

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PRODUTIVIDADE DE FRANGOS DE CORTE EM
DIFERENTES PERÍODOS DE CALOR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Maurício Portella dos Santos

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

PRODUTIVIDADE DE FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES PERÍODOS DE CALOR

Maurício Portella dos Santos

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Martinez do Vale

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Portella dos Santos, Maurício
Produtividade de frangos de corte em diferentes
períodos de calor / Maurício Portella dos Santos.-2015.
94 p.; 30cm

Orientador: Marcos Martinez do Vale
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, RS, 2015

1. Biometeorologia 2. Estresse por calor 3. Onda de
calor 4. Mineração de dados I. Martinez do Vale, Marcos
II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**PRODUTIVIDADE DE FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES
PERÍODOS DE CALOR**

Elaborada por
Maurício Portella dos Santos

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Marcos Martinez do Vale, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Anderson Spohr Nedel, Dr. (UFPEL)
(Examinador)

Juliana Sarubbi, Dr. (UFSM)
(Examinadora)

Santa Maria, 20 de fevereiro de 2015

AGRADECIMENTOS

Nos agradecimentos que fiz em minha conclusão de curso falei que era apenas o fim de uma etapa e o início de outra maior ainda. E aqui estou! Agora concluindo o mestrado e matriculado no doutorado. Acabando mais uma etapa e já iniciando outra! Foram muito mais que 2 anos até chegar aqui. Foram anos de muito esforço pessoal, mas não poderia dizer que este mérito é apenas meu.

Agradecer a Deus é muito além de formalidades, realmente acredito na força da fé que tenho. Nas coincidências ou providências que vivi. Agradeço não a uma figura distante ou conotativa, mas sim a um Deus presente, vivo e companheiro de caminhada. E por ter colocado pessoas incríveis em minha vida. Agradeço a minha família, meus primeiros professores, que sempre me deram a base de tudo, valores que para sempre estarão comigo, que sempre me apoiaram e sempre foram motivo de orgulho.

Devo agradecer a Universidade Federal de Santa Maria, de forma muito especial a todos que contribuem para a instituição existir, sem as pessoas teríamos apenas construções vazias. Obrigado Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro do projeto. Ao Programa de Pós-Graduação da Zootecnia e a todo quadro de professores que contribuíram para minha formação. Obrigado Olirta Giuliani por ajudar “mais um perdido” na secretaria! Ao professor Marcos Martines do Vale por ser além de orientador um grande amigo que sempre me apoiou nesta jornada. E aos colegas do Grupo de Pesquisa em Ambiência e Zootecnia de Precisão – GPAZP, pelo companheirismo, pela ajuda, pelo verdadeiro sentido de fazer parte de um grupo.

Obrigado a minha família de irmão, #22émassa, pelos anos de companheirismo, cooperativismo, partilha, pelo apoio nas horas difíceis e pelas festas! Aos amigos que me ajudaram principalmente nesta fase final, com todo o apoio auxílio e motivação para ir em frente.

Na vida aprendemos com todos a nossa volta, e com um pouquinho de cada um vamos formando a nossa própria personalidade. Por tudo o que sou hoje sou grato a todos vocês. Apenas sou o que sou por ter vocês em minha vida. A vocês dedico mais esta vitória e a todos, os meus maiores sentimentos de gratidão!

OBRIGADO!

EPÍGRAFE

Verão...

Sol, calor, temperatura, umidade...

Pensou na praia né!?

Eu lembrei do ITU!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

PRODUTIVIDADE DE FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES PERÍODOS DE CALOR

AUTOR: Maurício Portella dos Santos
ORIENTADOR: Marcos Martinez do Vale

Santa Maria, 20 de Fevereiro de 2015

As perdas produtivas devido ao estresse por calor sofrido pelos frangos de corte geram perdas econômicas sendo motivo de grande preocupação na cadeia avícola. O ano de 2014 foi o mais quente já registrado e foi acompanhado do relato de severas perdas em frangos de corte. Este estudo objetivou caracterizar as diferenças entre dois períodos de calor do ponto de vista bioclimático e zootécnico, quantificar os potenciais de redução de temperatura do ar e determinar variáveis zootécnicas e meteorológicas relacionadas com a maior mortalidade de frangos de corte entre os períodos I (01/11/2012-14/02/2013) e II a (01/11/2013-14/02/2014). Os resultados que fazem parte desta dissertação estão apresentados sob forma de manuscritos científicos. O primeiro é uma revisão bibliográfica que buscou discutir a evolução genética e necessidade de sistemas de climatização devido ao estresse por calor em frangos de corte; o segundo mensura o impacto nos potenciais de redução de temperatura do ar e na mortalidade de frangos de corte em aviários expostos em dois diferentes períodos de calor; e o terceiro avalia o desempenho de frangos de corte alojados nestes dois períodos de calor. Houve diferença entre os períodos, sendo o período II mais quente. A exposição de frangos de corte alojados em aviários com climatização mínima a um período com mais de 669,5h de desconforto térmico acarretou maior mortalidade. Períodos com mais de 548 horas de ITU maior ou igual a 23 °C provocaram aumento da mortalidade de frangos de corte. O estudo de dados meteorológicos e produtivos pode auxiliar na compreensão de eventos produtivos em aviários de frangos de corte, com temperaturas e umidade medidas externamente às instalações, auxiliando a identificar piores condições potenciais de conforto dos aviários relacionados ao aumento nas percentagens da mortalidade de lotes de frangos de corte. O potencial de arrefecimento de um sistema evaporativo não seria capaz de manter temperaturas de conforto nas condições atípicas observadas no período II.

Palavras chave: Biometeorologia. Estresse por calor. Onda de calor. Mineração de dados.

ABSTRACT

Master Degree
Post-Graduation Program in Animal Husbandry
Federal University of Santa Maria

BROILER CHICKENS PRODUCTIVITY IN DIFFERENT PERIODS OF HEAT

Author: Maurício Portella dos Santos
Adviser: Marcos Martinez do Vale

Santa Maria, February 20, 2015.

The productive losses due to heat stress suffered by broiler chickens generate economic losses being a great concern in the poultry chain. 2014 year was the warmest on record and was accompanied by the report of severe losses in broiler chickens. This study aimed to characterize the differences between two periods of heat from bioclimatic and husbandry point of view, quantify the potentials of air temperature reduction and determine husbandry and meteorological variables related to higher mortality of broiler chickens between periods I (11/01/2012-02/14/2013) and II (11/01/2013-02/14/2014). The results that are part of this dissertation are presented as scientific manuscripts. The first is a literature review that aimed to discuss the genetic evolution and the need for air-conditioning systems due to heat stress in broiler chickens; the second measures the impact on potentials of air temperature reduction and mortality of broiler chickens in poultry exposed in two different periods of heat; and the third evaluates the performance of broiler chickens housed in these two periods of heat. There was difference between the periods, being period II the hottest. The exhibition of broiler chickens housed in poultry with minimal air-conditioning for a period over 669,5h thermal discomfort caused higher mortality. Over periods of 548 hours ITU greater than or equal to 23° C caused an increase in mortality of broiler chickens. The study of meteorological and productive data can assist in understanding productive events in poultry of broiler chickens, with temperatures and humidity measures outside the premises, helping to identify the worst potential conditions of comfort of poultry related to the increase in lots of mortality percentages of broiler chickens. The cooling potential of an evaporative system would not be able to maintain comfort temperatures in atypical conditions observed in period II.

