento de especialistas em produção de poedeiras, em função das características seguintes:

- Precisão dos modelos;
- Precisão da classificação;
- Inteligibilidade, ou seja, a capacidade de compreensão das regras geradas pelos modelos, julgada por especialistas;
- Complexidade das árvores de decisão, em função do número de regras e tamanho da árvore.

Os dados geraram modelos que foram expostos da melhor forma e permitirão identificar condições ambientais prejudiciais para poedeiras em fase de produção, pois a técnica de Mineração de Dados é aplicável para construir modelos preditivos para a produção animal.

A Tabela 5 traz o sumário dos Atributos utilizados e avaliados para a seleção de modelos no processo de mineração, suas unidades e descrição.

Tabela 5 - Sumário dos Atributos selecionados inicialmente para o processo de mineração e criação de modelos.

ATRIBUTO	UNIDADE	DESCRIÇÃO
IDADE DAS AVES	Semanas	17
DENSIDADE	cm ² /ave	A1- 287; A2- 330; A3- 318, 360
=FOTOPERÍODO	horas de luz	A1- 19:00h às 21:00h 5:00h às 6:30; A2- 5:00h às 21:00h; A3- 1:00h às 2:00h 4:30h às 20:30h
PRODUÇÃO DE OVOS	%	Vide item 2.4 – Equação 5
VIABILIDADE	%	Vide item 2.4 - Equação 6
ITU	Adimensional	Vide item 1.4.4.1- Equação 1
ITGU	Adimensional	Vide item 1.4.4.2 – Equação 2
ENTALPIA	kcal/kg ar seco	Vide item 1.4.4.3- Equação 4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os modelos induzidos com uma variação no número de instâncias (ou observações), por folha, foram avaliados usando-se o método de validação cruzada. A seleção do melhor modelo foi feita com base nas medidas: precisão; o número de folhas (regras) e o coeficiente *Kappa*.

O coeficiente *Kappa* é usado para descrever a medida de concordância entre as classes previstas e observadas. Esse coeficiente varia de 0 a 1, representando resultados de classificação muito ruins e excelentes, respectivamente. Pode ser definido pela Equação 8 (LIMA *et al.*, 2017) como segue (WITTEN *et al.*, 2011), onde $Pr(a)$ é uma concordância relativa observada para uma dada classe na matriz de confusão; $Pr(e)$ é a probabilidade da concordância esperada nesta mesma classe.

Equação 8 - Coeficiente *Kappa*

$$K = Pr(a) - Pr(e) \cdot (1 - Pr(e))^{-1}$$

O coeficiente *Kappa* é calculado, considerando-se todas as classes disponíveis em um conjunto de dados (LIMA *et al.*, 2017). Uma possível interpretação do desempenho dos modelos do método estatístico *Kappa* foi introduzida por Landis e Koch (1977) e pode ser vista na Tabela 6. Para classificação de dados, como na pesquisa de LIMA *et al.* (2017), usa-se o método da árvore de decisão binária disponível no software Weka 3.6 (WITTEN *et al.*, 2011). O

algoritmo de indução utilizado será o J48, amplamente conhecido como C4.5. Técnicas de poda de árvores também foram utilizadas para reduzir o número de nós internos, gerando árvores menores e menos complexas e, portanto, mais fáceis de serem entendidas como indicado em LIMA *et al.* (2017).

Tabela 6 - 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: Landis e Koch (1977)

2.9.1 Validação das árvores de decisão

2.9.1.1 Mineração de dados e validação das árvores de decisão

Posterior à tabulação, o cálculo dos índices de conforto térmico (ITU, ITGU e Entalpia) e à classificação dos dados de acordo com a Tabela 4, estes arquivos foram transformados em arquivos de texto com formato “.arff”, em que os atributos referentes aos valores das variáveis e pela faixa de conforto térmico, seguiram para a etapa de mineração de dados. O *software Weka®* na versão 3.8 com o algoritmo J48, foi aplicado, originando-se as saídas de respostas para a construção das árvores de decisão.

Com o conhecimento do coeficiente *Kappa*, foi possível utilizar este valor para que fosse escolhida a melhor árvore de decisão, sendo esta etapa denominada de validação, pois, o coeficiente *Kappa* é uma forma de demonstrar a anuência entre as classes que foram previstas pelo programa e observadas. Os valores do coeficiente *Kappa* variam de 0 (classificação ruim) a 1 (excelente) (LIMA *et al.*, 2017). A árvore que tiver o maior valor de coeficiente *Kappa* por ciclo seguirá para a etapa de validação da mesma.

2.9.1.2 Avaliação por gráficos de cenários

A partir das árvores com o maior valor de coeficiente *Kappa*, sendo uma árvore por ciclo, foram utilizados os valores limites fornecidos pelos braços da árvore e esses valores determinaram cenários de acordo com o valor do índice de conforto térmico. Ao aplicar esses valores da árvore de decisão no banco de dados de ITU, ITGU e Entalpia, utilizando a função SOMASE do *Microsoft Office Excel*® o programa pode classificar os cenários diários do banco de dados de acordo com o que a árvore de decisão mostrou para aquele ciclo.

Em conjunto com o banco de dados de índices bioclimáticos, as classificações fornecidas pelas árvores e com o banco de dados de desempenho, foi possível analisar por meio de gráficos gerados no mesmo *software*, usando-se os dados produtivos em todos os cenários ocorridos separados de forma diária, podendo visualizar-se o que acontece com os dados de desempenho em situações favoráveis ou desfavoráveis para as poedeiras.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mineração de dados se mostrou promissora e aplicável neste estudo, para analisar os dados bioclimáticos e para elaborar os modelos com alta precisão baseados em índices de conforto térmico, objetivando evitar perdas em decorrência de extremos climáticos. Por meio do mesmo banco de dados elaboraram-se faixas de conforto térmico com dados locais para diversos cenários. Os modelos e as árvores de decisão geradas pelo *software* foram classificadas como excelente, segundo o coeficiente *Kappa*, com aproximadamente 98% de precisão, sendo o modelo para o índice de ITU o melhor modelo, obtendo 98,87% de coeficiente *Kappa*.

Para trabalhos futuros, espera-se desenvolver um programa computacional capaz de auxiliar o produtor rural à tomada de decisão, onde possa ser capaz de evitar perdas produtivas em razão do estresse térmico por calor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDIN, Z.; KHATOON, A. Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. **World's Poultry Science Journal**, [S.l.], v. 69, n. 01, p. 135-152, 2013.

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. **Estresse calórico: como ocorre e o que fazer**. [S.l.]: Embrapa, 2013. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/calor/calor.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2021.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 40, p. 1–14, 2011.

ALBINO, L. F. T.; CARVALHO, B. R.; MAIA, R. C.; BARROS, V. R. S. M. **Galinhas poedeiras: criação e alimentação**. Viçosa, Minas Gerais: Aprenda Fácil, 2014. 376 p.

ALBUQUERQUE, R. Tópicos importantes na produção de poedeiras comerciais. **Avicultura Industrial**, [S.l.], v. 1121, n. 95, 2004.

ANDRADE, R.R.; TINOCO, I.F.F.; SOUZA, C.F.; OLIVEIRA, K.P.; BARBARI, M.; CRUZ, V.M.F.; BAPTISTA, F.J.F.; VILELA, M.O.; CONTI, L.; ROSSI, G. Effect of thermal environment on body temperature of early-stage laying hens. **Agronomy Research**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 320-327, 2018.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal**. Viçosa (MG): Ed. UFV, 1997. 246 p.

BELAY, T.; WIERNUSZ, C. J.; TEETER, R. G. **Mineral balance of heat distressed broilers**. Oklahoma: Oklahoma Agricultural Experiment Station, 1980. p.189-194.

BERRY, M. J. A.; LINOFF, G. **Data mining techniques: for marketing, sales and customer support**. USA: Wiley Computer Publishing, 1997.

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975-981, 2003.

BOWEN, S. J.; WASHBURN, K. W. Thyroid and adrenal response to heat stress in chickens and quail differing in heat tolerance. **Poultry Science**, [S.l.], v. 64, n. 1, p. 149-154, 1985.

BROSSI, C.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; AMAZONAS, E. A.; MENTEN, J. F. M. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 39, n. 4, p. 1296-1305, 2009.

BUFFINGTON, C. S.; COLLIER, R. I.; CANTON, G. H., Shade management system heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1981.

CALADO, R.; NOGUEIRA, P. J.; CATARINO, J.; PAIXÃO, E. D. J.; BOTELHO, J. A. I. M. E.; CARREIRA, M.; FALCÃO, J. M. A onda de calor de agosto de 2003 e os seus efeitos sobre a mortalidade da população portuguesa. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, [S.l.], v. 22, n. 2, p. 7-20, 2004.

CAMILO, C. O.; SILVA, J. C. **Mineração de dados**: conceitos, tarefas, métodos e ferramentas. Relatório Técnico. [S.l.]: Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás, 2009.

COMPEAN, L. G.; ORTIZ, M. I.; UGALDE, J. R.; GARCIA, J. S.; DE LA ROSA, B. O.; ZAMORA-BUSTILLOS, R.; REYES RAMIREZ A.; MAGANA-SEVILLA, H. Escherichia coli vaccine and laying hens mortality after a heat stress challenge in tropical climate. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 96-99, 2011.

CORDEIRO, A. F. S.; NÄÄS, I. A.; OLIVEIRA, S. R. M.; VIOLARO, F.; ALMEIDA, A. C. M. Efficiency of distinct data mining algorithms for classifying stress level in piglets from their vocalization. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 208-216, mar./abr. 2012.

COSTA, M. J. R. P. Ambiência e qualidade de carne. In: CONGRESSO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 5., 2002, Uberaba. **Anais [...]**. Uberaba: [s.n.], 2002.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: Iowa State University Press, 1983. 650 p.

DAMASCENO, F. A.; GOMES, R. C. C.; TINÔCO, I. F. SOUZA, F. F. Mudanças climáticas e suas influências na produção avícola. **PUBVET**, Londrina v. 4, n. 28, Ed. 133, Art 901, 2010.

DONKOH, A.; ATUAHENE, C. C. Management of environmental temperature and rations for poultry production in the hot and humid tropics. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 32, n. 4, p. 247-253, 1988.

EDENHORFER, O.; PICHS-MDRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; VON STECHOW, C.; ZWICHEL, T.; MINX, J.C. **Climate change 2014**: mitigation of climate change: Working Group III contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. New York: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_frontmatter.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

FAYYAD, U; PIATETSKY-SHAPIRO, G; SMYTH, P. **From data mining to knowledge discovery in databases**. [S.l.]: American Association for Artificial Intelligence, 1996.

FRANK, E.; HALL, M. A.; WITTEN, I. H. **The WEKA Workbench**: online appendix for "data mining: practical machine learning tools and techniques". 4. ed. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2016.

FURLAN, R. A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. 146 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

FURLAN, R. L.; PAULILLO, A. C. **II Curso de atualização em avicultura para postura comercial**. Jaboticabal: Funep, 2005. p.96-118.

GARCIA, R. G.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F.; FERREIRA, V. M. O. S. Selecting the most adequate bedding material for broiler production in Brazil. **International Journal of Poultry Science**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 71-158, 2012.

GLOBO RURAL. **Mais de 1 milhão de galinhas morrem por causa do calor intenso em SP**. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globorural/noticia/2020/10/18/produtores-de-ovos-relatam-mortes-de-galinhas-por-causa-do-calor-intenso-em-sao-paulo.ghtml> . Acesso em: 25 out. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Onda de calor em são paulo e mato grosso do sul**. 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/atualização-onda-de-calor-em-são-paulo-e-mato-grosso-do-sul-2>. Acesso em: 22 out. 2020.

INTERAVES. **Produção e comercialização de poedeiras comerciais**. Cascavel: Programação de produção Hisex White, 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability**. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: [s.n.], 2014. Disponível em: <http://ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special Report of Working Group I e II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://ipcc.ch/report/srex/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

JÁCOME, I. M. T. D. **Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

KHAJAVI, M.; RAHIMI, S.; HASSAN, Z. M.; KAMALI, M. A.; MOUSAVI, T. Effect of feed restriction early in life on humoral and cellular immunity of two commercial broiler strains under stress conditions. **British Poultry Science**, London, v. 44, n. 3, p. 490-497, 2003.

KOCHETOV, V. Overview of different approaches to solving problems of Data Mining. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v. 123, p. 234-239, 2018.

KOENIGSBERG, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. **Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales**. Madri: Paraninfo, 1977.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, [S.l.], v. 33, n.1, p. 159-174, 1977.

LAVRAC, N. Machine learning for data mining in medicine. **Lecture Notes in Computer Science**, [S.l.], v. 1620, p. 47-62, 1999.

LAWRENCE, M. G. **The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air**. Boston: American Meteorological Society, 2005. p. 225-233. (Bulletin).

LIN, H.; JIAO, H. C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, [S.l.], v. 62, p. 71-85, mar. 2006.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: SILVA, I. J. O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: Degaspari,. 2001. p. 31-87,

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 246 p.

MASHALY, M. M., HENDRICKS, G. L.; KALAMA, M. A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O., PATTERSON, P. H.. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, [S.l.], v. 83, n.6, p. 889-894, 2004.

MATTOS, J. M. **Avaliação das instalações em aviários de postura conforme aspectos de conforto térmico na região de Bastos**. 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 660-665, dez. 2005.

MUJAHID, A.; AKIBA, Y.; TOYOMOZU, M. Acute heat stress oxidative stress and decreases adaptation in young white leghorn cockerels by downregulations of avian uncoupling protein. **Poultry Science**, Oxford, v. 86, n. 2, p. 364-371, 2007.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; BERNABUCCI, U. Climatic effects on productive traits in livestock. **Veterinary Research Communications**, [S.l.], v. 30, n. 1, p. 75-81, 2006.

NASCIMENTO, G. R. **Termografia aplicada à avaliação do ambiente térmico de alojamento e do conforto térmico de frangos de corte**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

NATIONAL FARM ANIMAL CARE COUNCIL - NFACC. **Code of practice for the care and handling of hatching eggs, breeders, chickens, and turkeys**. Ottawa: National Farm Animal Care Council, 2016. p. 16. Disponível em: https://www.nfacc.ca/pdfs/codes/poultry_code_EN.pdf. Acesso em: 17 ago. 2021.

OLIVEIRA, D.R.M.S.; NÄÄS, I.A. Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS: Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services, 2012, Rhodes. **Proceedings** [...] Greece: Internacional Federation for Information Processing, 2012.

PEREIRA, D. F.; VALE, M. M.; ZEVOLLI, B. R.; SALGADO, D. D. Estimating mortality in laying hens as the environmental temperature increases. **Brazilian Journal of Poultry Science**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 265-271, 2010.

QUINTEIRO-FILHO, W. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; PINHEIRO, M. L.; SAKAI, M.; SÁ, L. R. M.; FERREIRA, A. J. P.; PALERMO-NETO, J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science, Champaign**, [S.l.], v. 89, p. 1905-1914, 2010.

RIQUENA, R. S.; PEREIRA, D. F.; VALE, M. M.; SALGADO, D. D.. Mortality prediction of laying hens due to heat waves. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 50, n. 1, p. 18-26, 2019.

RODRIGUES, V. C.; VIEIRA, F. M. C.; SILVA, I. J. O. Mineração de dados para estimativas de mortalidade pré-abate de frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, [S.l.], v. 62, n. 239, p. 470, 2013.

ROMANO, G. G. **Ambiência, bem-estar e microbiota intestinal de aves poedeiras no sistema free-range livre de antibióticos**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2017. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências-Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2017.

SALGADO, D. D.; NÄÄS, I. A. Avaliação de risco à produção de frango de corte do Estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 367-376, 2010.

SHINI, S.; KAISE, P.; SHINI, A.; BRYDEN, W. L. Differential alterations in ultrastructural morphology of chicken heterophils and lymphocytes induced by corticosterone and lipopolysaccharide. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, [S.l.], v. 122, p. 83-93, 2008.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B. Ambiência na produção de aves de postura. *In*: Silva, I. J. O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p.150- 214.

STAR, L.; DECUYPERE, E.; PARMENTIER, H. K.; KEMP, B. Effect of single combined climatic and hygienic stress in fourlayer lines: 2. Endocrine and oxidative stress responses. **Poultry Science**, [S.l.], v. 87, p. 1031-1038, 2008.

STEPHENSON, D. B. Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events. *In*: MURNANE, R.; DIAZ, H. **Climate extremes and society**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2008. 348 p.

THAXTON, J. P. Welfare of the laying hen. **Poultry Science**, [S.l.], v. 27, p. 81-95, 2004.

THOM, E. The discomfort index. **Weatherwise**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 57-60, 1959.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, [S.l.], v. 3, p. 1-26, 2001.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA - UBA. **Protocolo de bem-estar para aves poedeiras**. São Paulo: UBA, 2008.

VALE, M. M.; MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F. Characterization of Heat Waves Affecting Mortality Rates of Broilers Between 29 Days and Market Age. **Brazilian Journal of Poultry Science**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 279-285, 2010.

WITTEN, I. H.; FRANK, E.; HALL, M. A. **Data mining**: practical machine learning tools and techniques. São Francisco, CA: The Morgan Kaufmann series in data management systems, 2011. 665 p.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D.; SHINDER, D.; TANNY, J; COHEN, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. **Poultry Science**, [S.l.], v. 83, p. 253-258, 2004.

A seguir, os resultados deste estudo são apresentados em forma de capítulos, sendo que o capítulo 2 já foi publicado.

CAPÍTULO 2 – Árvores de decisão baseadas em entalpia para avaliação de conforto para poedeiras leves em clima tropical

Artigo publicado na revista *Research, Society and Development* - ISSN 2525-3409, DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13354>.

Árvores de decisão baseadas em entalpia para avaliação de conforto para poedeiras leves em clima tropical

Enthalpy-based decision trees for comfort assessment of light layers in a tropical environment

Árboles de decisión basados en la entalpía para la evaluación del confort de las ponedoras en clima tropical

Recebido: 26/02/2021 | Revisado: 06/03/2021 | Aceito: 16/03/2021 | Publicado: 20/03/2021

Érik dos Santos Harada

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9851-2722>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: erik.harada8@gmail.com

Maria Elena Silva Montanhani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1987-7366>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: maria.montanhani@gmail.com

Leda Gobbo de Freitas Bueno

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8188-0000>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: leda.bueno@unesp.br

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

Resumo

Com o avanço da tecnologia foi possível armazenar uma grande quantidade de dados com um menor preço, sendo possível investigar os fatores climáticos que afetam a produção animal. A região Oeste do Estado de São Paulo é uma região propensa à ocorrência de extremos de temperatura, sendo um fator preocupante para os produtores de ovos. Neste estudo objetivou-se saber se é possível gerar árvores de decisão a partir de dados de entalpia utilizando a Mineração de Dados, e se estas árvores estarão aptas a serem inseridas em um sistema de alerta para intempéries climáticas. Para este estudo foi utilizado um banco de dados de variáveis bioclimáticas provenientes de três aviários de poedeiras comerciais localizados na cidade de Bastos-SP, Brasil, no ano de 2013. Após a organização e classificação dos dados em planilha eletrônica, e processados pelo software Weka® com o algoritmo J48 (C4.5) para mineração de dados, a técnica aplicada a este banco de dados possibilitou a geração de árvores de decisão com aproximadamente 98% de acertos e índice Kappa de 0,96 respectivamente. Sendo assim, as árvores de decisão geradas neste estudo são precisas o suficiente, para que sejam utilizadas

futuramente em um sistema de alerta contra adversidades climáticas para poedeiras comerciais em clima tropical.

Palavras-chave: Extremos Climáticos; Mineração de Dados; Avicultura de Postura.

Abstract

With the advancement of technology, it was possible to store a large amount of data at a lower price, making it possible to investigate the climatic factors that affect animal production. The western region of the state of São Paulo is a region prone to extremes of temperature, which is a worrying factor for egg producers. This study aimed to find out if it is possible to generate decision trees from enthalpy data using Data Mining, and if these trees are suitable to be inserted in a weather forecast system. For this study, a database of bioclimatic variables from three commercial layer aviaries located in the city of Bastos-SP, Brazil, in the year 2013 was used. After organizing and classifying the data in a spreadsheet, and processed by Weka® software with the J48 algorithm (C4.5) for data mining, this technique applied to this database allowed the generation of decision trees with approximately 98% and 0.96 for *Kappa* index, respectively. Thus, the decision trees generated in this study are accurate enough to be used in a future warning system against climatic adversities for commercial layers in tropical climates.

Keywords: Climate Extremes; Data Mining; Layer Poultry.

Resumen

Con el avance de la tecnología fue posible almacenar una gran cantidad de datos con un precio menor, siendo posible investigar los factores climáticos que afectan a la producción animal. La región occidental del estado de São Paulo es una región propensa a la ocurrencia de temperaturas extremas, lo que constituye un factor preocupante para los productores de huevos. En este estudio, el objetivo era saber si es posible generar árboles de decisión a partir de datos de entalpía utilizando la Minería de Datos, y si estos árboles serán adecuados para ser insertados en un sistema de alerta meteorológica. Para este estudio, se utilizó una base de datos de variables bioclimáticas de tres granjas comerciales de ponedoras ubicadas en la ciudad de Bastos-SP, Brasil, en 2013. Después de organizar y clasificar los datos en una hoja de cálculo electrónica, y procesados por el software Weka® con el algoritmo J48 (C4.5) para la minería de datos. Esta técnica aplicada a esta base de datos permitió generar árboles de decisión con aproximadamente un 98% de respuestas correctas y un índice *Kappa* de 0,96 respectivamente. Por lo tanto, los árboles de decisión generados en este estudio son lo suficientemente precisos como para ser utilizados en el futuro en un sistema de alerta contra adversidades climáticas para capas comerciales en climas tropicales.

Palabras clave: Extremos Climáticos; Minería de Datos; Aves de Corral Ponedoras.

1. Introdução

A ocorrência de ondas de calor tem se tornado frequente, e as mesmas têm causado efeitos negativos a produção animal. No ano de 2020, o Instituto Nacional de Meteorologia- INMET, emitiu alertas sobre a severidade de uma onda de calor com 5°C acima da média por um período de entre 3 e 5 dias, alerta que incluía uma importante região produtora de ovos localizada no Oeste do Estado de São Paulo (INMET, 2020). Existe uma preocupação mundial em relação à produção de alimentos. Estima-se, que em 2050 haja uma redução de 38% a 57% na produção de milho em decorrência de ondas de calor e longos períodos de estiagem (Chung *et al.*, 2014). Segundo Salgado & Nääs (2010), a região de Bastos-SP é um local propenso à ocorrência de temperaturas extremas diárias durante o ano, possuindo aproximadamente 29% de risco de ocorrência de temperaturas extremas durante o ano, fato preocupante, pois o município tem como principal atividade econômica a avicultura de postura.

A produtividade máxima das galinhas poedeiras é atingida quando as mesmas são inseridas em um local que conceda as exigências de bem-estar, pois este estado reflete na saúde física e mental, e conforto térmico para as aves (Andrade *et al.*, 2018). Para que seja possível a realização de tal atividade, averiguam-se constantes investimentos em melhorias na produtividade. A mesma se encontra associada a alguns fatores importantes: melhoramento genético, investimento nas instalações, treinamento dos funcionários em relação ao manejo, melhoria nas condições sanitárias entre outros. As variáveis ambientais externas causam interposição nas condições internas da instalação, podendo causar infortúnios a produção, acarretando dispêndios econômicos à

atividade (Oliveira & Nääs, 2012).

O estresse térmico por calor ocasiona sérios problemas fisiológicos, afetando o sistema endócrino, respiratório e o balanço eletrolítico. Todos esses distúrbios afetam negativamente o desempenho destes animais (Teeter *et al.*, 1985; Sohail *et al.*, 2010; Lara & Rostagno, 2013). As causas do estresse térmico por calor são provocadas pela associação de altas temperaturas, altas taxas de umidade relativa do ar e baixa velocidade do vento (Yahav *et al.*, 2004; Balnave & Brake, 2005). Para que os efeitos do calor sejam minimizados, o sistema de termorregulação das aves é acionado quando a temperatura ambiente está acima de 24°C, temperatura esta, acima da zona de termoneutralidade (Celik *et al.*, 2004; Etches *et al.*, 2008). O estresse por calor se torna visível, quando a temperatura passa de 30°C, pois, devido à dificuldade em dissipar calor pela ausência de glândulas sudoríparas e à presença de penas, este torna-se mais evidente (Seven, 2008). Sabe-se também que o estresse por calor favorece a diminuição do peso corporal e negativamente a produção e qualidade dos ovos, este pode também ocasionar elevação da taxa de mortalidade (Pereira *et al.*, 2010).

Perante à necessidade de monitorar o ambiente, foram correlacionados dados ambientais como: temperatura, umidade relativa, velocidade do vento entre outros, podendo contribuir para a elaboração de Índice de Conforto Térmico. As variáveis de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar afetam o desempenho das aves (Medeiros *et al.*, 2005; Damasceno *et al.*, 2010). Utilizando apenas temperatura e umidade relativa, o índice de Entalpia é bastante utilizado para classificar o ambiente e o desconforto animal, pois são variáveis ambientais disponíveis facilmente em estações meteorológicas (Guimarães *et al.*, 2014).

Junto com a evolução da cadeia produtiva, o grande volume de dados armazenados que são coletados dos processos produtivos, também aumenta a cada ano. Em decorrência da evolução tecnológica, o armazenamento destes dados em bancos de dados digitais teve uma redução nos preços, tornando-o acessível. Para que seja possível interpretá-los com melhor aproveitamento, são necessárias técnicas e recursos computacionais (ANID, 2015). Entre os recursos disponíveis, a Mineração de Dados é uma ferramenta que associa inteligência artificial e ciência computacional, gerenciando os dados, algoritmos matemáticos e a estatística, possibilitando analisar um grande volume de dados (Liao, 2003; Han & Kamber, 2006). Desta forma, para melhor prever as adversidades climáticas, a ferramenta de mineração de dados com a geração de árvores de decisão é uma alternativa que auxilia no entendimento da ação do clima em relação às instalações para animais.

Com o presente cenário, o objetivo deste estudo é desenvolver árvores de decisão com alta precisão a partir de dados de entalpia, servindo de base para um sistema de alerta contra adversidades climáticas para poedeiras leves em clima tropical.

2. Materiais e Métodos

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) da FCAT/Unesp sob o número de protocolo 11/2012.

Para este estudo, foram utilizados três aviários comerciais, que se diferenciavam tipologia de construção: sistemas de climatização (piramidal sem climatização, vertical com pressão negativa e vertical com aspersão no telhado), denominados respectivamente A1, A2 e A3. Os aviários eram localizados no município de Bastos-SP (latitude 21°55'19" sul e longitude 50°44'02" oeste, altitude de 445 metros). O clima da região é subtropical Aw (tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C (CEPAGRI, 2017). O mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com período chuvoso que se atrasa

para o outono.

O estudo foi dividido em duas partes e, na primeira, houve as coletas das variáveis bioclimáticas (Temperatura de Bulbo Seco (°C) e Umidade Relativa do Ar (%)), esta etapa ocorreu no ano de 2013 para os três tipos de aviário, a segunda parte foi a realização da Mineração de Dados. Utilizaram-se poedeiras da linhagem Dekalb White®, com 17 semanas de vida, todas recebendo alimentação equivalente, o período se iniciou em março de 2013.

2.1 Monitoramento bioclimático

2.1.1 Ambiente Externo:

Para a coleta das variáveis ambientais externas, utilizou-se a estação climatológica da Universidade Estadual Paulista (Unesp) Campus de Tupã, que se distanciava em 20km do município de Bastos-SP. Durante o período do estudo, foi analisado um ciclo produtivo de 21 dias no verão de 2013.

2.1.2 Ambiente interno:

Na coleta das variáveis bioclimáticas internas, empregou-se o uso de equipamentos do tipo data loggers (HOBO U12-012 (Onset®)) com canal externo para sensor de temperatura/TMC50-HD no interior de cada aviário. Monitorou-se as seguintes variáveis: temperatura de bulbo seco (Tbs) e umidade relativa (UR), com 31 equipamentos de 30 em 30 minutos. A distribuição dos equipamentos ocorreu da seguinte forma: sete *data loggers* HOBO no aviário A1 e doze *data loggers* HOBO no galpão A2 e A3. Com estes registros foi possível calcular o índice de conforto térmico.

2.2 Descrição dos aviários

2.2.1 Funcionamento do aviário A1 (Piramidal):

O sistema de produção, neste aviário, é do tipo piramidal, com três andares de gaiolas e duas baterias. A coleta de ovos foi realizada por esteira automática acoplada ao sistema, coletados uma vez ao dia. O arraçamento foi realizado automaticamente, o fornecimento da água foi ad libitum e realizado por meio de bebedouros tipo nipple. As lâmpadas foram ligadas durante a madrugada entre uma hora e duas horas da manhã e depois das quatro horas e meia às sete horas da manhã, sendo aproveitada a iluminação natural a partir desse horário, e reacendendo às vinte horas até vinte e uma e meia horas, totalizando fotoperíodo de 17 horas de luz contínua, com 1 hora de luz intermitente. O restante do tempo ficou destinado para o descanso das aves. Este galpão não possuía nenhum tipo de sistema de climatização e o esterco era retirado manualmente.

2.2.2 Funcionamento do aviário A2 (Vertical climatizado):

Foi, neste caso, utilizado um sistema de produção do tipo vertical, contendo três baterias com seis andares de gaiolas. A ração foi fornecida por comedouro automático, a coleta de ovos foi feita por esteiras automáticas conectadas ao sistema e a água ficou disponível em bebedouros ad libitum, três para cada duas gaiolas. A ração foi a mesma fornecida no galpão A1 devido as aves serem da mesma idade e linhagem. Nesse galpão foram instalados doze *data loggers* HOBO, distribuídos em três unidades por corredor. Neste galpão, o sistema de climatização foi realizado por exaustores e *pad cooling* (de celulose). Possuindo quatorze exaustores em uma extremidade do galpão e em outra o *pad cooling* presente também nas laterais direita e esquerda da extremidade. Quanto ao manejo das cortinas deste galpão, estas permaneceram fechadas durante o dia todo, devido ao sistema de climatização que exige total vedação do ambiente para o funcionamento do túnel adiabático e para que as condições internas não fossem afetadas pelas externas.

2.2.3 Funcionamento do aviário A3 (Vertical sem climatização):

O galpão A3 teve distribuição de gaiolas do tipo vertical e não possuía sistema de climatização sendo sua ventilação natural e possuía aspersão no telhado. A coleta de ovos e a retirada de esterco foram realizadas

automaticamente. O arraçoamento foi realizado por comedouro automático, os bebedouros do tipo nipple e a água foi oferecida ad libitum. A dieta oferecida foi a mesma dos galpões A1 e A2. Havia duas baterias com seis andares de gaiolas, uma bateria formada por gaiolas de arame e a outra de polietileno. Neste galpão foram instalados doze Hobos.

2.3 Cálculo de Viabilidade:

Para se calcular a viabilidade (%), o número de aves mortas foi anotado diariamente para a determinação da viabilidade total dos lotes (em função do número de aves alojadas), descrito pela equação 1.

$$V = \frac{At - As}{As} \times 100$$

Equação 1: Viabilidade

Em que:

V: Viabilidade (%);

At: Número de aves alojadas;

As: Número de aves mortas durante a semana.

2.4 Cálculo de Entalpia:

Para caracterizar a zona de conforto térmico adequada às aves, foi determinado o índice de conforto térmico Entalpia, por meio da fórmula citada por Furlan (2001). Os dados de Tbs°C e UR% foram aplicados na fórmula, sendo possível assim calcular-se o índice de Entalpia (Equação 2):

$$H = 6,7 + 0,243XTbs + (UR/100 \cdot 10^{((7,5 \times Tbs)/(237,3 + Tbs))})$$

Equação2: Entalpia

Onde:

H: entalpia (kcal/kg ar seco);

Tbs: temperatura de bulbo seco (°C) e

UR: umidade relativa do ar (%).

Na Tabela 1 são apresentadas as faixas de classificação segundo os valores obtidos através da Equação 1(FURLAN, 2001).

Tabela 1- Zonas de conforto de acordo com Entalpia.

Faixas	Entalpia	Nível de estresse
1	56,1 a 64,6	Conforto
2	64,7 a 70,5	Alerta
3	70,6 a 77,5	Crítica
4	77,6 a 93,1	Letal

2.5 Mineração de Dados:

A segunda etapa consistiu na realização do processo de Mineração de Dados que foi dividido em fases distintas, sucedidos de forma cíclica, a fim de permitir novas considerações e reavaliações em relação ao domínio e à inclusão ou exclusão de atributos, de acordo com a metodologia proposta pelo consórcio CRISP-DM (Vale *et al*, 2008).

Os modelos induzidos com uma variação no número de instâncias (ou observações), por folha, foram avaliados usando o método de validação cruzada. Foi realizada a poda dos atributos que não contribuíram para os resultados de performance das árvores de decisão. A seleção do melhor modelo foi feita com base nas

medidas: precisão; o número de folhas (regras) e o coeficiente *Kappa*.

O coeficiente *Kappa* é usado para descrever a medida de concordância entre as classes previstas e observadas. Esse coeficiente varia de 0 a 1, representando resultados de classificação muito ruins a excelentes, respectivamente (Lima *et al.*, 2017). Como resultado da indução do modelo de árvore de decisão, foi possível obter a matriz de confusão, que segundo Han *et al.* (2011) é amplamente utilizada na análise estatística de concordância. A partir da matriz de confusão, segundo Lima *et al.* (2017), foi possível obter as medidas de avaliação de desempenho.