Key words: Biometeorology. Heat stress. Heat wave. Data Mining.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 NECESSIDADES DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO DEVIDO AO ESTRESSE POR CALOR EM FRANGOS DE CORTE	11
Resumo	12
Abstract	13
Introdução	13
Prejuízos no desempenho devido ao estresse por calor	14
Zona de conforto térmico	15
Trocas térmicas	17
Potencial de redução de temperatura	25
Ondas de calor	27
Considerações finais	29
Referências	30
2 IMPACTO NOS POTENCIAIS DE REDUÇÃO DE TEMPERATURA DO AR E NA MORTALIDADE EM AVIÁRIOS DE FRANGOS DE CORTE EM DOIS DIFERENTES PERÍODOS DE CALOR	39
Resumo	40
Abstract	41
Introdução	41
Material e métodos	43
Resultados e discussão	48
Conclusão	56
Agradecimentos	57
Referências	57
3 DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ALOJADOS EM DOIS PERÍODOS DE CALOR DIFERENTES	63
Resumo	64
Abstract	65
Introdução	65
Material e métodos	67
Resultados e discussão	73
Conclusão	81
Agradecimentos	82
Referências	82
4 DISCUSSÃO GERAL	88
5 CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS	91

INTRODUÇÃO

Para desempenhar as funções orgânicas com maior eficiência as aves necessitam manter a temperatura corporal dentro de uma faixa de conforto (SAKOMURA et al., 2005). Em condições de estresse por calor, além das baixas produtivas nos lotes ocorrem um aumento da mortalidade das aves desencadeando perdas produtivas (OLIVEIRA NETO et al., 2000; RYDER et al, 2004). Temperaturas elevadas predominam na maioria das regiões brasileiras. As aves criadas em ambientes fechados, dependem exclusivamente das características isolantes dos aviários e dos seus potenciais de redução de temperatura para permanecerem em conforto.

Os registros meteorológicos históricos apontam uma tendência de aumento nas temperaturas globais, 5% da área terrestre já está comprometida com temperaturas elevadas e pode chegar a 85% até o fim do século (COUMOU, 2013; STOTT, 2013; NOAA, 2014). A alegação de que os modelos climáticos superestimam sistematicamente o aquecimento não parece ter fundamento, pois, não há evidências de erro nos modelos sistemáticos (MAROTZKE e FORSTER, 2015). No Brasil, uma análise de dados da Região Sul aponta uma tendência de elevação na umidade e temperaturas (MENDONÇA, 2006). A maior alteração nas mudanças climáticas está nas temperaturas mínimas tornando-se mais elevadas, ampliando o risco de ondas de calor (IPCC, 2007; MARENGO, 2007). O ano de 2014, num período de registro de 135 anos, foi o mais quente já registrado nas superfícies terrestre e oceânica do mundo e todos os meses do ano apresentaram temperaturas acima das médias (NOAA, 2015).

As condições de temperatura do ambiente não são o único meio de estabelecer o índice de conforto das aves, pois, estes valores estão associados a outras variáveis termodinâmicas como umidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação solar que influenciam no conforto das aves (TAO e XIM, 2003; CHEPETE et al, 2005). A temperatura e a umidade relativa do ar estão associadas à capacidade das aves em suportar o calor. Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave tem de remover calor interno pelas vias aéreas (GENÇ e PORTIER, 2005). A retirada da umidade neste sistema depende da velocidade do ar incidente, desempenhando um papel importante no alívio do calor (TAO e XIM, 2003) e na manutenção da umidade em níveis aceitáveis dentro do aviário.

Aves adultas e pesadas com uma relação superfície volume corporal menor, possuem maior capacidade de manter o calor do corpo, característica não vantajosa em ambientes com temperatura elevada onde a necessidade é a perda de calor. Em temperaturas muito elevadas,

acima de 35 °C, o principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação a partir da respiração ofegante (SANTOS et al. 2009). A ofegação por longo período desencadeia alterações fisiológicas e disfunções metabólicas, podendo levar a ave à morte. Em uma cadeia produtiva como a da avicultura, as perdas de produção em escala representam um montante significativo, o que justifica a preocupação com sistemas mais eficientes que garantam a expressão do potencial de cada ave, melhores condições de bem estar e constantes estudos para gerar novos conhecimentos e aprimorar técnicas já utilizadas.

O registro de informações é muito valioso à gestão da produção. As empresas registram seus índices de desempenho zootécnico e estes dados históricos possuem um grande potencial de geração de informação, aprendizado e auxílio na tomada de decisões. Análises de índices produtivos com variáveis ambientais podem ser utilizadas para a exploração de padrões que possibilitem o desenvolvimento de estratégias de mitigação de mortalidades por extremos de calor (VALE et al., 2008; VALE et al., 2010; PEREIRA, et al., 2010). Devido ao grande volume de informações a mineração de dados torna-se uma técnica indispensável para análise de dados, pela sua capacidade de processamento de informações e extração de conhecimento.

O objetivo deste estudo foi caracterizar as diferenças entre dois períodos de calor do ponto de vista bioclimático e zootécnico, quantificar os seus potenciais de redução de temperatura do ar e determinar variáveis zootécnicas e ambientais relacionadas com a maior mortalidade de frangos de corte. O período I corresponde a 01/11/2012-14/02/2013 e o período II corresponde a 01/11/2013-14/02/2014.

Os resultados que fazem parte desta dissertação estão apresentados sob forma artigos científicos. O primeiro artigo é uma revisão bibliográfica que busca discutir a evolução genética e necessidade de sistemas de climatização devido ao estresse por calor em frangos de corte; O segundo artigo busca mensurar o impacto nos potenciais de redução de temperatura do ar e na mortalidade em aviários de frangos de corte em dois diferentes períodos de calor; O terceiro artigo relaciona o desempenho de frangos de corte alojados em dois períodos de calor.

**1 NECESSIDADES DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO DEVIDO AO
ESTRESSE POR CALOR EM FRANGOS DE CORTE**

Necessidade de sistemas de climatização devido ao estresse por calor em frangos de corte**Need of climatization system due to heat stress in broiler chickens****Maurício Portella Dos Santos; Marcos Martinez do Vale.****-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA-****RESUMO**

As aves necessitam estar em uma zona de conforto térmico para expressar seu potencial genético e condições associadas ao estresse por calor geram grandes perdas na cadeia avícola. O melhoramento genético permitiu uma maior taxa de crescimento com uma melhoria simultânea na conversão alimentar, porém as trocas térmicas de calor sensível são prejudicadas com o maior ganho de peso das atuais linhagens de frangos de corte e necessitam de um ambiente com temperaturas bastante inferiores às corporais dos frangos. As trocas de calor latente são eficientes em altas temperaturas e umidade do ar em torno de 60 a 65%, entretanto, fisiologicamente onerosas para os frangos. O desafio térmico enfrentado pelas aves no ambiente de produção exige sistemas de resfriamento do ar dos aviários para manter um ambiente apropriado e com maior eficiência nas trocas térmicas nas temperaturas elevadas, sendo dependente da eficiência do potencial para a redução da temperatura do ar. As projeções das temperaturas devido às mudanças climáticas aumentam a ocorrência de ondas de calor, exigindo maior eficiência em sistemas de climatização e do potencial de redução de temperatura do ar em instalações de frangos de corte para manter condições favoráveis à produção.

Palavras-chave: estresse por calor, bem estar, produção de calor, superfície corporal.

ABSTRACT

The poultry need to be in a thermal comfort zone to express their genetic potential and conditions associated to heat stress generate large losses in the poultry chain. The genetic improvement allowed a greater growth rate with a simultaneous improvement in feed conversion, but the heat exchange of sensible heat are harmed by the greater weight gain of current lines of broiler chickens and need an environment with below temperature from body chickens. The latent heat exchanges are efficient in high temperatures and humidity around 60-65%, however, physiologically costly for chickens. The thermal challenge faced by the poultry in the production environment requires the air-cooling systems of avian to maintain a suitable environment and with higher efficiency in heat exchange in the high temperatures and potential efficiency of the dependent to reduce the air temperature. Projections of temperatures due to climate change increase the occurrence of heat waves, requiring greater efficiency in air conditioning and potential of reduction of air temperature in broiler chickens facilities systems to maintain favorable conditions to production.