Após a organização dos dados em planilha de Excel® para cada aviário separadamente e respectivamente classificados de acordo com as faixas de Entalpia, construiu-se um arquivo em formato compatível com o software Weka® em extensão “.arff”. Estes arquivos organizados e classificados em formato “.arff”, foram executados no software Weka®. Escolheu-se o algoritmo J48 como procedimento de classificação, gerando após este processo a elaboração das saídas para a confecção das árvores de decisão.

3. Resultados e Discussão

Após a inserção do arquivo em formato “.arff” no software Weka®, geraram-se árvores de decisão e valores de classificação e precisão das mesmas. A seguir, são apresentados os resultados para os três aviários na estação de verão.

•Aviário piramidal (A1)

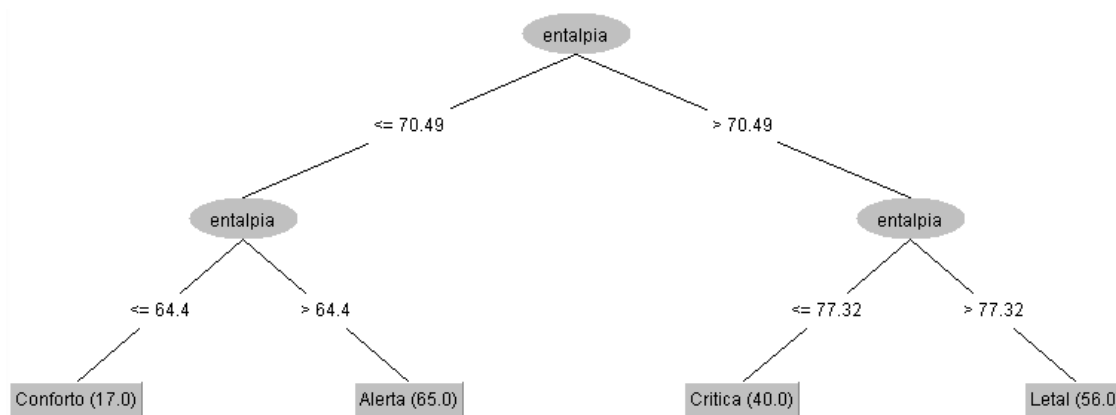


Figura 8 Resultados do algoritmo J48 com o sumário estatístico do processamento do conjunto de dados do aviário piramidal e resultados da precisão de classificação.

O algoritmo obtido como modelo de mineração de 98,3146% e 0,9762 de índice *Kappa*, o que, segundo o método sugerido por Lima *et al.* (2017), torna-se possível qualificar a mineração como excelente.

•Aviário vertical climatizado (A2)

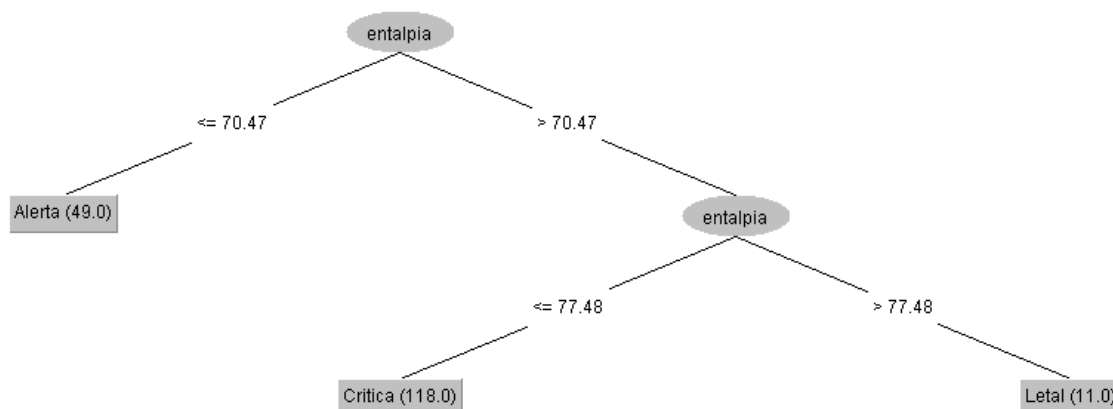


Figura 9 Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário vertical climatizado.

Com valores de 98,8764% e 0,9767 para modelo de mineração e índice *Kappa* respectivamente, pode se considerar que a mineração de dados foi precisa, obtendo valores excelentes (Lima *et al.*, 2017).

•Aviário vertical não climatizado (A3)

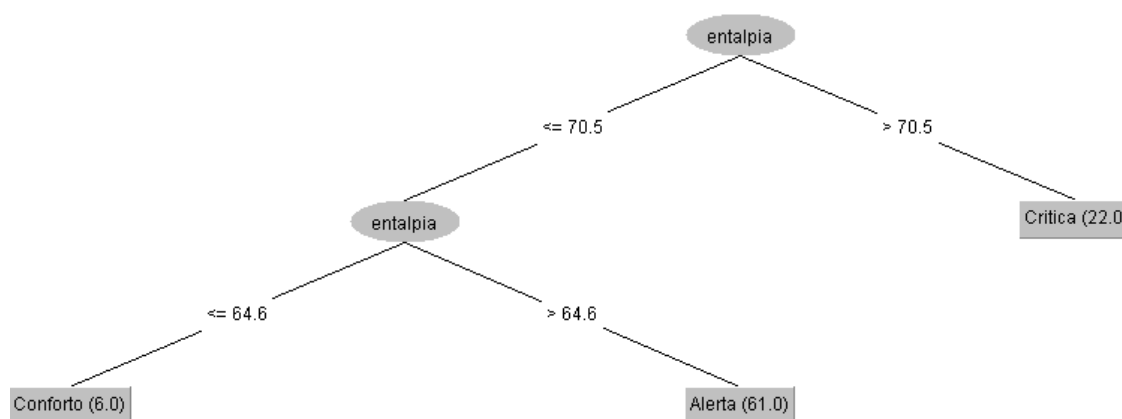


Figura 10 Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário vertical não climatizado

Para o aviário A3, a mineração de dados conforme a proposta de, foi classificada como excelente, pois o algoritmo de 97,7528% e índice *Kappa* de 0,9514 são valores que nos permitem inferir com precisão os dados obtidos na árvore. É possível observar (Figura 1), que no aviário A1(piramidal), foram encontrados todos os cenários possíveis, desde conforto térmico a letal. Por ser uma instalação que é dependente do ambiente externo, já era esperado que ocorresse uma situação de letalidade ($>77,32$). Porém, mesmo sendo dependente de eventos climáticos externos para que haja as trocas de calor (Abreu *et al.*, 2007) e consequentemente a melhoria dos valores de entalpia encontrados, a situação de conforto térmico foi encontrado ($\leq 64,4$).

Quando analisado o aviário A2 (climatizado por pressão negativa) (Figura 2), existe uma disparidade em relação a proposta da tipologia construtiva e os valores de entalpia proporcionado para as poedeiras instaladas na mesma. O aviário A2 não foi capaz de proporcionar conforto térmico para as aves na estação do verão, os valores fornecidos pela árvore de decisão começam com o estado de alerta e segue até o cenário de letalidade ($\leq 70,47$ e $\geq 77,48$). Situação preocupante já que se trata de um aviário que possui tecnologias de

climatização. Estes valores de entalpia mostram que existe a necessidade constante de manutenção do sistema, para que o mesmo alcance a eficiência almejada pelo projeto.

No aviário A3 (vertical sem climatização), não houve cenário de letalidade durante a estação do verão. Esta instalação chegou apenas em situação entre conforto térmico ($\leq 64,6$) e crítica ($> 70,5$), mesmo contando com o manejo de cortinas e aspersão de gotículas de água no telhado, um resultado positivo em relação ao aviário A2 em que se esperava um cenário apenas de conforto térmico.

Quando se comparam os três aviários, o que teve resultados mais interessantes e consequentemente conseguiu proporcionar melhor ambiente térmico para as aves, foi o A3. Além disso, este aviário apresentou uma viabilidade de 89,46%, sendo melhor que o aviário A2 (88,46%) e A1 (80,26%). O A3 o melhor em relação a viabilidade e valores de Entalpia; todas as instalações ficaram a quem do recomendado pelo manual da linhagem (95,90%) (Dekalb White®, 2021). Esperava-se que o aviário A2 tivesse um melhor desempenho de todos, pois ele é de tipologia construtiva fechada e com sistema de climatização. É de conhecimento que estratégias construtivas como aspersão de água no telhado têm efeitos positivos em aviários. A aspersão de água na superfície de telhas de aço é capaz de reduzir aproximadamente 19,5°C de temperatura superficial, e até 1,9°C de temperatura próximo a altura da ave (Machado *et al.*, 2016).

4. Conclusão

Com os resultados apresentados sobre este estudo, conclui-se que é possível gerar árvores de decisão com precisão para poedeiras a partir de dados de Entalpia. A mineração de dados mostrou-se eficaz na predição do conforto térmico. Após a validação das árvores de decisão, será possível o desenvolvimento de um software computacional para a classificação do conforto térmico e facilitar a tomada de decisão do produtor.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq Processo nº 313339/2019-8, à FAPESP Processo nº 2018/17447-1 e à CAPES processo nº 88887.480645/2020-00 pelo apoio às pesquisas.

Referências

- Abreu, P. G., Abreu, V. M. N., Coldebella, A., Jaenisch, F. R. F. & Paiva, D. P. (2007). Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, [S.L.], 59(4), 1014-20
- Andrade, R.R., Tinoco, I.F.F., Souza, C.F., Oliveira, K.P., Barbari, M., Cruz, V.M.F., Baptista, F.J.F., Vilela, M.O., Conti, L., Rossi, G. (2018). Effect of thermal environment on body temperature of early-stage laying hens. *Agronomy Research* 16(2), 320-327.
- Anid, Associação Nacional Para Inclusão. (2015). Recuperado de <http://www.anid.com.br/site/>
- Balnave, D., Brake, J. (2005). Nutrition and management of heat-stressed pullets and laying hens. *World's Poultry Science Journal*, [S.L.], v. 61, n. 3, p. 399-406.
- Celik, L. B., Tekeli, A., Ozturkcan, O. (2004). Effects of supplemental L-carnitine in drinking water on performance and egg quality of laying hens exposed to a high ambient temperature. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 88(5-6), 229-233.
- Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI. (2017). Recuperado de <http://www.cepagri.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>
- Chung, U., Gbegbelegbe, S., Shiferaw, B., Robertson, R., Yun, J. I., Tesfaye, K., Hoogenboom, G., Sonder, K. (2014). Modeling the effect of a heat wave on maize production in the USA and its implications on food security in the developing world. *Weather and Climate Extremes*, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 67-77.
- Damasceno, F. A., Junior, T. Y., Lima, R. R., Gomes, R. C. C., Moraes, S. R. P. (2010). Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. *Ciência e Agrotecnologia*, [S.L.], v. 34, n. 4, p. 1031-1038.
- Dekalb White®. (2021). Recuperado de https://www.dekalb-poultry.com/documents/137/DW_cs_c_leaflet_L7150_1_bpt.pdf
- Etches, R. J., John, T. M., Verrinder Gibbins, A. M. (2008). Behavioural, physiological, neuroendocrine and molecular responses to heat stress. Pages 48-79 in *Poultry Production in Hot Climates*. 2nd ed. N. J. Dagher, ed. CAB International, Wallingford, UK.

- Furlan, R.A. (2001). Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 146p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Guimarães, M. C. C., Furtado, D. A., Nascimento, J. W. B., Tota, L. C. A., Silva, C. M., Lopes, K. B. P. (2014). Efeito da estação do ano sobre o desempenho produtivo de codornas no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.231–237.
- Han, J., Kamber, M. (2006). Data mining: concepts and techniques. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2nd Edition, 2006, 770 p.
- Han, J., Kamber, M., Pei, J. (2011). Data Mining: concepts and techniques. 3rd edition. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- INMET- Instituto Nacional de Meteorologia (2020). Avisos meteorológicos Brasil, 2020. Recuperado de <https://portal.inmet.gov.br/noticias/recordes-historico-de-temperatura-nos-estados-do-mato-grosso-do-sul-e-sao-paulo>
- Lara, L. J., Rostagno, M. H. (2013). Impact of heat stress on poultry production animals. *Animals*, v. 3, n. 2, p. 356-369.
- Liao, S.H. (2003). Knowledge management technologies and applications – literature review from 1995 to 2002. *Expert Systems with Applications*, v. 25, p. 155-164.
- 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, v. 23, n. 2, p. 201-208.
- Machado, N. S., Tinôco, I. F. F., Zolnier, S., Mogami, C. A., Rocha, K., Keller Sullivan Oliveira. (2016). RAIN WATER SPRAY STORED ON THE BROILER SHEDS COVER WITH STEEL TILES IN THE CENTER WEST REGION OF BRAZIL. *Nucleus*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 153-168.
- Medeiros, C. M., Baêta, F. C., Oliveira, R. F. M., Tinôco, I. F. F., Ablino, L. F. T., Cecon, P. R. (2005). Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 660-665.
- Oliveira, D.R.M.S., Nääs, I.A. (2012). Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS*. Rhodes. Anais. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: proceedings, Greece: Internacional Federation for Information Processing.
- 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*, v. 12, n. 4, p. 265-271.
- 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*, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 367-376.
- Seven, P. T. (2008). The Effects of Dietary Turkish Propolis and Vitamin C on Performance, Digestibility, Egg Production and Egg Quality in Laying Hens under Different Environmental Temperatures. *Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences*, [S.L.], v. 21, n. 8, p. 1164-1170.
- Sohail, M.u., Ijaz, A., Yousaf, M.s., Ashraf, K., Zaneb, H., Aleem, M., Rehman, H. (2010). Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and Lactobacillus-based probiotic: dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, c-reactive protein, and humoral immunity. *Poultry Science*, [S.L.], v. 89, n. 9, p. 1934-1938.
- Teeter, R.G., Smith, M.O., Owens, F.N., ARP, S.C., Sangiah, S., Breazile, J.e. (1985). Chronic Heat Stress and Respiratory Alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. *Poultry Science*, [S.L.], v. 64, n. 6, p. 1060-1064.
- Vale, M.M., Moura, D.J., Nääs, I.A., Oliveira, R.M., Rodrigues, L.H.A. (2008). Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. *Scientia Agrícola* (Piracicaba, Braz.), v.65, n.3, p.223-229.
- Yahav, S., Straschnow, A., Luger, D., Shinder, D., Tanny, J., Cohen, S. (2004). Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. *Poultry Science*, [S.L.], v. 83, n. 2, p. 253-258.

CARTA DE ACEITE

RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT

Carta de Aceite

O trabalho intitulado "Árvores de decisão baseadas em entalpia para avaliação de conforto para poedeiras leves em clima tropical", submetido em "01/03/2021" foi aceito para publicação e será publicado em até 30 dias na Revista Research, Society and Development - ISSN 2525-3409.

O trabalho é de autoria de:

Érik Dos Santos Harada, Maria Elena Silva Montanhani, Leda Gobbo de Freitas Bueno, Mario Mollo Neto, Silvia Regina Lucas de Souza e Ricardo da Fonseca.

São Paulo, 17 de março de 2021.



Dr. Ricardo Shitsuka
Editor

CAPÍTULO 3 – ÁRVORES DE DECISÃO BASEADAS EM ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO PARA POEDEIRAS EM AVIÁRIO CONVENCIONAL POR ESTAÇÃO DO ANO.

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de eventos meteorológicos de extremos climático tem sido mais comum com o passar dos anos. Em 2020, O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), alertou para uma onda de calor 5°C acima da média (temperatura mínima e máxima) com duração entre 3 e 5 dias (INMET, 2020). Com a maior frequência destes acontecimentos, ressalta-se a importância das previsões precoces para estes eventos. Neste sentido, a meteorologia e os dados históricos de desempenho vêm sendo um forte aliado para evitar perdas produtivas causadas pelo estresse calórico (VALE *et al.*, 2010). Um estudo realizado por Riquena *et al.* (2019) sobre a predição de mortalidade de poedeiras por ondas de calor concluiu que há uma alta incidência destes fenômenos entre os meses de setembro e janeiro.

O conhecimento sobre as características climáticas do local onde as aves serão criadas é de grande importância, pois, ao se compreender as particularidades daquela região, é possível buscar soluções para eventuais problemas. A principal região produtora de ovos é o Oeste do Estado de São Paulo, onde se localiza a cidade de Bastos. A cidade apresenta classificação climática segundo Koppen Aw (verões longos, quentes e abafados, e os invernos curtos e secos). A temperatura média varia entre 15°C e 31 °C; a menor ocorrência temperaturas fica abaixo de 10 °C. Diante disso, ocorrem sucessivos eventos meteorológicos de extremos climáticos, com maior frequência de altas temperaturas, denominadas de ondas de calor, que contribuem para a alta da mortalidade das galinhas poedeiras (SALGADO; NÄÄS, 2010; PEREIRA *et al.*, 2010; WEATHER SPARK, 2018; RIQUENA *et al.*, 2019).