Key words: heat stress, well-being, heat production, body surface

INTRODUÇÃO

A seleção genética permitiu um grande avanço na produção avícola, a taxa de crescimento de frangos de corte de 1957 a 2005 teve um aumento superior a 400% com uma melhoria simultânea de 50% na conversão alimentar. A genética de frangos de corte de 1957 atinge o peso de 905 g em 56 dias, no mesmo período, com a genética de 2005, as aves atingem 4.202 g, resultados obtidos com o mesmo manejo e alimentação, tendo apenas a genética como diferença (ZUIDHOF et al., 2014).

O aprimoramento genético para rápido crescimento e deposição de tecido muscular levou a melhores índices produtivos resultando, em animais com metabolismo mais intenso. No

entanto, sua capacidade termorreguladora parece ser deficiente para enfrentar condições de altas temperaturas e umidade (LAGANA, 2005). Naturalmente as aves adultas possuem maior capacidade de converter e manter o calor corporal, o que não é uma vantagem em condições de temperaturas elevadas.

As previsões climáticas são de um aumento nas condições causadoras de estresse por calor (MENDONÇA, 2006), exigindo melhor eficiência na redução de temperatura nos aviários para manter as condições de conforto térmico e permitir melhores índices produtivos. Esta revisão busca discutir sobre as trocas térmicas de frangos de corte os desafios em manter uma zona de conforto térmico em uma realidade de aumento de condições causadoras de estresse por calor associado à evolução genética das aves.

PREJUÍZOS NO DESEMPENHO DEVIDO AO ESTRESSE POR CALOR

Grandes perdas produtivas na produção avícola estão ligadas a problemas com situações de estresse por altas temperaturas. A primeira resposta dos frangos de corte ao calor é a redução do consumo de ração (BAZIZ et al., 1996; GERAERT et al., 1996) para evitar aumento na produção de calor decorrente da digestão e metabolismo dos nutrientes (KOH e MACLEOD, 1999). A redução do consumo de ração, no período de 22 a 42 dias de idade, pode chegar até 36% para frangos criados em 32 °C em comparação aos criados em 22 °C (BAZIZ et al., 1996).

Em frangos de corte com idade de 28 a 49 dias, aproximadamente 53% da piora no ganho de peso são atribuídos ao baixo consumo de ração gerado pelo estresse por calor e que os 47% restantes são devidos aos efeitos diretos da temperatura (BAZIZ et al, 1996). Em condições de estresse com altas temperaturas e umidade as aves passam a gastar menos tempo no comedouro e mais tempo no bebedouro (SEVEGNANI et al., 2005). Comparando aves nas idades de 22 a 42 dias de idade alojadas em temperaturas de 23 °C com aves em condições de 32 °C é perceptível a influência negativa no desempenho, o rendimento de peito e o peso dos órgãos

vitais, bem como aumento da deposição de gordura abdominal de frangos de corte e a piora na conversão alimentar, o que gera diretamente maiores perdas econômicas (OLIVEIRA NETO et al., 2000).

O desequilíbrio fisiológico causado por altas temperaturas e umidade relativa do ar tem efeito direto sobre as reservas de glicogênio muscular, responsáveis pelo desenvolvimento das reações bioquímicas (PETRACCI, 2006). Em casos de exposições prolongadas a temperaturas fora da zona de conforto, o aumento da mortalidade das aves é inevitável e as mais atingidas são aquelas acima de quatro semanas que apresentam maior crescimento e ingestão de alimentos (VALE et al., 2008). Essa mortalidade representa a perda de quase todos os recursos de produção investidos no processo (TAO e XIN, 2003; RYDER et al, 2004; CHEPETE et al, 2005), justificando maior atenção ao impacto do calor e a necessidade em manter as aves dentro de uma zona de conforto térmico para que expressem o seu máximo potencial genético.

ZONA DE CONFORTO TÉRMICO

As aves são animais homeotérmicos capazes de manter a temperatura interna do corpo em aproximadamente 41 °C, mesmo que ocorra variação na temperatura do ambiente dentro de uma faixa aceitável. A faixa de temperatura ambiente em que os frangos apresentam maior taxa de crescimento é definida como zona de conforto térmico (SAKOMURA et al., 2005), quando o animal sai desta faixa de conforto, pode apresentar situação de estresse por frio ou calor.

As temperaturas recomendadas pelos manuais de manejo das linhagens de frangos de corte no alojamento de pintos de um dia estão em torno de 32 °C, e após a terceira semana de vida a recomendação é de manter a temperatura entre 20 - 21 °C (COBB, 2008; HUBBARD, 2014; ROSS, 2014). Os manuais de linhagem sugerem temperaturas e ressaltam que o produtor deve estar atento às respostas comportamentais das aves para mantê-las em conforto, sendo o comportamento o indicativo mais importante da temperatura ideal para a ave (COBB, 2008).

Apesar destes manuais apontarem para idades de criação e intervalos de temperaturas ideais, devido à variação de linhagens e melhoramento genético constante, ter um valor exato para temperaturas ideais se torna uma tarefa difícil de ser estabelecida.

Frangos de corte Ross com 21 a 49 dias, expostos a temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C apresentam perdas produtivas graduais com o aumento das temperaturas evidenciando que as altas temperaturas ambientais afetam significativamente o desempenho e fisiologia das aves. Esta piora produtiva é evidenciada pela diminuição no consumo de ração e crescimento, pelo aumento da ingestão de água e da temperatura retal das aves, sendo que os melhores desempenhos foram obtidos nas temperaturas de 20 e 25 °C (DONKOH, 1989). Frangos Avian Farm entre 22 e 42 dias criados em câmara climática apresentam melhores resultados de ganho de peso diário, consumo diário de ração, temperatura retal e frequência respiratória nas condições de temperatura de bulbo seco de 26 °C associado à umidade relativa de 55% e velocidade do ar em 1,5 m.s⁻¹ (MEDEIROS, 2005).

Durante as primeiras semanas de idade as aves necessitam frequentemente de aquecimento ambiental, estando vulneráveis ao estresse por frio. Naturalmente as aves adultas possuem maior capacidade de gerar e manter o calor corporal, uma desvantagem em regiões quentes. Esse calor corporal, originário do metabolismo das aves, pode ser estimado (SALLVIK 1999; Equação 1) com os dados das expectativas de peso corporal médio em função da idade de frangos de corte (COBB, 2008).

$$\Phi_{tot} = 10m^{0,75} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

Φ_{tot} = Produção de calor em Watts (W)

m = Peso da ave (Kg)

À medida que a ave cresce, produz mais calor corporal que, a princípio, auxilia na termorregulação, reduzindo a susceptibilidade da ave ao estresse por frio, porém com o avanço da idade, agrava a susceptibilidade ao estresse por calor (Figura 1).

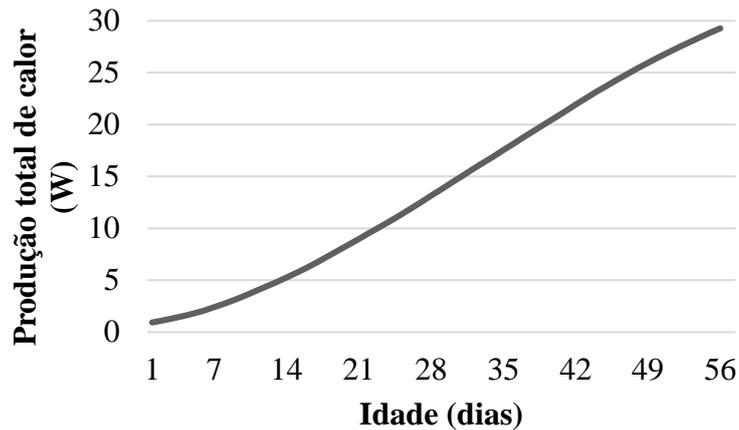


Figura 1: Produção de calor de frango de corte em relação à idade em Watts (W).

A temperatura corporal aumenta com a idade do frango, independentemente da temperatura ambiente (MARCHINI, 2003). Como as aves são animais homeotérmicos, quanto maior a produção de calor, maiores devem ser as trocas térmicas com o ambiente para a manutenção de sua temperatura corporal.

TROCAS TÉRMICAS

Corpos com diferentes temperaturas transmitem energia entre si e tendem a atingir uma condição de equilíbrio. O calor é este estado de transferência de energia e as aves se relacionam com o meio em que vivem dependendo do gradiente de temperatura, podendo receber ou perder energia do ambiente, sendo as trocas de calor sensível e latente os dois principais meios de troca de energia.

Mecanismos de troca de calor sensível

As trocas térmicas de calor sensível estão diretamente relacionadas com o gradiente de temperatura entre a superfície corporal e a temperatura ambiente, permitindo trocas térmica por condução, convecção e radiação. Conseqüentemente, quanto maior for essa diferença de potencial térmico, mais eficientes serão essas trocas. Para estes tipos de trocas térmicas é fundamental uma área de contato maior com o ambiente, influenciando uma resposta comportamental das aves em agacharem-se, manterem as asas afastadas do corpo e também aumentar o fluxo sanguíneo para as regiões periféricas do corpo que não possuem cobertura de penas como a crista, barbelas e pés.

A temperatura das áreas desprovidas de penas é bem maior em relação às áreas com maior empenamento (YAHAV, 2004). O fluxo sanguíneo nos pés das aves varia com a temperatura ambiente como mecanismo de troca térmica para o arrefecimento da ave (HILLMAN et al., 1982). Para garantir estas trocas por condução a temperatura da cama tem que ser menor que a da ave. A prostração pode impedir perdas de calor por condução pelas patas devido ao aquecimento da cama (YAHAV et al., 2004).

Para a compreensão das trocas térmicas, a determinação da área de superfície corporal das aves é muito importante. Alguns métodos foram desenvolvidos para estimar a área corporal das aves, entre eles destacam-se o método de Mitchell (1930; Equação 2) que é um aprimoramento da equação proposta por Meeh, (apud Mitchell, 1930; Equação 3). Mitchell (1930) desenvolveu o modelo empírico para cálculo da área superficial de frangos de corte e frangas da linhagem Leghorn branca com massas corporais variando de 109 g a 2.142 g, com base em dados obtidos por meio do uso de moldes à base de gases.

$$S = 8,19P^{0,705} \quad \text{(Equação 2)}$$

$$S = 10,64P^{0,667} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

S= Superfície

P= Peso da ave (g)

Outro modelo empírico mais recente foi proposto por Silva et al. (2009), desenvolvido através de regressão para a determinação da superfície corporal de frangos de corte Ross entre 1 e 42 dias de idade (equação 4).

$$A_s = 3,86 \pm 1,06M_c^{0,74 \pm 0,01} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

A_s= Área superficial (cm²)

M_c= Massa corporal (g)

Todas as equações (1, 2, 3 e 4) utilizam o peso corporal das aves para estabelecer a produção total de calor e a área de superfície, evidenciando que conforme a ave ganha peso também aumenta a área, mas as proporções são diferentes, pois a superfície da pele tem uma distribuição plana enquanto o peso e a massa corpórea têm uma distribuição tridimensional. As aves com menor peso possuem uma área de superfície de troca maior em relação ao seu peso, mas estes valores chegam a um ponto onde ocorre uma inversão devido aos valores de peso conforme a idade se tornarem maiores que a área de superfície corporal.

A partir do estudo de Zuidhof et al., (2014) e da aplicação da equação 4 é possível constatar que, com a seleção genética, as aves ganharam mais peso, antecipando o ponto de inversão da relação da superfície corporal de troca de calor com o peso corporal em menos tempo (Figura 2).

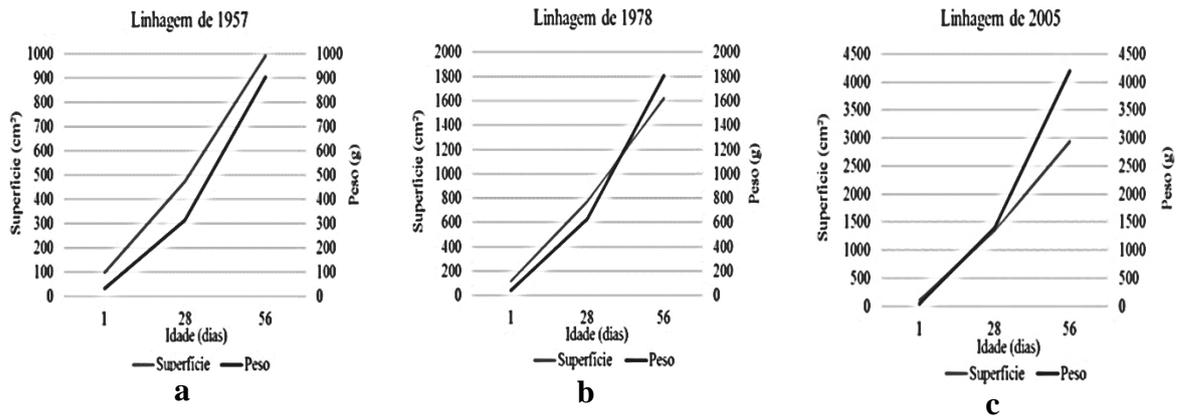


Figura 2: Mudança de peso nas linhagens genéticas de frangos de corte de 1957(a), 1978(b) e 2005(c) de acordo com Zuidhof et al., (2014) e suas respectivas superfícies em relação à idade calculados segundo Mitchell (1930).

O ponto de inversão calculado com as equações das retas não ocorreu até os 56 dias de idade na linhagem de 1957 (Figura 2a), na linhagem de 1978 ocorreu aos 40 dias de idade (Figura 2b) e aos 15 dias na linhagem de 2005 (Figura 2c). Devido à evolução genética, as aves das genéticas atuais estão expostas a mais dias com esta relação invertida, ou seja, uma menor área de superfície de troca de calor em relação à massa corporal.

Como a troca de calor sensível depende da área superficial, é possível estimar que a capacidade de perda de calor diminui em função de a superfície ser menor que o peso corporal. Esta relação pode ser calculada dividindo a superfície pelo volume obtendo quantas unidades de área a ave possui em relação ao seu peso. Na Figura 3 estão apresentadas as relações superfície/volume para as linhagens genéticas de 1957, 1978 e 2005.

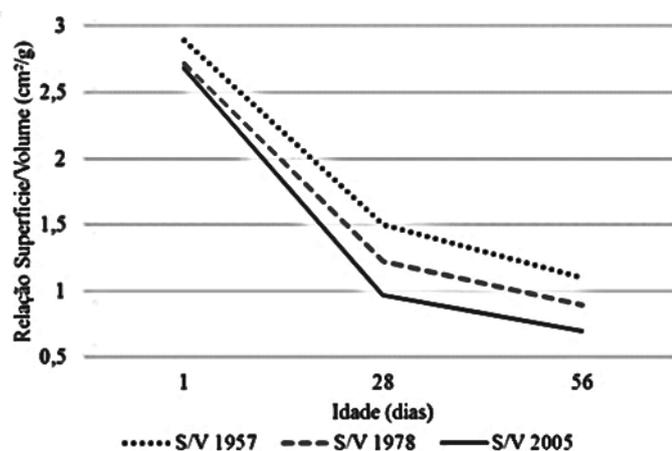


Figura 3: Relação superfície/volume (S/V) para as linhagens de 1957, 1978 e 2005

(ZUIDHOF et al.; 2014) em relação à idade de frangos de corte.