A maioria das instalações para poedeiras comerciais são conhecidas como piramidais ou californianas, que são classificadas como aviário de alta vulnerabilidade por não possuírem sistemas de resfriamento evaporativo capaz de proporcionar um microclima adequado ao processo produtivo das aves e reduzir a influência climática externa (ABREU *et al.*, 2007).

Os fatores, que tornam as instalações menos vulneráveis aos extremos climáticos, incluem estratégias de localização geográfica, cobertura (tipo de telhado), pintura no telhado e o sombreamento por árvores (arborização). Esses fatores simples devem ser utilizados para minimizar os efeitos das condições climáticas externas. O uso de equipamentos de ventilação no sistema de pressão positiva com ou sem a associação de nebulizadores é uma das alternativas que permite melhores condições ambientais reduzindo os efeitos de estresse por calor nas aves (ALVES; RODRIGUES 2004; LIMA *et al.*, 2009; SARMENTO *et al.*, 2005; SARTOR *et al.*, 2001; WELKER *et al.*, 2008)

Ao longo dos anos e da tecnificação da produção animal, a quantidade de dados armazenados aumentou, possibilitado pela evolução tecnológica que fez com que os preços se tornassem acessíveis. Mas, é necessário a utilização de artifícios computacionais. Entre tantas possibilidades, a mineração de dados, é um aparato de inteligência artificial e computacional que controla os dados, algoritmos matemáticos e estatísticos, permitindo analisar uma grande quantidade de dados (LIAO, 2003; HAN; KAMBER, 2006). Assim, possibilitando a confecção de modelos baseados em indicadores de conforto térmico que sejam capazes de auxiliar na tomada de decisão frente às adversidades climáticas em relação aos animais de produção.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi confeccionar modelos e árvores de decisão baseadas em índices de conforto térmico, para cada estação do ano, por meio da mineração de dados para um aviário comercial do tipo piramidal e posterior comparação com o banco de dados produtivo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos e coletas realizadas neste estudo estão de acordo com os princípios da experimentação animal. Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) da FCAT/Unesp sob o número de protocolo 11/2012.

Este estudo foi realizado em uma granja comercial de galinhas poedeiras no município de Bastos-SP, região Oeste do Estado de São Paulo (latitude 21°55'19" sul e longitude 50°44'02" oeste, altitude de 445 metros). Segundo a classificação

climática do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI, esta região é classificada como subtropical Aw tropical chuvoso, com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C, e possui pluviosidade média de 60 mm no mês mais seco) (CEPAGRI, 2017).

Para organizar e realizar todas as etapas deste estudo, foi feita a divisão em duas partes. A primeira foi a coleta de dados das variáveis bioclimáticas (Temperatura de Bulbo Seco (°C) e Umidade Relativa do Ar (%)) no ano de 2013 e primeiro trimestre de 2014. Para a segunda parte foram feitos o processamento, a mineração de dados e a validação das árvores de decisão, em 2020 e 2021.

3.1 Funcionamento do Aviário

O sistema de produção é do tipo piramidal, com três andares de gaiolas e duas baterias. A coleta de ovos foi realizada por esteira automática acoplada ao sistema, coletados uma vez ao dia. O arrazoamento foi realizado automaticamente, o fornecimento da água foi *ad libitum* e realizado por bebedouros tipo *nipple*.

As lâmpadas foram ligadas durante a madrugada entre uma hora e duas horas da manhã e depois das quatro horas e meia às sete horas da manhã, sendo aproveitada a iluminação natural a partir desse horário, e reacendendo às vinte horas até vinte e uma e meia horas, totalizando fotoperíodo de 17 horas de luz contínua, com 1 hora de luz intermitente. O restante do tempo ficou destinado para o descanso das aves.

Este galpão não possuía nenhum tipo de sistema de climatização e o esterco era retirado manualmente. Nesse aviário foram instalados sete *data loggers* HOBO U12-012 (Onset®) para aquisição de variáveis bioclimáticas (Temperatura de bulbo seco, Umidade relativa do ar e Temperatura de globo negro) distribuídos por gaiolas seguindo as medidas e alturas.

3.2 Variáveis Bioclimáticas

3.2.1 Ambiente externo

Para a análise e processamento dos dados ambientais externos, foram

utilizados os dados existentes no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, usando-se os dados da cidade de Rancharia-SP que se distanciava aproximadamente 40km da cidade de Bastos-SP. O período utilizado foi de 20 de março de 2013 a 20 de março de 2014.

3.2.2 Ambiente interno

As variáveis bioclimáticas do interior do aviário foram coletadas por meio de aparelhos *data loggers* (HOBO U12- 012 (Onset®)) que possuíam sensores de temperatura externos (TMC50-HD). Acoplados a estes equipamentos, também havia um termistores que por meio de um cabo, estes sensores foram acoplados dentro de esferas plásticas ocas, e estas foram tingidas com tinta preta fosca.

Coletaram-se as seguintes variáveis: temperatura de bulbo seco ($T_{bs}^{\circ}\text{C}$), temperatura de globo negro ($T_{gn}^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (UR), com 7 equipamentos a cada 30 minutos.

3.3 Cálculo de índices bioclimáticos

A partir do banco de dados das variáveis do ambiente interno do aviário, calcularam-se os índices bioclimáticos de ITU, ITGU e Entalpia, para todos os dias dos quatro ciclos, utilizando as máximas de todas as variáveis, a fim de se obter os valores máximos de todos os índices.

3.3.1 Índice de Temperatura e Umidade

O cálculo do ITU (Equação 1) é feito através da fórmula proposta por Thom *et al.* (1959), os dados inseridos na fórmula são provenientes do banco e dados bioclimáticos:

Equação 1- Índice de Temperatura e Umidade

$$ITU = 0,8 \times T_{bs} + (UR/100) \times (T_{bs} - 14,4) + 46,4$$

Onde:

T_{bs} : temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$)

UR: umidade relativa (%).

3.3.2 Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Para Baêta e Souza (1997), o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) é um dos indicadores mais precisos para o estresse térmico, desenvolvido por Buffington *et al.* (1981) (Equação 2):

Equação 2- Índice de Temperatura de Globo e Umidade

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

Onde:

TGN: temperatura de globo negro (K)

TPO: temperatura do ponto de orvalho (K).

Temperatura do ponto de orvalho

A Temperatura de Ponto de Orvalho (TPO) é feita por meio da Equação 3 (LAWRENCE, 2005):

Equação 3 - Temperatura de Ponto de Orvalho

$$Tpo = 243,04 \left[\ln \left[\frac{(UR/100) + (17,625 \times Tbs)/(243,04 + Tbs)}{UR/100} \right] \right] / (17,625 - \ln \left[\frac{(UR/100) + (17,625 \times Tbs)/(243,04 + Tbs)}{UR/100} \right])$$

3.3.3 Entalpia

A Entalpia foi descrita citada por Furlan (2001) (Equação 4):

Equação 4 - Entalpia

$$H = 6,7 + 0,243 \times Tbs + (UR/100 \times 10^{((7,5 \times Tbs)/(237,3 + Tbs)))}$$

Onde:

H: entalpia (kcal/kg ar seco);

Tbs: temperatura de bulbo seco (°C) e

UR: umidade relativa do ar (%).

3.4 Desempenho

3.4.1 Produção de ovos (%)

Para a determinação da produção de ovos (%), os mesmos foram coletados diariamente e anotados e a determinação da produção total de ovos e porcentagem de postura (em função do número de aves alojadas), foi feita por meio Equação 5:

Equação 2 - Produção de ovos

$$P = \frac{Os}{As} \times 100$$

Em que:

P: Produção de ovos (%);

Os: Número de ovos produzidos na semana;

As: Número total de aves na semana.

3.4.2 Viabilidade (%)

O número de aves mortas foi anotado diariamente para a determinação da viabilidade total (em função do número de aves alojadas), descrito pela Equação 6:

Equação 3- Viabilidade

$$V = \frac{At - As}{As} \times 100$$

Em que:

V: Viabilidade (%);

At: Número de aves alojadas;

As: Número de aves mortas durante a semana.

3.5 Mineração de Dados e Validação

3.5.1 Tabulação e Classificação de Faixas de Conforto Térmico

Na etapa de tabulação e organização dos dados, os mesmos foram tabulados e pré-processados em planilhas no *Microsoft Office Excel*®, de onde principalmente os dados errôneos foram removidos visualmente, para que não interferissem nas posteriores análises. Após a tabulação dos dados, ocorreu a classificação dos valores (Tabela 4) a partir do ponto central da termoneutralidade para as poedeiras, utilizando Tbs°C e UR%.

Tabela 4 - Faixas para classificação de conforto térmico

	Temperatura (C°)	Umidade relativa (%)
Estresse ameno	21	60-70
Termoneutralidade	28	60-70
Estresse calórico	35	75
Emergencial	>35	>75

Fonte: Adaptado de UBA (2008), Vale *et al.* (2010), NFACC (2016), MANUAL, 2009.

3.5.2 Mineração de Dados e Validação das Árvores de Decisão

Posterior a tabulação, o cálculo dos índices de conforto térmico (ITU, ITGU e Entalpia) e à classificação dos dados de acordo com a Tabela 4, estes arquivos foram transformados em arquivo de texto com formato “.arff”, onde os atributos referentes aos valores das variáveis e pela faixa de conforto térmico, seguiram para a etapa de mineração de dados. O *software Weka*® na versão 3.8 com o algoritmo J48, foi aplicado, originando-se as saídas de respostas para a construção das árvores de decisão (Apêndice item 2).

Com o conhecimento do coeficiente *Kappa*, foi possível utilizar este valor para que fossem escolhidas as melhores árvores de decisão, sendo esta etapa denominada de validação, pois, o coeficiente *Kappa* é uma forma de demonstrar a anuência entre as classes que foram previstas pelo programa e observadas. Os valores do coeficiente *Kappa* variam de 0 (classificação ruim) a 1 (excelente) (LIMA *et al.*, 2017). A árvore, que tiver o maior valor de coeficiente *Kappa* por ciclo seguirá para a etapa de validação da mesma.

3.5.2.1 Avaliação por Gráficos de Cenários

A partir das árvores com o maior valor de coeficiente *Kappa* (item 4.1 dos resultados), sendo uma árvore por ciclo, foram utilizados os valores limites fornecidos pelos braços da árvore e esses valores determinaram cenários de acordo com o valor do índice de conforto térmico. Ao aplicar esses valores da árvore de decisão no banco de dados de ITU, ITGU e Entalpia, utilizando a função SOMASE do *Microsoft Office Excel*® o programa pôde classificar os cenários diários do banco de dados de acordo com o que a árvore de decisão mostrou para aquele ciclo.

Em conjunto com o banco de dados de índices bioclimáticos, as classificações fornecidas pelas árvores e com o banco de dados de desempenho, foi possível analisar visualmente por meio de gráficos gerados no mesmo *software* o que aconteceu com os dados produtivos em todos os cenários ocorridos separados de forma diária, podendo visualizar-se o que aconteceu com os dados de desempenho em situações favoráveis ou desfavoráveis para as poedeiras. Para que fosse compreendido quanto houve de perda nas variáveis de desempenho em casa ciclo, calculou-se a porcentagem de redução de cada variável em relação ao valor inicial de cada ciclo.

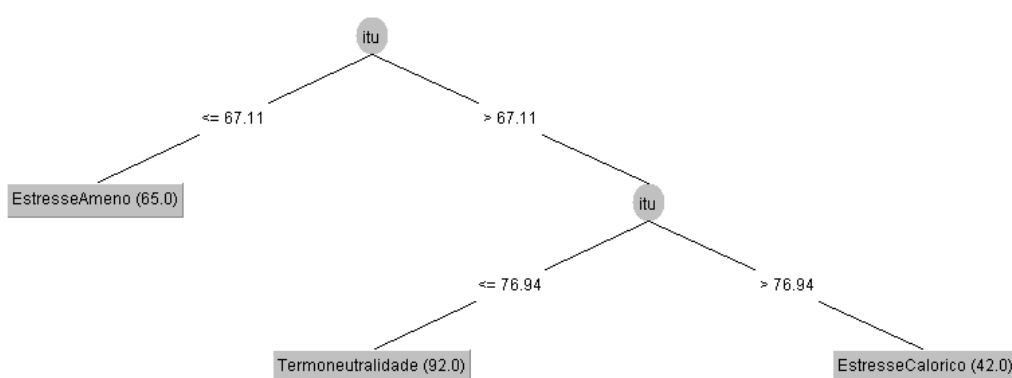
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Árvores de Decisão com Melhor Coeficiente *Kappa*

A seguir, são apresentadas as melhores árvores de decisão referente a cada ciclo, as mesmas foram escolhidas mediante o maior valor de coeficiente *Kappa* dentre as árvores geradas.

No ciclo 1 (outono) foi a de ITU (*Kappa*= 0.9842) (Figura 11). É possível ver que no ciclo 1, a árvore gerada pelo índice de ITU classificou três cenários diferentes: $\leq 67,11$ “Estresse ameno”, $> 67,11$ e $\leq 76,94$ “Termoneutralidade” e $> 76,94$ “Estresse calórico”.

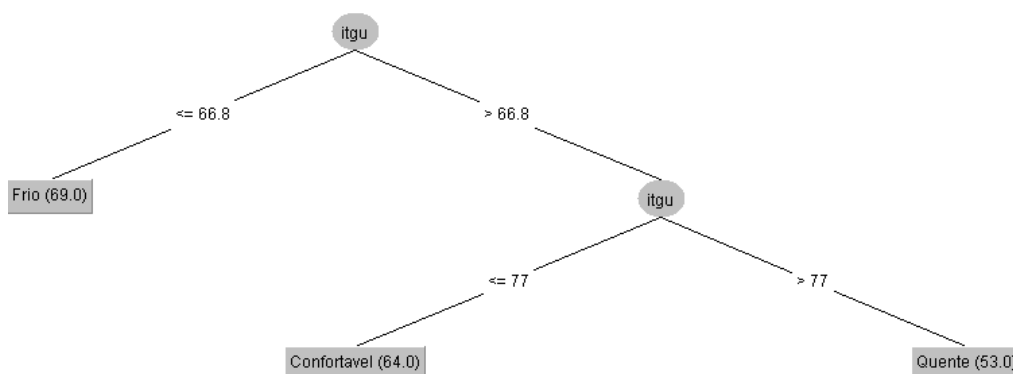
Figura 11 – Árvore de decisão ciclo 1, ITU



Fonte: Dados do próprio autor.

A Figura 9 mostra a árvore de ITGU (Figura 12) para o ciclo 2 (inverno), onde a mesma obteve 0.9838 de coeficiente *Kappa*. Foi possível obter três diferentes cenários: $\leq 66,8$ “Frio”, $> 66,8$ e ≤ 77 “Confortável” e > 77 “Quente”.

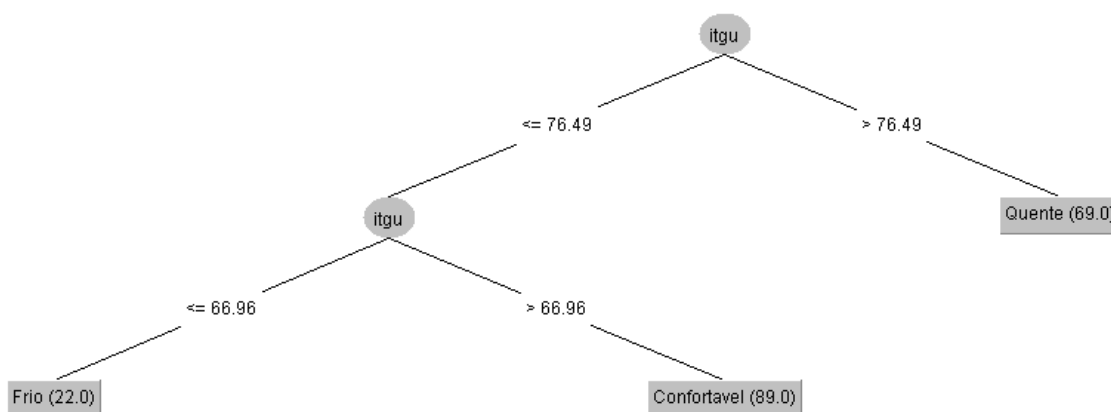
Figura 12 – Árvore de decisão ciclo 2, ITGU.



Fonte: Dados do próprio autor.

Para o ciclo 3 (primavera), a melhor árvore segundo o coeficiente *Kappa* (0.9812), foi a árvore de ITGU (Figura 13), onde foi possível encontrar três cenários: “Frio” ($\leq 66,96$), “Confortável” ($> 66,96$ e $\leq 76,49$) e “Quente” ($> 76,49$).

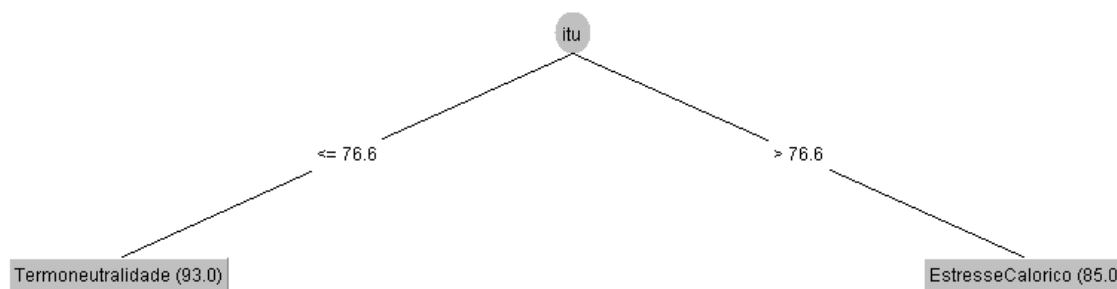
Figura 13 – Árvore de decisão ciclo 3, ITGU.



Fonte: Dados do próprio autor.

De acordo com a Figura 14, a árvore de ITU foi a melhor para o ciclo 4 (verão) ($Kappa = 0.9887$), evidenciando-se apenas dois cenários neste ciclo: “Termoneutralidade” ($\leq 76,6$) e “Estresse calórico” ($>76,6$).

Figura 14 – Árvore de decisão ciclo 4, ITU.



Fonte: Dados do próprio autor.

Segundo Lima (2017), valores de coeficiente $Kappa$ entre 0.81 e 1.0 são considerados como excelentes, mostrando que as árvores geradas e apresentadas anteriormente possuem uma boa precisão.

Para Azevedo *et al* (2005), valores de 63 a 68 para ITU são considerados como “ausência de calor” e 78,2 como “calor brando”. Na árvore do ciclo 1 (outono), foi possível se deparar com este cenário para o limite de “Estresse ameno” e “Termoneutralidade”, mas sendo diferente do encontrado como limite superior ($\leq 76,94$) e não atingindo o limite para “calor brando” tendo um valor mínimo menor como estresse calórico $> 76,94$. Quando observados os valores de ITU do ciclo 4 (verão) $\leq 76,6$ para “Termoneutralidade” e $> 76,6$ para “Estresse calórico”, em ambas as situações os valores estão abaixo do que é considerado como “calor brando” (78,2).

Quando observadas as árvores de ITGU, ciclo 2 (inverno) e ciclo 3 (primavera), os valores de “Estresse calórico” estão acima do limite, sendo 2,66% e 1,98% respectivamente, para o “conforto térmico” é até 75 (TINÔCO, 1998; JACOME *et al.*, 2007), porém acima dos valores descritos por Oliveira *et al* (2006) em condições secas e úmidas (82,2 e 81,4 respectivamente). A situação de “Conforto”, em ambos os ciclos, se encontrou-se dentro do que foi descrito por Oliveira *et al* (2006), onde o valor para conforto foi de 68,7, condizendo também com os valores mínimos para ser considerado como conforto ($\leq 66,8$ ciclo 3 e $\leq 66,96$ na primavera).

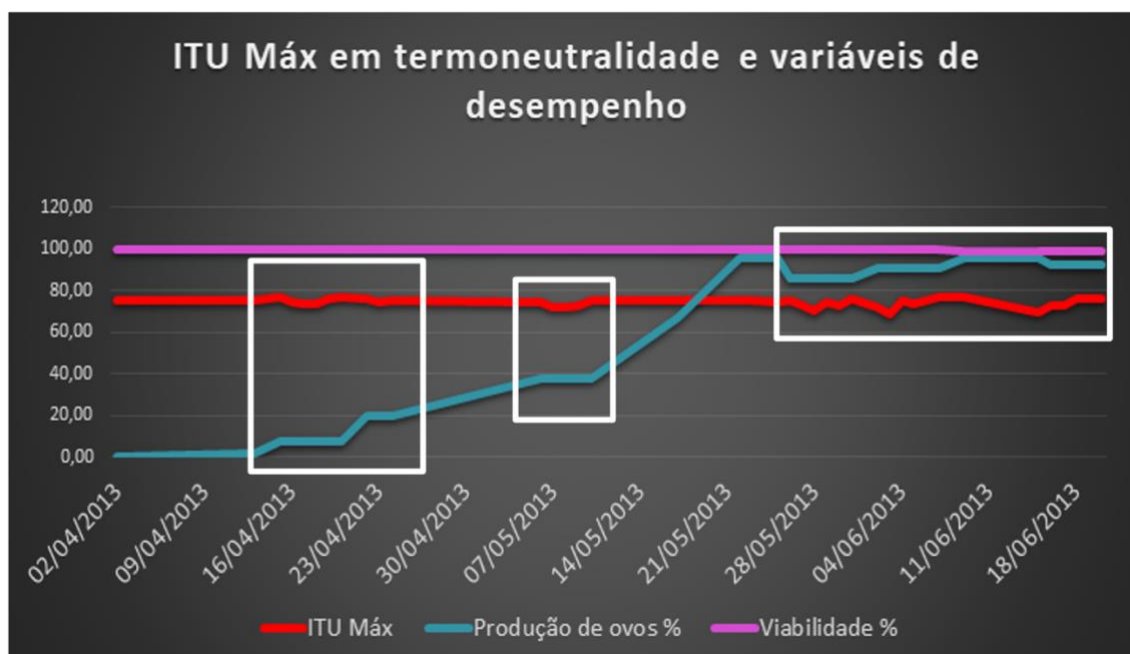
4.1 Análise Gráfica de Dados de Desempenho e Índices de Conforto

São apresentados a seguir os gráficos em relação ao índice de conforto térmico e o respectivo desempenho obtido no mesmo período para todos os ciclos.

Ciclo 1 (outono)

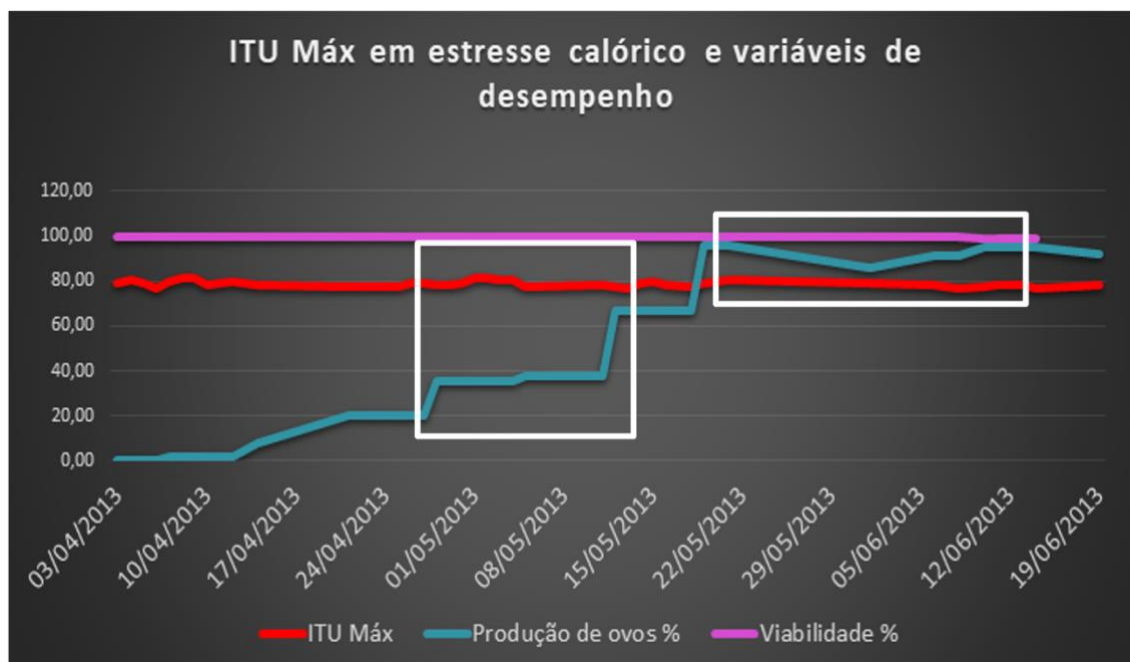
De acordo com a Figura 15 (ciclo 1, outono), ocorreram 35 dias classificados como termoneutralidade, segundo os valores obtidos pela árvore de decisão referente a este ciclo (Figura 1). Observa-se que, neste cenário de conforto térmico, os valores de ≤ 73 de ITU fazem com que a produção de ovos suba em um patamar um pouco menor do que em dias que está ≥ 73 . Para o mesmo período, a viabilidade tem pouca oscilação.

Figura 15 – ITU em termoneutralidade e variáveis de desempenho, ciclo 1



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 16 – ITU em estresse calórico e variáveis de desempenho, ciclo 1



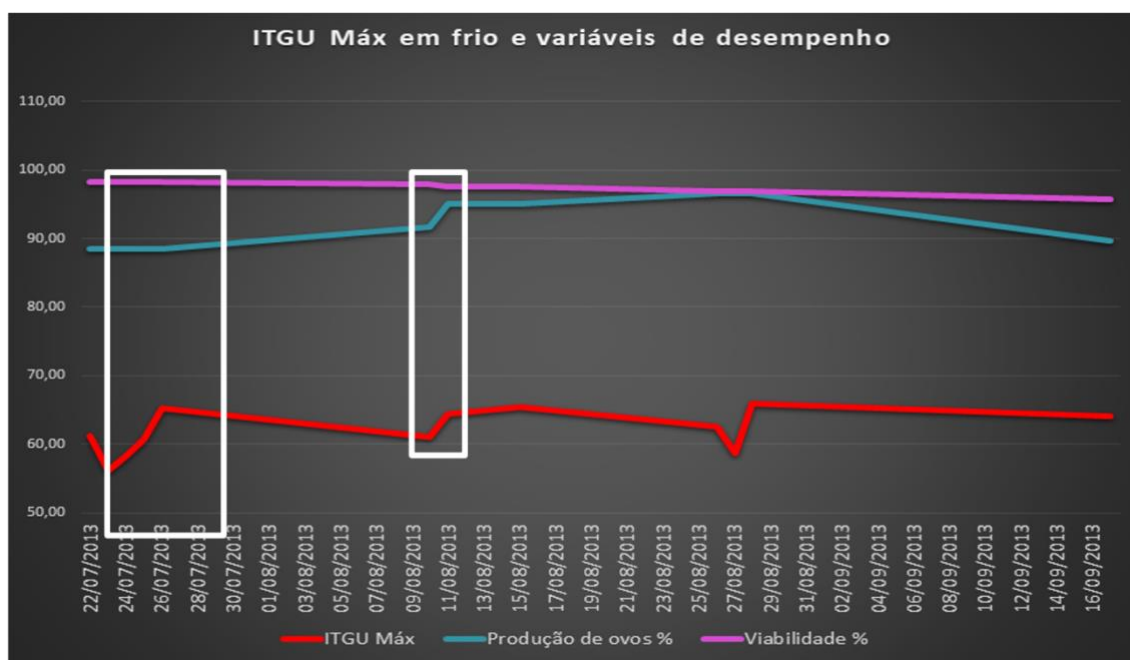
Fonte: Dados do próprio autor.

Quando avaliado para a figura 16, que ainda é referente ao mesmo ciclo, foi constatado que ocorreram 42 dias de estresse calórico (10 dias com $ITU \geq 80$). Após o sétimo dia com picos de $ITU \geq 80$, ocorreu uma brusca queda na produção de ovos, mostrando que o desempenho não é diminuído de imediato, mas sim após um período de exposição a condição de estresse térmico. Verifica-se também que houve uma queda na porcentagem de viabilidade, que acompanha uma tendência junto com a produção de ovos, ocorrendo uma visível queda após o sexto pico de $ITU \geq 80$.

Ciclo 2 (inverno)

No inverno (ciclo 2), foi possível encontrar três cenários. Em frio (Figura 17), ocorreu uma queda na produção de ovos e na viabilidade, nos dias em que o ITGU estava $\leq 61,13$ (9,53% abaixo do limite para frio), esta condição foi encontrada durante 12 dias.

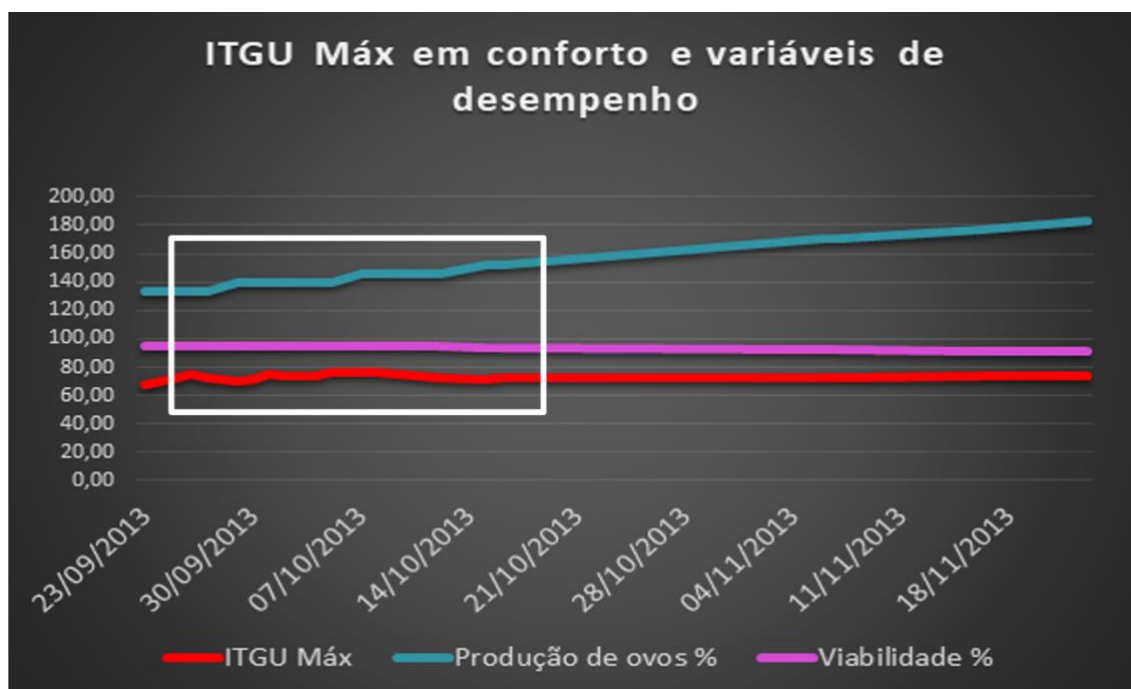
Figura 17 – ITGU em frio e variáveis de desempenho, ciclo 2



Fonte: Dados do próprio autor.

Para o cenário de conforto (50 dias) (Figura 18), quando o ITGU estava em aproximadamente 76, a produção de ovos e a viabilidade tem uma pequena queda, sendo próximo ao limite superior (≤ 77) para não estar em situação confortável.

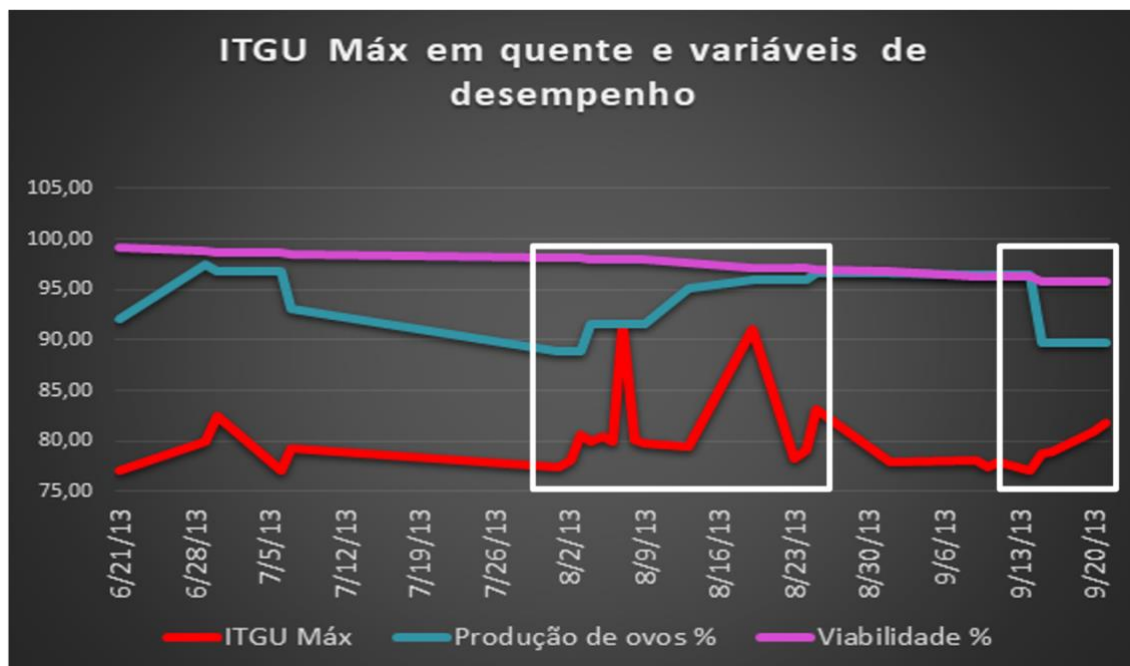
Figura 18 – ITGU em conforto e variáveis de desempenho, ciclo 2



Fonte: Dados do próprio autor.