Com o maior ganho de peso de cada linhagem, a relação superfície/volume diminui justificando que, nas primeiras semanas, as trocas de calor sensível sejam mais eficientes, havendo necessidade de manter o ambiente aquecido em condições de baixas temperaturas. Outro fator que influencia nas trocas térmicas é o nível de empenamento que também acompanha o crescimento corporal. Áreas desprovidas de penas apresentam maior gradiente de temperatura em relação a partes com penas, auxiliando nas trocas sensíveis (NÄÄS et al., 2010). Linhagens com o gene pescoço pelado, que determina redução no empenamento na área do pescoço, quando comparadas às linhagens de empenamento normal e submetidas a altas temperaturas, apresentam uma melhor termorregulação e perdem menos peso comparado às aves com empenamento normal (SILVA MAN et al., 2001).

A idade da ave, completando o empenamento próximo aos 30 dias, diminui severamente sua capacidade de trocar calor com o ambiente (CANGAR et al. 2008). Conforme as aves ganham mais peso com o avanço da idade, diminui a relação superfície/volume (Figura 3) e produzem mais calor total (Figura 1), ocorrendo o aumento do empenamento e colaborando

para que os mecanismos de troca de calor sensível não atendam efetivamente o resfriamento do corpo e o animal necessite explorar mais as trocas de calor latente.

O desempenho produtivo dos frangos de corte atingiu melhores índices com os avanços genéticos e nutricionais, resultando em animais com metabolismo mais intenso. No entanto, sua capacidade termorreguladora parece ser deficiente para enfrentar condições de altas temperaturas e umidade (LAGANA, 2005). O maior crescimento corporal não foi acompanhado pelo desenvolvimento dos órgãos, tornando os parâmetros cardiopulmonares desfavoráveis devido a uma redução na área de troca gasosa (HASSANZADEH et al., 2005).

Em casos de menor disponibilidade ou a maior demanda de oxigênio os frangos ficam vulneráveis a síndromes metabólicas. Os frangos de corte machos com maior peso a partir da quarta semana de idade estão mais propensos a casos de síndrome ascite. E este quadro é potencializado com o aumento da temperatura estando relacionado com o maior esforço dos órgãos como coração, pulmão e fígado, ocasionando maior mortalidade nos lotes (GARCIA NETO e CAMPOS, 2004).

O melhoramento genético atual de frangos de corte pode ser proveitoso em regiões mais frias do globo, porém nas zonas intertropicais e tropicais, conduz a uma remodelação muito severa do ambiente de produção das aves com uma necessidade maior de aporte de energia para climatização. Genótipos de frangos de corte selecionados para eficiência alimentar em detrimento do crescimento rápido pode permitir uma produção de frangos de corte mais rentável em regiões de alta temperatura (CAHANER e LEENSTRA, 1992).

Mecanismos de troca de calor latente

As perdas de calor sensível diminuem com o aumento da temperatura e com a idade da ave. A troca de calor latente ocorrendo através da evaporação da água corporal da ave durante a respiração passa a ser mais eficiente em ambientes que a temperatura ambiente tende a ser igual ou superior à das aves. Em temperaturas muito elevadas, acima de 35 °C, o principal meio

de dissipação de calor das aves é a evaporação, mecanismo dependente da umidade relativa do ar (SANTOS et al., 2009). A eficiência do animal perder calor latente diminui com o aumento da umidade relativa do ar independente da temperatura do ambiente e, em ambientes com temperaturas de 30 a 35 °C com umidade relativa de 90%, estas perdas são nulas (GENÇ e PORTIER, 2005).

Frangos de corte entre a 5ª e 8ª semanas de idade submetidos a temperaturas de 35 °C necessitam de uma umidade relativa do ar entre 60 e 65% para expressar boas respostas no ganho de peso corporal e respostas fisiológicas (YAHAV et al, 1995). As altas temperaturas além de prejudicar o desempenho de crescimento em frangos de 1 a 49 dias de idade, afeta também o rendimento de cortes (coxa, sobrecoxa e peito), de modo que esses efeitos são mais acentuados pelo aumento da umidade relativa do ar (OLIVEIRA et al., 2006).

Quanto maior a umidade relativa do ar, maior a dificuldade da ave em remover o calor interno pelas vias aéreas, o que gera um aumento da frequência respiratória. Em exposições de 30 min a temperatura de 38 °C iniciam mudanças fisiológicas como o aumento no pH sanguíneo, as aves não conseguem manter sua temperatura interna constante tendo efeito no aumento da temperatura interna (TOYOMIZU et al., 2005). Em casos agudos, altas temperaturas e baixo teor de oxigênio no ambiente determinam casos de hipóxia tissular e maior ofegação das aves na tentativa de perder calor para o meio, o que leva a um aumento no débito cardíaco e congestão dos órgãos, resultando na falência cardiorrespiratória do animal (TEETER et al., 1985).

Com a intenção de expressar em um único índice de conforto a relação entre temperatura e a umidade relativa do ar Chepete et al. (2005), desenvolveram o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) específico para frangos de corte. As equações levam em consideração a idade das aves separadas em dois períodos sendo uma equação para as idades de três a quatro semanas (Equação 5) e outra para aves de cinco a seis semanas (Equação 6).

$$ITU_{3-4s} = 0.62T_{bs} + 0.38T_{bu} \quad (\text{Equação 5})$$

$$ITU_{5-6s} = 0.71T_{bs} + 0.29T_{bu} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

ITU_{3-4s} = Índice de Temperatura e Umidade para idades entre três e quatro semanas;

ITU_{5-6s} = Índice de Temperatura e Umidade para idades entre cinco e seis semanas;

T_{bs} = Temperatura de bulbo seco;

T_{bu} = Temperatura de bulbo úmido.

O ITU médio maior que 23 °C, calculado a partir de dados ambientais provenientes de estações meteorológicas, já é capaz de produzir mortalidade alta em frangos com mais de 28 dias quando as instalações não são climatizadas (VALE et al., 2008). Com o uso de instalações com climatização mínima (ventilação e nebulização) as condições para elevar a mortalidade estão relacionadas com ITU máximo diário acima de 30,6 °C. As condições de climatização mínima permitem um melhor conforto das aves e, neste sistema, as máximas externas ao aviário devem ser inferiores a 34,4 °C de ITU para não gerar mortalidade elevada em aves com idade entre 30 e 40 dias (VALE et al., 2010).

Em ambientes fechados há necessidade de uma ventilação mínima para renovar o ar interno, controlando a concentração de gases, poeira e vapor de água produzido, pois quando excedem os limites aceitáveis tornam-se nocivos (ALENCAR et al., 2004). A manutenção da umidade do ar dentro do aviário depende da velocidade do ar que desempenha um papel importante no alívio de calor (TAO e XIM, 2003).

Em condições de altas temperaturas associadas a altas umidades relativas, o aumento na velocidade do ar nos aviários, via ventilação forçada, tem sido utilizado como um meio para reduzir o estresse por calor das aves, pois melhora a habilidade das aves em dissipar calor por convecção. Ao proporcionar uma velocidade de ar adequada é possível diminuir as trocas de calor latente, que é onerosa para as aves, e proporcionar uma maior troca sensível (YAHAV,

2004). Como as aves são criadas em ambientes fechados, é fundamental que os aviários tenham capacidade de proporcionar uma zona de conforto térmico onde os mecanismos de troca de calor da ave sejam mais eficientes, em contrapartida, as instalações também devem apresentar eficiência para permitir este maior conforto às aves.