De 90 dias de ciclo, 28 dias deste foram classificados como quente (Figura 19) (ITGU > 77), mesmo estando na estação do inverno, 7 dias atingiram valores ≥ 80 , que causaram variações na produção de ovos e na viabilidade

Figura 19 – ITGU em quente e variáveis de desempenho, ciclo 2

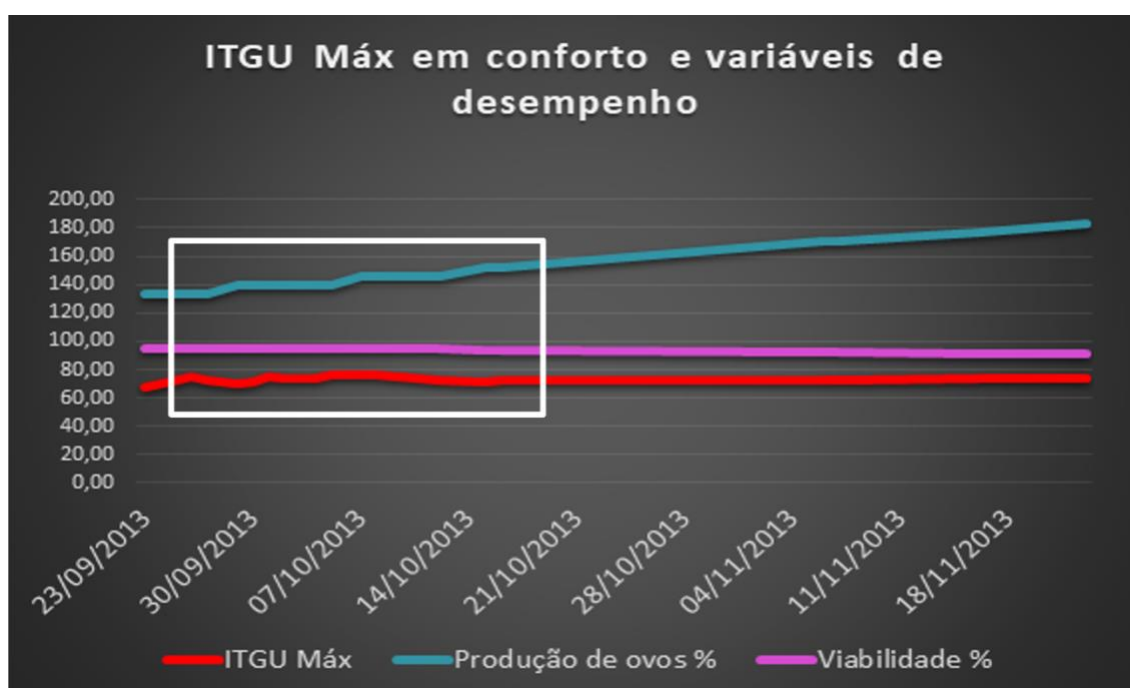


Fonte: Dados do próprio autor.

Ciclo 3 (primavera)

Na primavera (ciclo 3), somente 20 dias foram classificados como conforto (Figura 20) ($> 66,96$ a $\leq 76,49$), os dias em que o ITGU estava entre 75 e 76 a produção de ovos sobe menos do que quando estava entre 70 a 74.

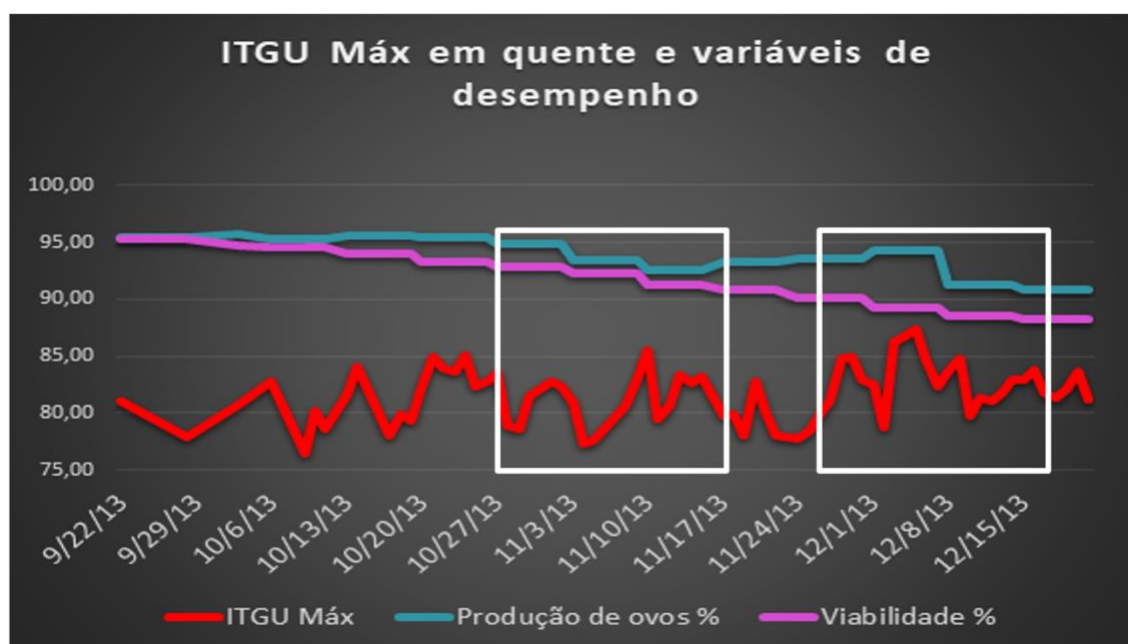
Figura 20 – ITGU em conforto e variáveis de desempenho, ciclo 3



Fonte: Dados do próprio autor.

Durante 70 dias ocorreu cenários de calor (Figura 21) ($> 76,49$), 51 dias destes foram com ITGU ≥ 80 , ocorrendo uma expressiva queda na produção de ovos e na viabilidade após 13 dias de picos. Após este período, a produção de ovos volta a subir, mas, não chega próximo do início do ciclo. Neste ciclo ocorreu uma redução de 7,34% na viabilidade e 4,80 % na produção de ovos.

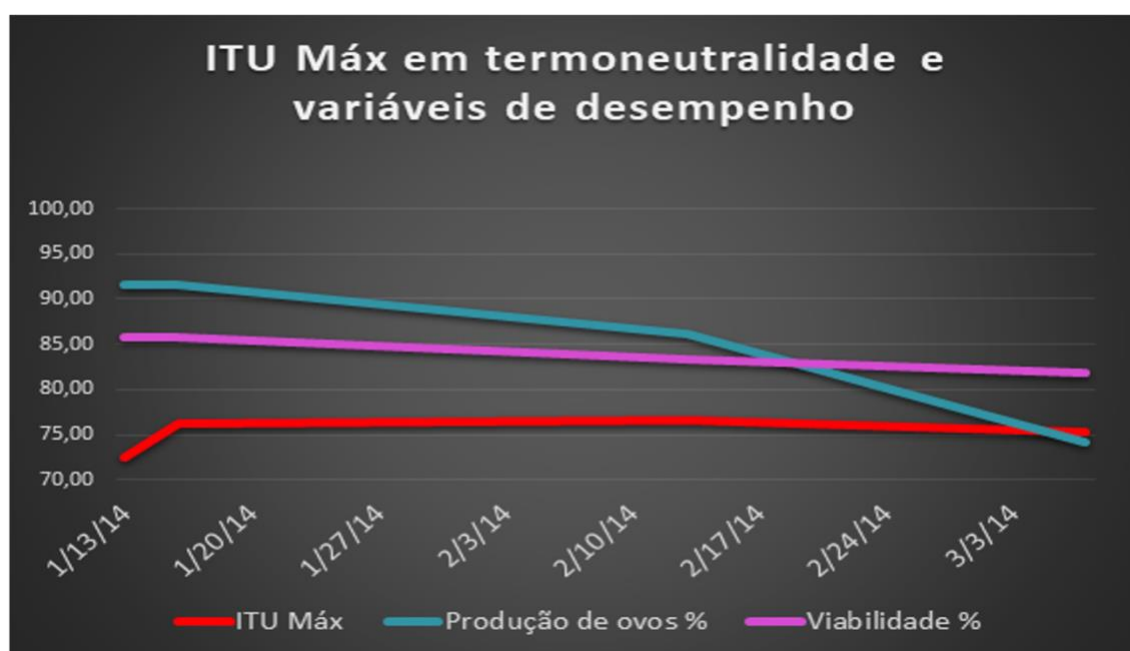
Figura 21 – ITGU em quente e variáveis de desempenho, ciclo 3



Ciclo 4 (verão)

Analisando a Figura 22 (ciclo 4, verão) de acordo com as classificações da árvore de decisão referente a este ciclo (Figura 14), ocorreram apenas 4 dias em termoneutralidade.

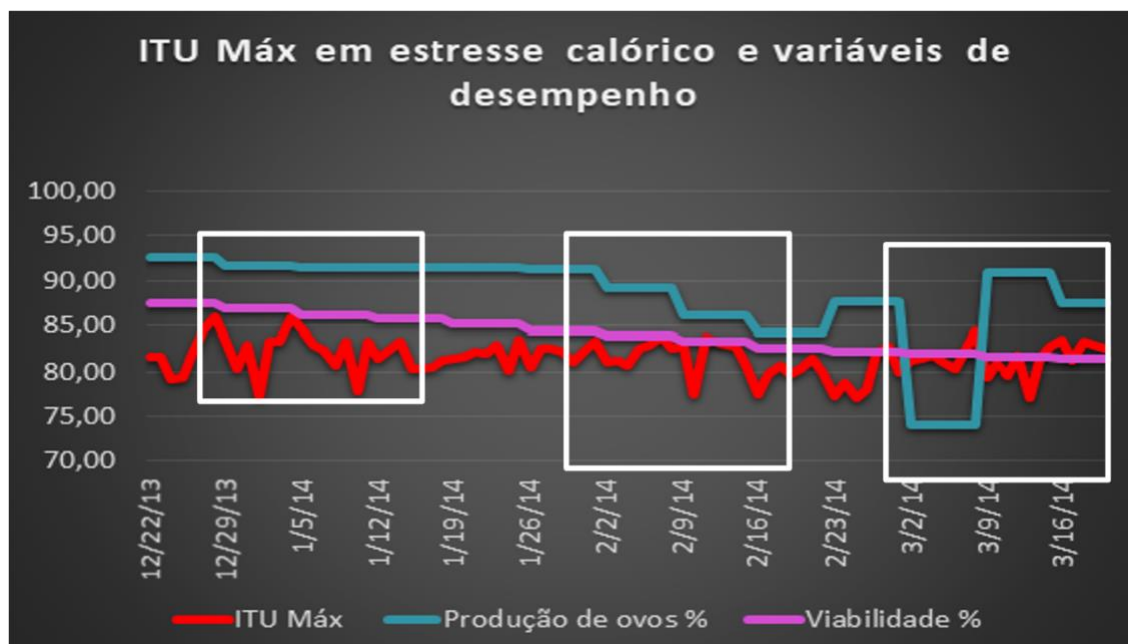
Figura 22 – ITU em termoneutralidade e variáveis de desempenho, ciclo 4



Fonte: Dados do próprio autor.

Para o cenário de estresse calórico foram observados 86 dias (68 dias de ITU ≥ 80). A produção de ovos passa por um de estabilidade no início do ciclo, mas, volta a cair, após seguidas quedas ao longo dos dias, ocorre uma acentuada queda próximo ao final do ciclo, onde a produção de ovos volta a crescer, mas volta a cair quando o ITU volta para a faixa de 80. A viabilidade cai ao longo de todo o ciclo, não tendo estabilidade em nenhum dia. Verifica-se que a exposição das poedeiras a um longo período de valores altos de ITU provocam quedas de produção de ovos (5,62%) e viabilidade (6,87%), muitas vezes podendo até dar sinais de recuperação, mas se tornando mais sensíveis a altas faixas de ITU.

Figura 23 – ITU em estresse calórico e variáveis de desempenho, ciclo 4



Fonte: Dados do próprio autor.

Ao observar os valores encontrados para o ITU no ciclo 1, verifica-se que o limite máximo para ser considerado estresse ameno e termoneutralidade se encontram dentro dos valores descritos por Nienaber e Hahn (2007) (< 74 normal) e Azevedo (2005) (63 a 68 sem calor). Mas, para o ciclo 4 (verão), $\leq 76,6$ termoneutralidade, já é considerado como estado de alerta ($> 74 < 79$) (NIENABER; HAHN, 2007) e é considerado um patamar que exige atenção para que perdas produtivas possam ser evitadas; o estado de estresse calórico ($> 76,6$) também está dentro do estado de alerta.

É importante ressaltar que, a depender da localidade de onde as aves são criadas, pode ser que os valores encontrados na literatura não acompanhem a realidade, pois, os limites de temperatura de onde cada ave se encontram é diferente. Segundo Gates *et al.*, (1995), 28°C de temperatura é o valor limite para o ITU estar em estresse térmico, porém, para este estudo, a temperatura de 28° e umidade relativa entre 60-70% foram utilizadas para se gerar os índices classificatórios para a criação das faixas de conforto térmico. Isso mostra a devida importância de se considerar a localidade de onde estes valores são originários.

Em um estudo realizado por Damasceno *et al* (2010), constatou-se que mesmo os frangos de corte, estando em condições de 80,9 de ITGU, a taxa de

mortalidade foi dentro da esperada. Segundo o manual da linhagem Cobb® (5%), porém, pode se dizer que realmente era uma condição de estresse térmico, pois a temperatura retal e a frequência respiratória estavam alteradas.

Segundo Jacome *et al.*, (2007), em aviário de telha cerâmica, foi encontrada uma taxa de produção de ovos de 90% em condições de verão, mas, neste estudo, ao final do último ciclo (ciclo 4, verão), a taxa de produção de ovos ficou em 82,535. Percebe-se que há um agravante, indicando que ao longo do ciclo a exposição há altos valores de ITGU ≥ 80 , porque, pelo manual da linhagem (MANUAL, 2018) a taxa de produção de ovos deve estar em 94% de 18 a 100 semanas, sendo 12,20% a menos do que o esperado.

5 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados, conclui-se que foi possível gerar árvores de decisão baseada em mineração de dados para cada estação do ano, mas, as árvores de decisão do índice de conforto térmico entalpia teve o menor coeficiente *Kappa* quando comparadas com a de ITU e ITGU. O banco de dados produtivo mostra que as galinhas poedeiras sofrem influência de dias seguidos de exposição a valores de ITU e ITGU ≥ 80 . Afim de se evitar perdas produtivas, a posterior aplicação desses modelos de mineração de dados em conjunto com medidas básicas para a melhoria do conforto térmico podem ser a saída para o produtor rural ter o mínimo de perda econômica frente os eventos de extrema temperatura

REFERÊNCIAS

- ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F.R.F.; PAIVA, D.P. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, [S.L.], v. 59, n. 4, p. 1014-1020, ago. 2007.
- ALVES, Sp.; RODRIGUES, E.H.V. Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas. *Engenharia Agrícola*, v.24, n2, p.241-245, 2004.
- AZEVEDO, M. de; PIRES, M. de F. Á.; SATURNINO, H. M.; LANA, Â. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. Esteves. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras $1/2$, $3/4$ e $7/8$ Holandês-Zebu em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, [S.L.], v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal*. Viçosa (MG): Ed. UFV, 1997. 246 p.
- BUFFINGTON, C. S.; COLLIER, R. I.; CANTON, G. H., Shade management system heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1981.
- Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – CEPAGRI. (2017). Disponível em: <http://www.cepagri.unicamp.br/outrasinformacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.
- DAMASCENO, F. A; YANAGI JUNIOR, T; LIMA, R. R; GOMES, R. C. C; MORAES, S. R. P. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. *Ciência e Agrotecnologia*, [S.L.], v. 34, n. 4, p. 1031-1038, 2010.
- Dekalb White®. Disponível em: https://www.dekalb-poultry.com/documents/137/DW_cs_c_leaflet_L7150_1_bpt.pdf
- FURLAN, R.A. Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. 146p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
- GATES, R. S.; ZHANG, H.; COLLIVER, D. G.; OVERHULTS, D. G.. Regional Variation in Temperature Humidity Index for Poultry Housing. *Transactions Of The Asae*, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 197-205, 1995.
- HAN, J., & KAMBER, M. *Data mining: concepts and techniques*. Morgan Kaufmann, (2a ed.), 2006, 770 p. 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. ONDA DE CALOR EM SÃO PAULO E MATO GROSSO DO SUL. 2020. Disponível em:

<https://portal.inmet.gov.br/noticias/atualizacao-onda-de-calor-em-sao-paulo-e-mato-grosso-do-sul-2>. Acesso em: 22 de out. 2020.