POTENCIAL DE REDUÇÃO DE TEMPERATURA

Com a evolução da produção avícola no país e o surgimento de novas tecnologias, muitas instalações sofreram adaptações físicas para alcançar os índices de produtividade almejados, havendo uma situação de transição de tecnologias, sendo que os principais sistemas utilizados são os de pressão positiva e os de pressão negativa com relação à ventilação.

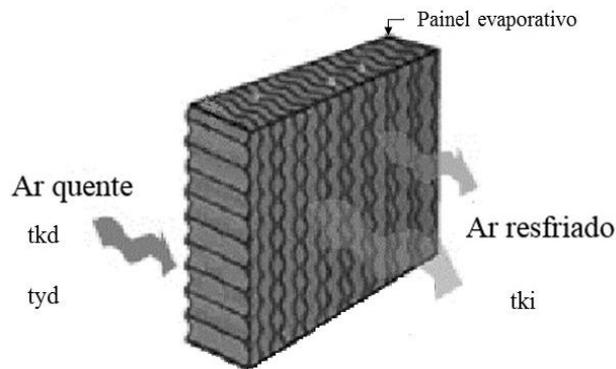
A climatização em aviários de pressão positiva pode ser dada com o uso de ventiladores, nebulizadores ou a combinação entre estes. A associação de ventiladores com a nebulização influencia positivamente as condições ambientais resultando em maiores valores de ganho de peso e menores valores de conversão alimentar e de mortalidade, permitindo maior redução da temperatura corporal das aves do que quando comparados isoladamente (SARTOR et al., 2001; WELKER et al., 2008).

Em sistemas de pressão negativa, com painéis evaporativos, há maior consumo de energia elétrica quando comparados aos com resfriamento a partir de ventilação positiva e nebulização. Mas podem ser mais eficientes em relação à uniformidade das variáveis ambientais, podendo produzir mais proteína animal no mesmo espaço de tempo (BUENO e ROSSI, 2006).

Independentemente do tipo de sistema de climatização, o fator mais importante é o quanto que a instalação consegue manter condições de conforto no seu interior, podendo ser representado pelo potencial de redução da temperatura do ar.

O potencial de redução da temperatura do ar (PRT) de um sistema evaporativo pode ser medido pela eficiência que este tem em aproximar a temperatura de bulbo seco a de bulbo úmido. A temperatura de bulbo úmido é menor quando comparada à temperatura de bulbo seco, devido à transferência de energia na forma de calor que ocorre na mudança de estado físico para a água evaporar. Essa diferença de temperatura é conhecida como depressão do bulbo úmido (DBU). O resfriamento do ar é diretamente proporcional à umidade deste, quanto mais seco o ar maior pode ser o resfriamento devido ocorrer maior evaporação.

Para medir o potencial de redução de temperatura em placas evaporativas são necessárias três variáveis: a temperatura do ar que entra na placa (t_{kd}), a temperatura de bulbo seco do ar que sai (t_{ki}) e a temperatura do bulbo úmido do ar que entra na placa (t_{yd}) (DAGTEKIN et al., 2009). Estas variáveis estão representadas na Figura 4 juntamente com a equação para o cálculo:



$$\eta = \frac{(t_{kd} - t_{ki})}{(t_{kd} - t_{yd})} \cdot 100$$

Figura 4: Funcionamento simplificado da placa evaporativa, e equação para calcular o potencial de redução de temperatura de acordo com DagTekin et al., (2009). Onde: t_{kd} = Temperatura do ar que entra na placa, t_{ki} = Temperatura de bulbo seco do ar que sai e t_{yd} = Temperatura do bulbo úmido do ar que entra na placa.

O cálculo do PRT segundo a equação 7 é uma regra de três simples, dividindo o quanto é possível reduzir a temperatura do ar por quanto se pode reduzir, multiplicando por 100 para se expressar em percentual. Para um aviário apresentar uma eficiência de 100% a temperatura reduzida internamente deve ser igual à DBU da temperatura externa do aviário.

Para as diversas condições ambientais envolvendo localização geográfica, é necessário um estudo mais aprofundado da interação das tipologias de aviários nos potenciais de redução de temperatura que cada um destes pode apresentar, pois tipos de cobertura (LIMA et al., 2009), pintura externa da cobertura (SARMENTO et al., 2005), sombreamento arbóreo (ALVES et al., 2004) entre outros, contribuem positivamente na redução das temperaturas. O manual Cobb (2008) recomenda as temperaturas entre 32 e 33 °C para a primeira semana passando para 21 a 23 °C após a 4ª semana, situação notavelmente de desafio para aviários em ambiente tropical. A vulnerabilidade de aves mais velhas ao estresse térmico é alta, pois temperaturas elevadas prevalecem na maioria das zonas tropicais e intertropicais na maior parte do ano e há estimativas para mudanças na frequência de ondas de calor (IPCC, 2007), o que exigirá ainda mais destes sistemas.

ONDAS DE CALOR

Ondas de calor são extremos de tempo que têm sido relatados e denominadas como períodos de tempo desconfortáveis e excessivamente quentes, pelo menos dois dias com máxima acima de 32 °C, podendo durar vários dias ou semanas (NIENABER e HAHN, 2004; INMET, 2005). Em frangos de corte, um único dia com a temperatura interna do ambiente com máxima superior a 32 °C é suficiente para desencadear a alta mortalidade estreitando ainda mais este conceito (VALE et al., 2008). Temperaturas em torno de 32 °C são recomendadas no alojamento de frangos de um dia, esta temperatura representa mais de 10 °C acima da

temperatura de conforto após a quarta semana de idade para frangos de corte (COBB, 2008; HUBBARD, 2014; ROSS, 2014).

As ondas de calor tornam-se um grande problema por causarem morte de pessoas, animais e redução de produtividade. Em Portugal, após uma análise de séries climáticas e os índices de mortalidade, foi possível associar as ondas de calor com o aumento da mortalidade na população (CALADO, 2003). O impacto da onda de calor que atingiu a Europa no verão de 2003 também foi percebido na produção de aves onde foram estimados a perda de cerca de 42 milhões de euros (COPA e COGECA, 2004). Nos Estados Unidos da América (EUA), os prejuízos econômicos provenientes de estresse por calor foram estimados para frangos de corte em 128 milhões de dólares anuais (ST-PIERRE et al., 2003).

No Brasil mais especificamente em Bastos, São Paulo, maior região produtora de ovos no país, em algumas granjas foi registrado a temperatura de 43 °C causando a morte de 500 mil aves em 2012 (ANDRADE, 2012). Durante o verão de 2013-2014, a ocorrência de altas temperaturas desencadeou a morte de pelo menos 400.000 frangos em municípios do Vale do Taquari (RS) (BAHIA NEGÓCIOS, 2014). Muitos casos foram agravados com a falta de energia elétrica desencadeando altas temperaturas internas nas instalações.

O ano de 2014, num período de registro de 135 anos, foi o mais quente já registrado nas superfícies terrestre e oceânica do mundo e todos os meses do ano apresentaram temperaturas acima das médias (NOAA, 2015). Os registros meteorológicos históricos apontam uma tendência de aumento nas temperaturas globais, 5% da área terrestre já está comprometida com temperaturas elevadas e pode chegar a 85% até o fim do século (COUMOU, 2013; STOTT, 2013; NOAA, 2014). Independentemente das causas, o aquecimento global já é realidade, entre os 12 anos mais quentes ocorridos 11 deles ocorreram no período entre 1995 e 2006 e as projeções para o século XXI são para uma maior ocorrência de ondas de calor (IPCC, 2007).