JÁCOME, I. M.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H.; MOURA, J. F. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 527-531, set./out. 2007.

LAWRENCE, M. G. The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air. *American Meteorological Society. Bulletin*, Boston, p. 225-233, fev. 2005.

LIAO, S.H. Knowledge management technologies and applications – literature review from 1995 to 2002. *Expert Systems with Applications*, v. 25, p. 155- 164, 2003.

LIMA, E. S.; SOUZA, Z. M.; MONTANARI, R.; OLIVEIRA, S. R. M.; LOVERA, L. H.; FARHATE, C. V. V. Classification of the initial development of eucalyptus using data mining techniques. *CERNE*, Lavras, v. 23, n. 2, p. 201-208, Jun 2017.

LIMA, K. R. S; ALVES, J. A. K; ARAÚJO, C. V; MANNO, M.C; JESUS, M. L. C; FERNANDES, D. L; TAVARES, F. Avaliação do ambiente térmico interno em galpões de frangos de corte com diferentes materiais de cobertura na mesorregião metropolitana de Belém. *Revista Ciência Agrária*, n.51, p.37-50, 2009.

MANUAL DE MANEJO DAS POEDEIRAS DEKALB WHITE. GRANJA PLANALTO, Minas Gerais, 2009. Disponível em:

https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/NILVAKAZUESAKOMURA/manual_dekalb_white.pdf Acesso em: 20 de dezembro 2020.

NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal Of Biometeorology*, [S.L.], v. 52, n. 2, p. 149-157, 2007.

National Farm Animal Care Council (NFACC). CODE OF PRACTICE FOR THE CARE AND HANDLING OF HATCHING EGGS, BREEDERS, CHICKENS, AND TURKEYS. National Farm Animal Care Council. Canadá, p 16, 2016. Disponível em: https://www.nfacc.ca/pdfs/codes/poultry_code_EN.pdf

OLIVEIRA, R.F.M.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; CECON, P.R.; VAZ, R.G.M.V.; ORLANDO, U.A.D. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

RIQUENA, Rodrigo da Silva; PEREIRA, Danilo Florentino; VALE, Marcos Martinez do; SALGADO, Douglas D'Alessandro. Mortality prediction of laying hens due to heat waves. *Rev. Ciênc. Agron.*, Fortaleza, v. 50, n. 1, p. 18-26, Mar. 2019

SALGADO, Douglas D.; NÄÄS, Irenilza de A. Avaliação de risco à produção de frango de corte do Estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. Engenharia Agrícola, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 367-376, jun. 2010.

SARMENTO, L.G.V.; DANTAS, R.T.D.; FURTADO, D.A.; NASCIMENTO, J.W.B.; SILVA, J.H.V. Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e o desempenho de frangos de corte. Revista AgropecuáriaTécnica, v.26, p.152-159, 2005.

SARTOR, V; BAÊTA, F. C; LUZ, M. L; ORLANDO, R. C. Sistemas de resfriamento evaporativo e o desempenho de frangos de corte. Scientia Agrícola, [S.L.], v. 58, n. 1, p. 17-20, mar. 2001.

THOM, E. The discomfort index. Weatherwise, 1959, vol. 12, N° 1, p. 57-60.

TINÔCO, I. F. F. 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, 1998, Poços de Caldas. Anais... Lavras: UFLA/SBEA, 1998, p.1-86.

UBA - UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. Protocolo de bem-estar para aves poedeiras. São Paulo: UBA, 2008.

VALE, M.M.; MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A.; PEREIRA, D.F. Characterization of Heat Waves Affecting Mortality Rates of Broilers Between 29 Days and Market Age. Brazillian Journal of Poultry Science. v.12, n.4, p.279-285, 2010.

WEATHER SPARK. Condições meteorológicas médias de Beberibe – Brasil. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31116/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Beberibe-Brasil-durante-o-ano>. Acessado em: 16 de abril de 2021.

WELKER, J. S; ROSA, A. P; MOURA, D. J; MACHADO, L. P; CATELAN, F; UTTAPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. Revista Brasileira de Zootecnia, [S.L.], v. 37, n. 8, p. 1463-1467, ago. 2008.

APÊNDICE

1 FAIXAS DE CONFORTO TÉRMICO POR ÍNDICE

De acordo com o ITU:

Faixa 1- menor que 67,16: Estresse Ameno;

Faixa 2- 67,16 a 76,96: Termoneutralidade;

Faixa 3- 76,97 a 89,85: Estresse Calórico;

Faixa 4- maior que 89,96: Emergencial.

De acordo com o ITGU:

Faixa 1- menor que 67: Frio;

Faixa 2- 67 a 77: Confortável;

Faixa 3- 77 a 88: Quente;

Faixa 4- maior que 88: Emergencial.

De acordo com Entalpia:

Faixa 1- 56,1 a 64,6: Conforto;

Faixa 2- 64,7 a 70,5: Alerta;

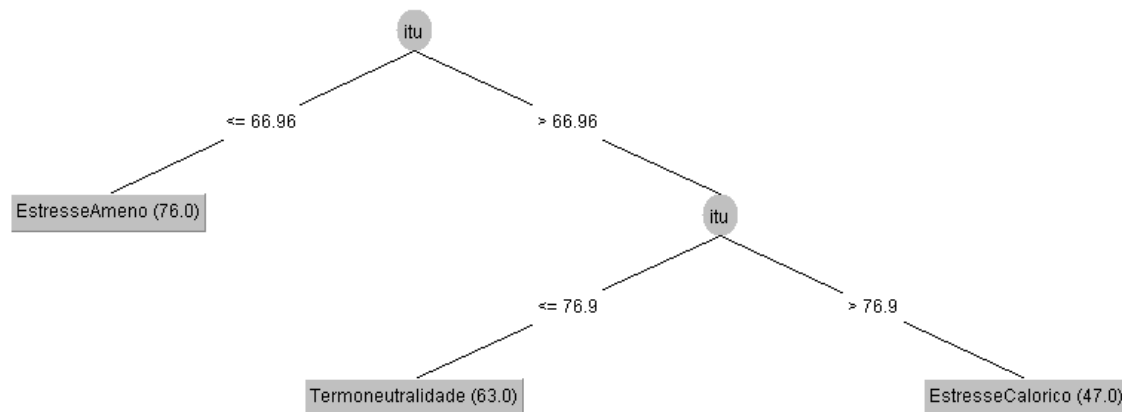
Faixa 3- 70,6 a 77,5: Crítica;

Faixa 4- 77,6 a 93,1: Letal.

2 ÁRVORES DE DECISÃO

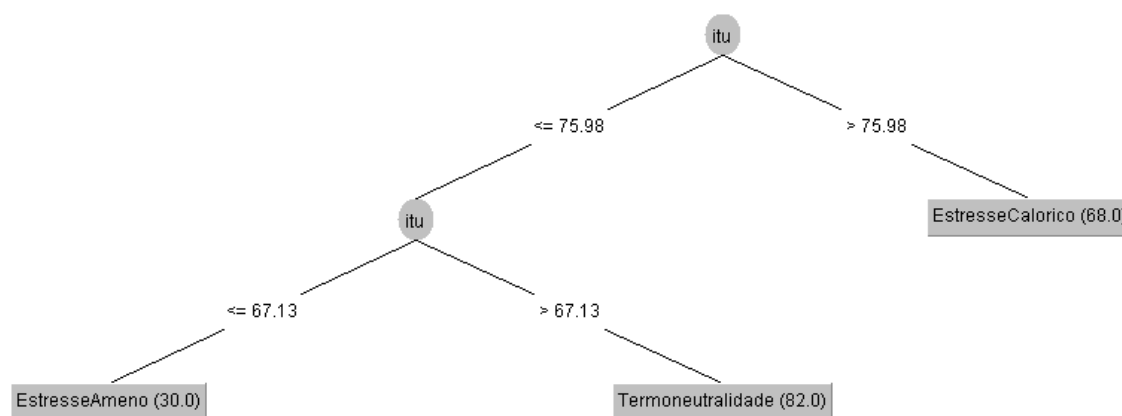
ITU

Figura 24 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 2 de ITU



Fonte: Dados do próprio autor.

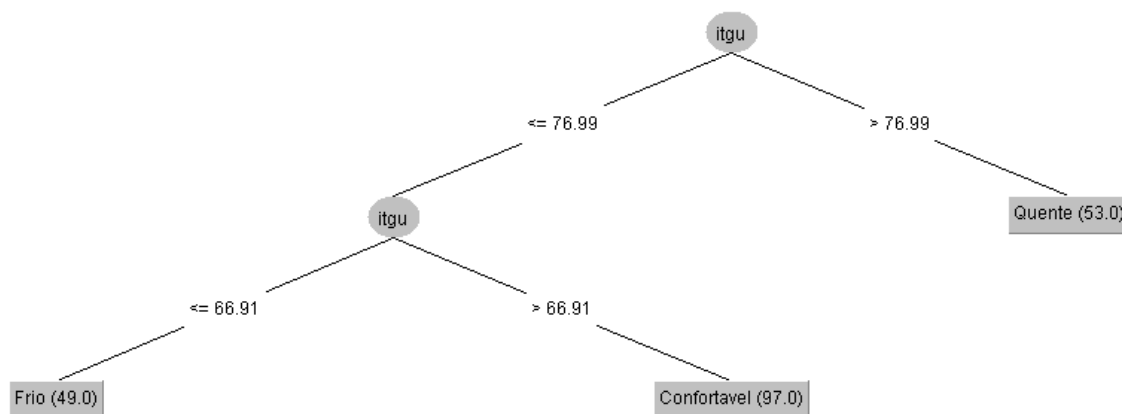
Figura 25 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 3 de ITU.



Fonte: Dados do próprio autor.

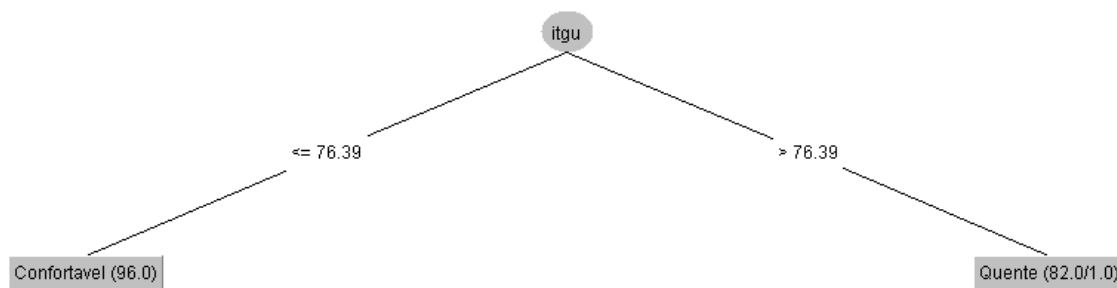
ITGU

Figura 26 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 1 de ITGU.



Fonte: Dados do próprio autor.

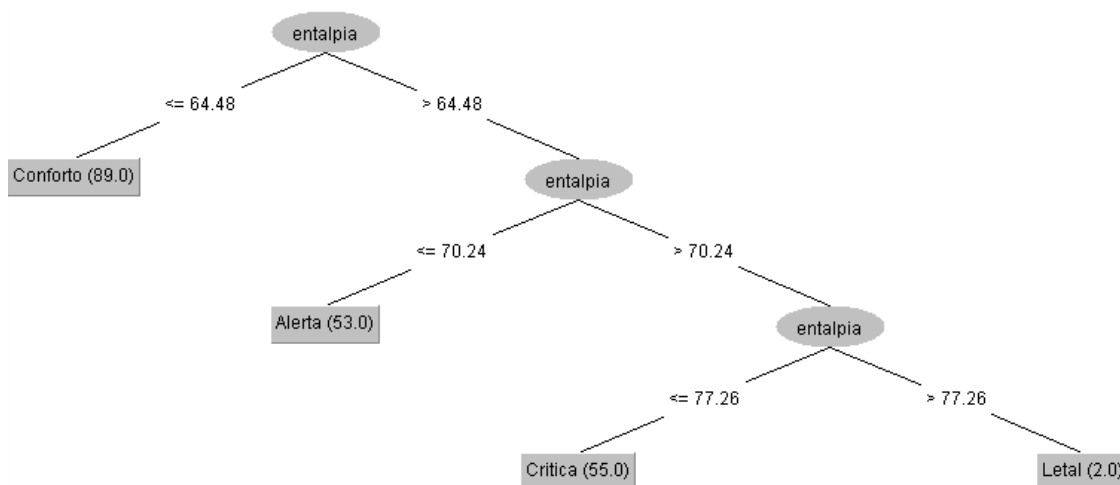
Figura 27 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 4 de ITGU



Fonte: Dados do próprio autor.

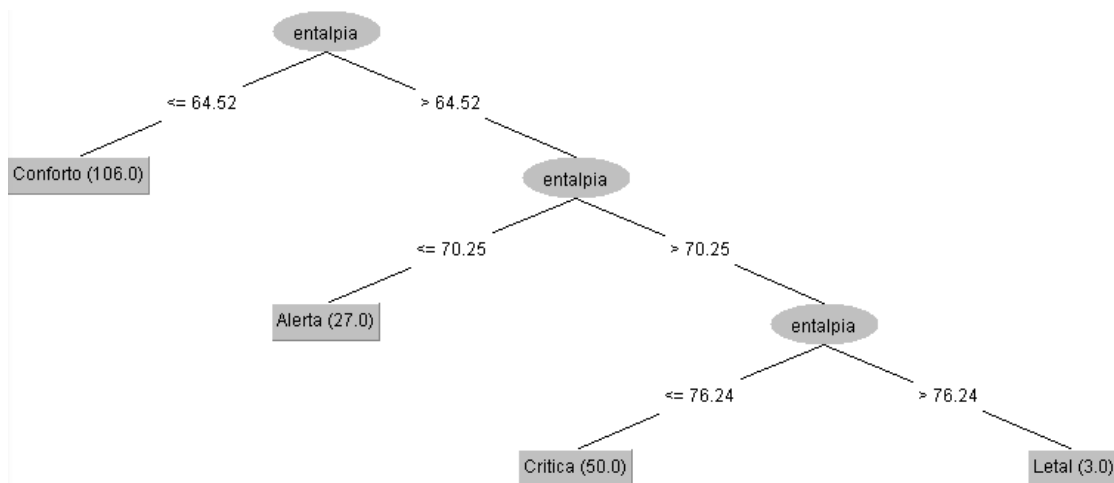
ENTALPIA

Figura 28 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 1 de Entalpia.



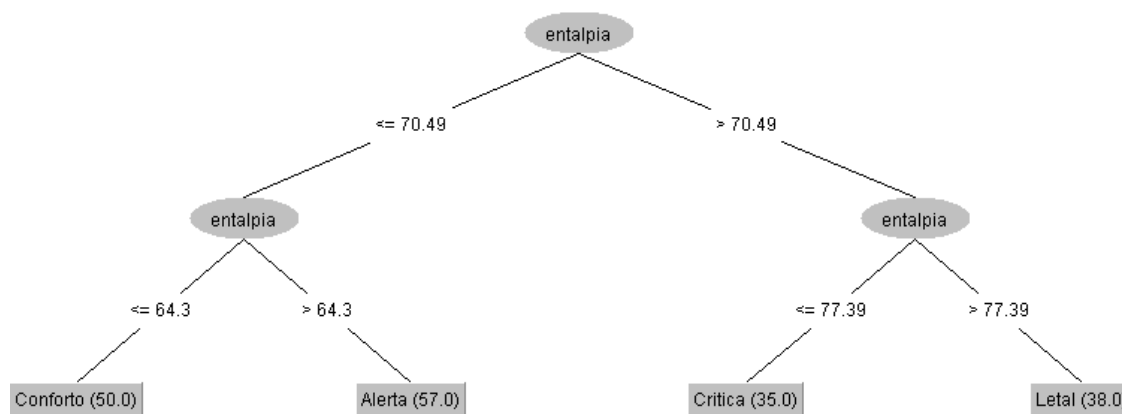
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 29 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 2 de Entalpia.