O aquecimento do clima em diversas regiões, em sua maior parte, pode ocorrer durante o inverno e estações de transição com tendência de noites mais quentes, influenciando mais nas temperaturas mínimas tornando-as mais elevadas, com o risco de ondas de calor sendo ainda maior (MARENGO, 2007). Análises de dados da região Sul do Brasil apontam uma tendência de elevação da umidade e ao aquecimento a partir de alterações nas temperaturas médias das mínimas seguida pelas temperaturas médias compensadas com pouca variação nas médias das máximas (MENDONÇA, 2006).

O maior risco para as aves na elevação das temperaturas mínimas do ar e a temperatura média das noites implica em afetar negativamente o momento que a ave se recompõe fisiologicamente para amenizar o estresse sofrido pelo calor durante o dia. As aves adaptam-se melhor a temperaturas máximas diárias mais altas quando a temperatura cai a noite a 25 °C ou inferior (BALNAVE, 1998).

Com noites mais quentes a recuperação pode ser mais lenta e o próximo dia de extremo pode oferecer um risco ainda maior. Com um aumento na umidade do ar seguida por temperaturas mais elevadas os sistemas de resfriamento evaporativo perdem capacidade de redução de temperatura encurtando ainda mais a possibilidade de manter as aves em uma zona de conforto térmico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temperatura é o principal fator estressante para as aves, mas sua influência é dependente de outros fatores tais como as variáveis termodinâmicas (umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar), condições de alojamento (condições das instalações, densidade, nutrição, sanidade e manejo) e depende também de variações corporais dos próprios animais (idade e linhagem). Essas condições podem influenciar nas trocas térmicas e permitir que as aves consigam superar o estresse.

A evolução na produção avícola garantiu maior produção de carne com um menor custo devido a melhoras na conversão alimentar, uma vez que a alimentação representa a maior parte nos custos produtivos, e menor tempo para o abate. Com maiores ganhos de peso também foram agravadas as relações superfície/volume das aves, o que dificulta nas trocas térmicas sensíveis.

A atual genética de frangos de corte está mais dependente dos sistemas de resfriamento dos aviários, que por sua vez dependem dos seus potenciais de redução de temperatura e das temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido fora das instalações. Com estimativas de aumento da ocorrência das ondas de calor e com um aumento nas temperaturas a exploração de sistemas de climatização mais eficientes será cada vez maior, necessitando de melhor compreensão da dinâmica dos ambientes, da fisiologia das aves e maiores estudos a fim de melhorar os potenciais de redução de temperatura nos aviários.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M.C.B.; NAAS, I.A.; GONTIJO, L.A. Respiratory Risks in broiler production workers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.6, n.1, p.23-29, 2004.
- ALVES, S. P.; RODRIGUES, E. H. V. Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.241-245, 2004.
- ANDRADE, C. Onda de calor mata meio milhão de galinhas na 'capital do ovo'. **Folha de São Paulo**, 29 de novembro de 2012. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2012/11/1192926-onda-de-calor-mata-meio-milhao-de-galinhas-na-capital-do-ovo.shtml>. Acesso em: 30 dez. 2014.
- BAHIA NEGÓCIOS. Calor, por falta de energia, mata mais de meio milhão de frangos em aviários de São Paulo, Paraná e Rio Grande do sul. **Bahia Negócios**, 14 de fevereiro de 2014. Disponível em: <http://www.bahianegocios.com.br/agribusiness/calor-por-falta-de->

energia-mata-mais-de-meio-milhao-de-frangos-em-aviarios-de-sao-paulo-parana-e-rio-grande-do-sul/ Acesso em: 30 dez. 2014.

BALNAVE, W.L. Increase utilization of sensible heat loss mechanisms in high temperature, high humidity conditions. **Word's Poultry Science Journal**, v.54, p.69-72, 1998.

BAZIZ, H. A.; GERAERT, P. A.; PADILHA, J.C.F.; GUILLAUMIN, S. Chronic Heat Exposure Enhances Fat Deposition and Modifies Muscle and Fat Partition in Broiler Carcasses. **Poultry Science**, n.75, p.505-513, 1996.

BUENO, L. G. F.; ROSSI, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.497-504, 2006.

CAHANER, A. e LEENSTRA, F. Effects of High Temperature on Growth and Efficiency of Male and Female Broilers from Lines Selected for High Weight Gain, Favorable Feed Conversion, and High or Low Fat Content. **Poultry Science**, v.8, n.71, p.1237-1250, 1992.

CALADO, R.; NOGUEIRA, P. J.; CATARINO, J.; PAIXÃO, E. J.; BOTELHO, J.; 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**, v.22, n.2, 2004.

CANGAR, Ö. AERTS, J-M.; BUYSE, J.; BERCKMANS, D. Quantification of the spatial distribution of surface temperatures of broilers. **Poultry Science**, v.87, p.2493-2499, 2008.

CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.M.; TSHEKO, R. Production performance and temperature humidity index of broilers reared in naturally ventilated houses in Botswana. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v.1, n.1, p.19-28, 2005.

COBB. Manual de manejo de frango de corte. **Cobb vantress**, 2008.

- COPA/COGECA. COMITÉ DÊS ORGANISATIONS PROFESSIONALLES DE LA AGRICOLES DE LA COMMUNITÉ EUROPÉENNE / COMITÉ GENERAL DE LA COOPERATION AGRICOLE. Assessment of the impact of the heat wave and drought of the Summer 2003 on agricultural and forestry. **Cologne**, 15p, 2003.
- COUMOU D. e ROBINSON A. Historic and future increase in the global land area affected by monthly heat extremes. **Environmental Research Letters**, v.8, 2013.
- Dagtekin, M.; Karaca, C.; Yıldız, Y. Performance characteristics of a pad evaporative cooling system in a broiler house in a Mediterranean climate. **Biosystems Engineering**, n.103, p.100-104, 2009.
- DONKOH, A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. **International Journal of Biometeorology**, n.33, p.259-265, 1989.
- GARCIA NETO, M; CAMPOS E. J. Suscetibilidade de linhagens de frangos de corte à síndrome ascítica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.803-808, 2004.
- GENÇ, L. e PORTIER K. M. Sensible and Latent Heat Productions from Broilers in Laboratory Conditions. **Turkish Journal of Veterinary e Animal Sciences**, n.29, p.635-643, 2005.
- GERAERT, P.A., PADILHA, J.C.F., GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure chickens: biological and endocrinological variables. **British Journal of Nutrition**, n.75, p.205-216, 1996.
- HASSANZADEH, M.; GILANPOUR, H.; CHARKHKAR, S.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Anatomical parameters of cardiopulmonary system in three different lines of chickens: further evidence for involvement in ascites syndrome. **Avian Pathology**, v.3, n.34, p.188-193, 2005.
- HILLMAN, P.E.; SCOTT, N.R.; Van THIENHOVEN, A. Vasomotion in chicken foot: dual innervation of arteriovenous anastomoses. **Animal Journal Physiology**, v.242, n.1, p.582-590, 1982.