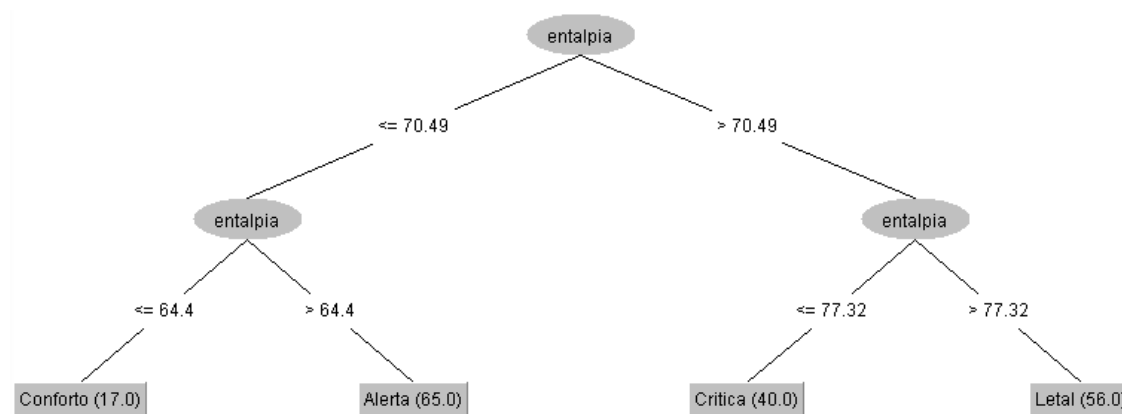
Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 30 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 3 de Entalpia.



Fonte: Dados do próprio autor.

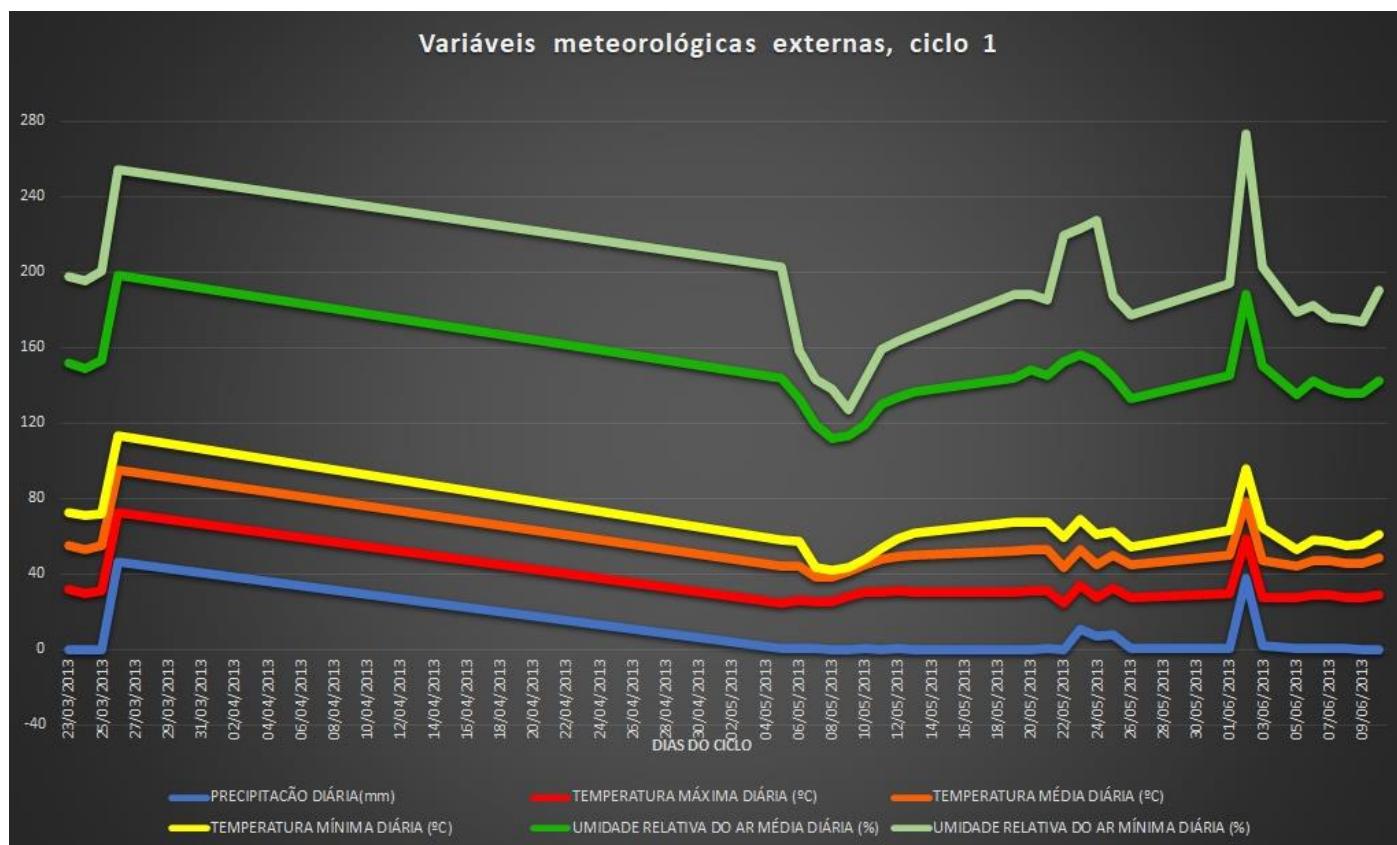
Figura 31 – Visualização da árvore de decisão gerada pela ferramenta de mineração de dados Weka® do aviário piramidal do ciclo 4 de Entalpia.



Fonte: Dados do próprio autor.

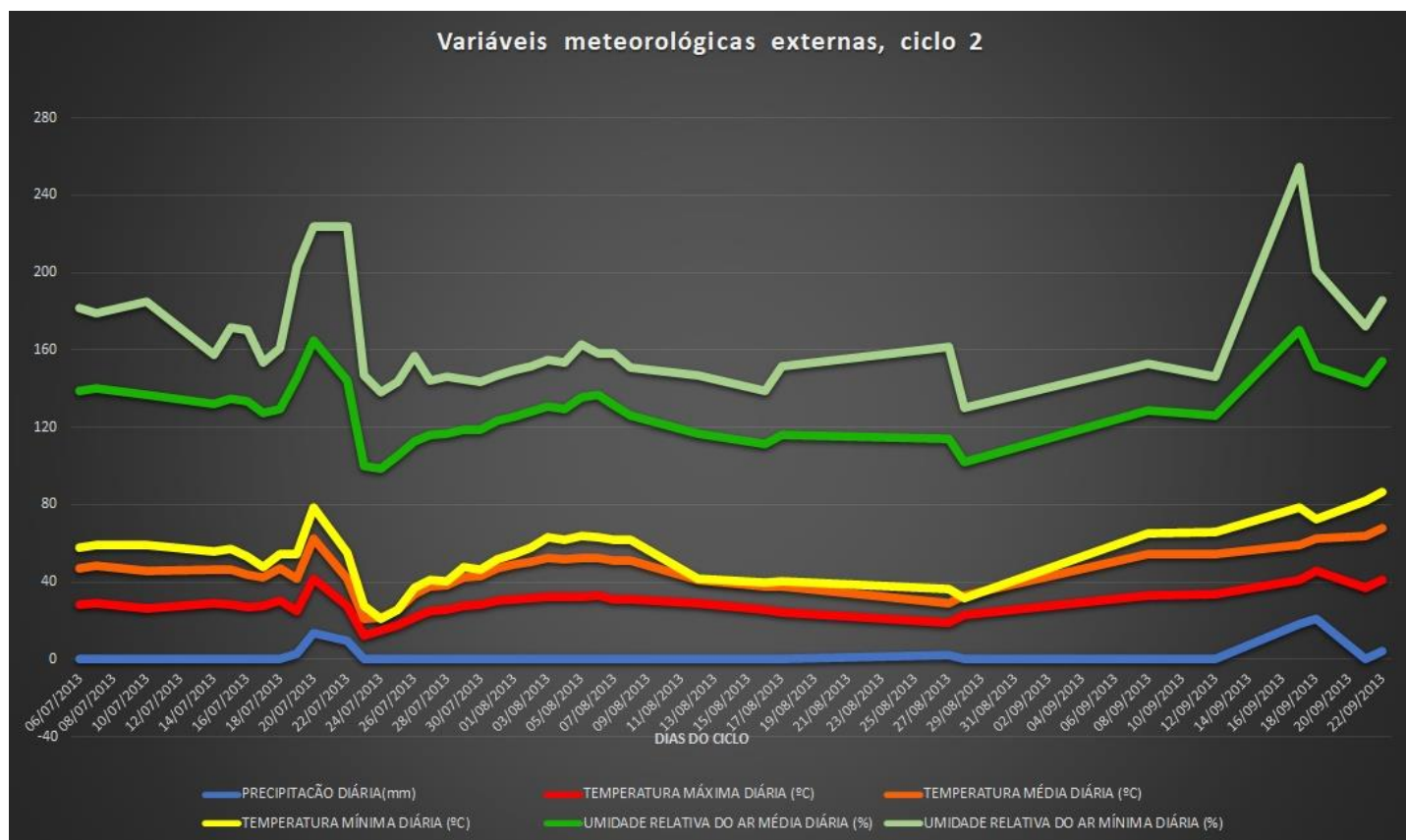
3 DADOS METEOROLÓGICOS EXTERNOS POR CICLO

Figura 32 - Dados meteorológicos ciclo 1



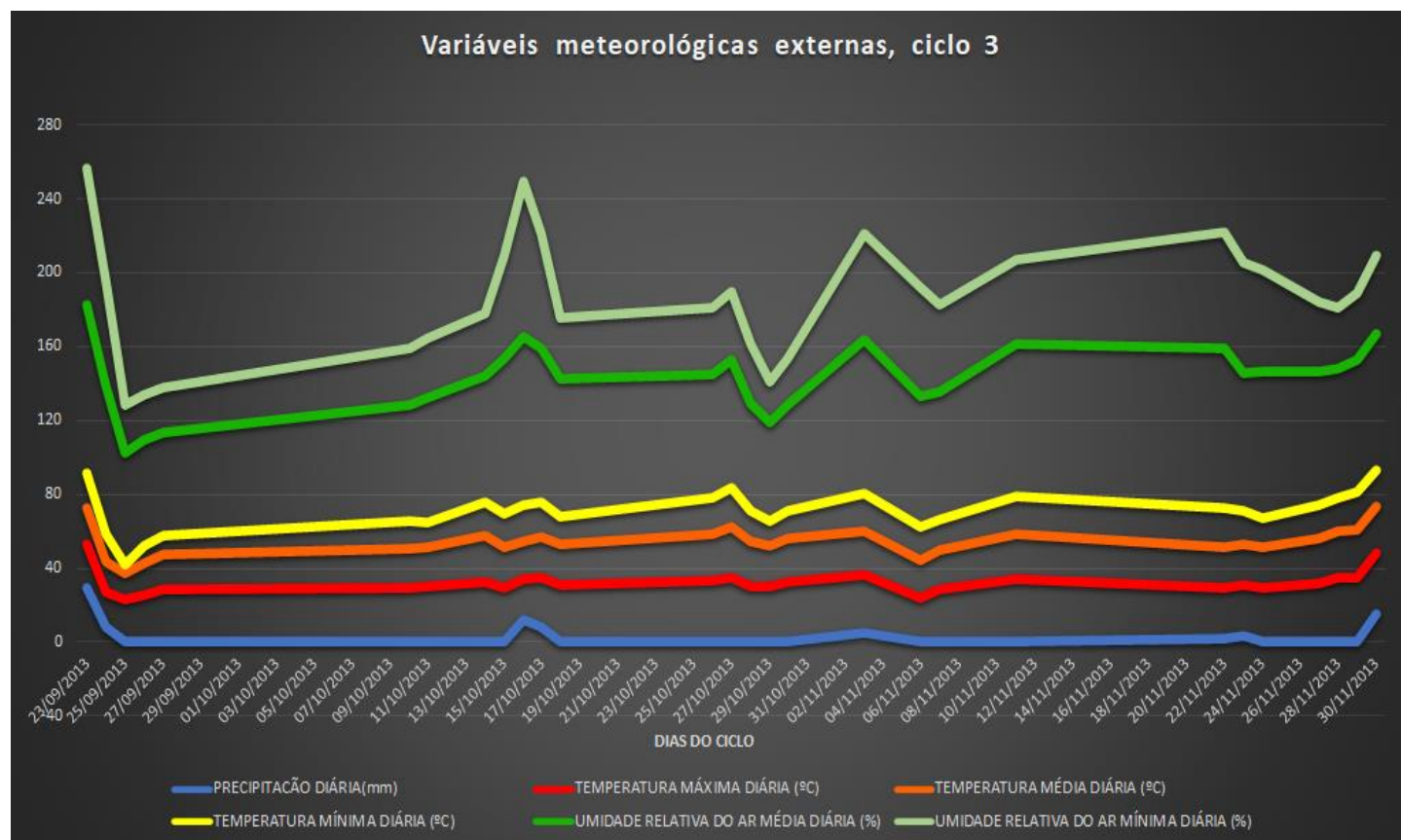
Fonte: INMET.

Figura 33 - Dados meteorológicos ciclo 2



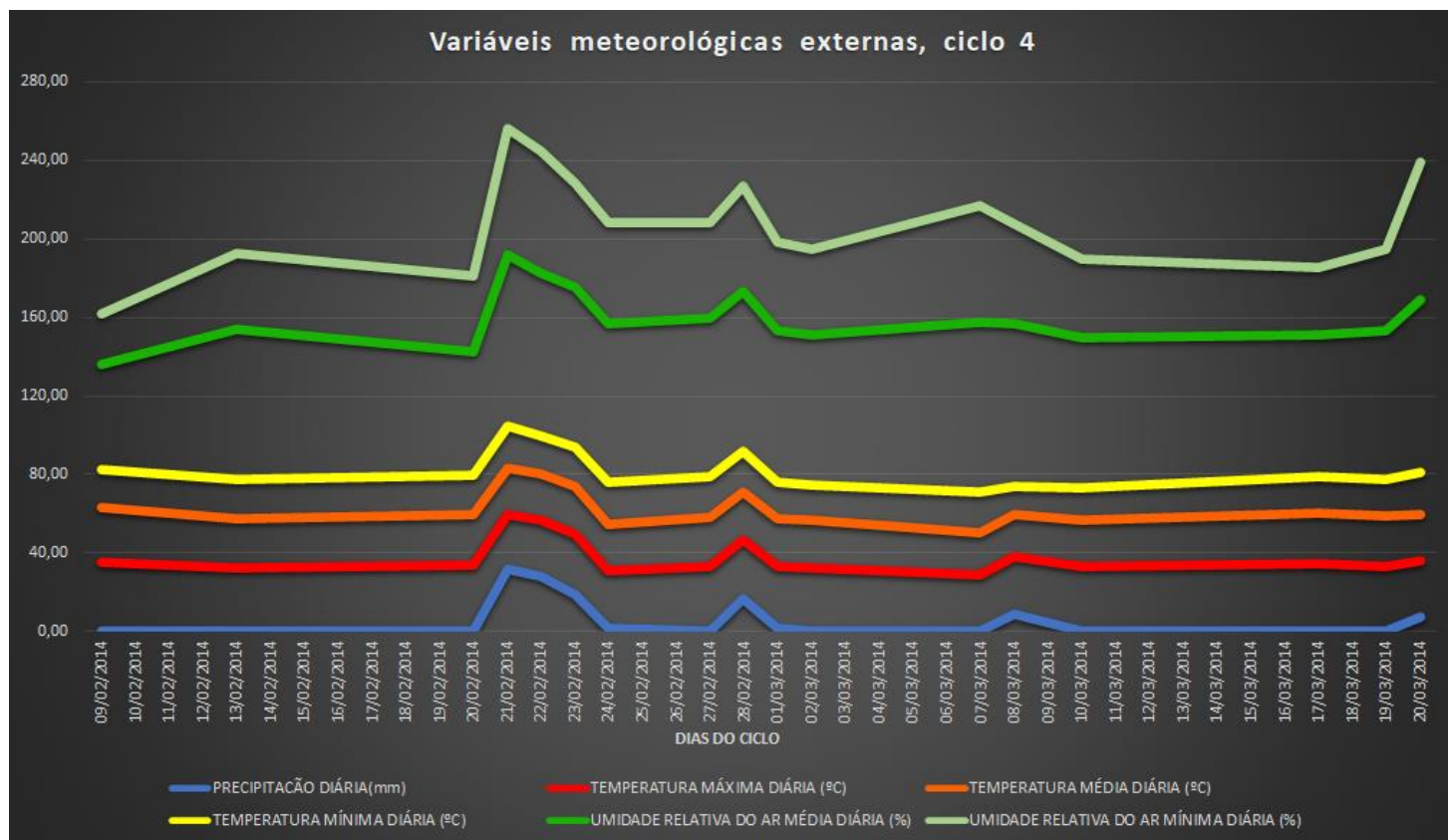
Fonte: INMET.

Figura 34 - Dados meteorológicos ciclo 3



Fonte: INMET.

Figura 35 - Dados meteorológicos ciclo 4



Fonte: INMET.