- HUBBARD. Management guide broiler. **Hubbard**, 2014. Disponível em: <http://www.hubbardbreeders.com/managementguides/Hubbard%20Broiler%20Management%20Guide.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2015.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. Glossário. 2005. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html>. Acesso em: 27 jan. 2014.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas: Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. 25 p., 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg1-spm.pdf> . Acesso em: 14 jan. 2015.
- KOH, K.; MACLEOD, M.G. Effects of ambient temperature on heat increment of feeding and energy retention in growing broilers maintained at different food intakes. **British Poultry Science**, v.40, p.511-516, 1999.
- LAGANA, C. Otimização da produção de frangos de corte em estresse por calor. P.180. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- LIMA, K. R. S.; ALVES, J. A. K.; ARAÚJO, C. V.; MANNO, M. C.; JESUS, M. L. C. de; FERNANDES, D. L.; TAVARES, F. Avaliação do ambiente térmico interno em galpões de frango de corte com diferentes materiais de cobertura na mesorregião metropolitana de Belém. **Revista Ciência Agrária**, n.51, p.37-50, jan./jun. 2009.
- MARCHINI, C.F.P.; SILVA, P.L.; NASCIMENTO, M.R.B.M; TAVARES, M. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. **Archives of Veterinary Science**. v.12, n.1, p.41- 46, 2007.

- MARENGO J. A. e VALVERDE M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v.8, 2007.
- MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. DA C.; RITA F. M. DE OLIVEIRA; TINÔCO, I. DE 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**, v.9, n.4, p.660-665, 2005.
- MENDONÇA, F. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.2, p.71–86, 2006.
- MITCHELL H. H. The surface area of Single Comb White Leghorn chickens. **Journal of Nutrition**, v.2, p.443–449, 1930.
- NÄÄS, I. de A.; ROMANINI, C. E. B.; NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R.; VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, v.67, n.5, p.497-502, 2010.
- NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. In: International Symposium of the Cigr. 2nd Technical Section. New Trends In Farm Buildngs. Mai. 2004. CD-Rom.
- NOAA. National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for December 2014, Publicação online Jan. 2015, Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/12>. Acesso em: 16 jan. 2015.
- NOAA. State of the Climate: Global Analysis for November 2014. **National Climatic Data Center**, 2014. Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/>. Acesso em: 30 dez, 2014.

- OLIVEIRA NETO, A. R.; OLIVEIRA, R. F. M. DE; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; FERREIRA, R. A.; MAXIMIANO, H. C.; GASPARINO, E. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho e Características de Carcaça de Frangos de Corte Alimentados com Dieta Controlada e Dois Níveis de Energia Metabolizável. **Revista brasileira de zootecnia**, v.29, n.1, p.183-190, 2000.
- OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. 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**, v.35, n.3, p.797-803, 2006.
- PETRACCI, M., BIANCHI, M., CAVANI, C., GASPARI, P. AND LAVAZZA, A. Preslaughter mortality in broiler chickens, turkeys and spent hens under commercial slaughtering. **Poultry Science**, v.85, p.1660-1664, 2006.
- ROSS. Ross broiler management handbook. Ross, **An Aviagen Brand**, 2014. Disponível em: http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf. Acesso em: 14 jan. 2015.
- RYDER A. A., Feddes JJR, Zuidhof MJ. Field study to relate heat stress index to broiler performance. **Journal Applied of Poultry Research**, n.13, p.493-499, 2004.
- SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; OVIEDO-RONDÓN, E.O. et al. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. **Poultry Science**, v.84, p.1363-1369, 2005.
- SALLVIK K. Animal Environment Requirements. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering – Animal Production e Aquacultural Engineering. **ASAE Publisher**, p.31-41, 1999.

- SANTOS, P.A.; BAÊTA, F.C.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECOM, P.R. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves. **Revista CERES**, v.56, n.2, p.172-180, 2009.
- SARMENTO, L. G. V.; DANTAS, R. T.; 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. **Agropecuária Técnica**, v.26, n.2, p.117-122, 2005.
- SARTOR, V.; BAÊTA, F. C.; LUZ, M. L.; ORLANDO, R. C. Sistemas de resfriamento evaporativo e o desempenho de frangos de corte. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.17-20, jan./mar. 2001
- SAS, Statistical Analysis System. User's guide: Stat Version. Ed. Cary: SAS Institute, USA, 2009.
- SEVEGNANI, K. B.; CARO, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA I. J. O.; MOURA, D. J. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.115-119, 2005.
- SILVA, E.; YANAGI, T.; BRAGA R. A.; LOPES, M. A.; DAMASCENO, F. A.; SILVA G. C. A. E. Desenvolvimento e validação de um modelo matemático para o cálculo da área superficial de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.1-7, jan./mar. 2009.
- SILVA, MAN et al. Resistência ao Estresse Calórico em Frangos de Corte de Pescoço Pelado. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, 2001.
- STOTT, P. Global-average temperature records. **Met Office**, 2 Outubro 2013. Disponível em: <http://www.metoffice.gov.uk/climate-guide/science/temp-records> Acesso em: 30 dez. 2014.

- ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by livestock industries. **Journal of dairy science supplements**, p.52-77, 2003.
- SUK, Y. O.; WASHBURN, K. W. Effects of environment on growth, efficiency of feed utilization, carcass fatness, and their association. **Poultry Science**, v.74, n.2, p.285-296, 1995.
- TAO X, XIN H. Temperature-humidity-velocity: index for market-size broilers. **ASAE Annual Meeting**, n.034037, 2003.
- TEETER, R. G.; SMITH, M. O.; OWENS, F. N.; ARP, S. C.; SANGIAH, S.; BREAZILE, E. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: Occurrence and treatment in broiler chicks. **Poultry Science**, v.64, n.6, p.1060-1064, 1985.
- TOYOMIZU, M.; TOKUDA, M.; MUJAHID, A.; AKIBA, Y. Progressive alternation to core temperature, respiration and blood acid-base balance in broiler chickens exposed to acute heat stress. **The Journal of Poultry Science**, v.42, p.110-118, 2005
- VALE, M. M.; MOURA, D. J. DE; NÄÄS, I. A; OLIVEIRA, S. R. M.; RODRIGUES, L. H. A. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.223-229, 2008.
- VALE, M.M.; MOURA D.J.; NÄÄS I.A.; PEREIRA D.F. Heat waves characterization with impact over broilers mortality rates between 29 days old at the slaughter. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, n.4, p.279-285, 2010.
- WELKER, J. S.; ROSA, A. P.; MOURA, D. J.; MACHADO, L. P.; CATELAN, F.; UTTPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1463-1467, 2008.
- YAHAV, S.; GOLDFELD S.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. **Journal of Thermal Biology**, n 20, p 245-253, 1995.

- 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**, n.83, p.253-258, 2004.
- YALCIN, S.; SETTAR, P.; OZKAN, S.; CAHANER, A. Comparative evaluation of three
commercial broiler stocks in hot versus temperate climates. **Poultry Science**, v.76, n.7,
p.921-929, 1997.
- ZUIDHOF, M. J.; SCHNEIDER, B. L.; CARNEY, V. L.; KORVER, D. R.; ROBINSON F. E.
Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry
Science**, n.93, p.2970-2982, 2014.

**2 IMPACTO NOS POTENCIAIS DE REDUÇÃO DE TEMPERATURA
DO AR E NA MORTALIDADE EM AVIÁRIOS DE FRANGOS DE
CORTE EM DOIS DIFERENTES PERÍODOS DE CALOR**

Impacto nos potenciais de redução de temperatura do ar e na mortalidade em aviários de frangos de corte em dois diferentes períodos de calor

Impact on air temperature reduction potentials and mortality in broilers houses in two different heat periods

Maurício Portella dos Santos^{1*}; Marcos Martinez do Vale.

RESUMO

O ano de 2014 foi o mais quente já registrado através das superfícies terrestres e oceânicas do mundo, sendo que o verão 2013/2014 do hemisfério Sul promoveu severas perdas na avicultura verificadas em elevada mortalidade de lotes e aves alojadas neste ano. Este estudo teve como objetivos caracterizar as diferenças entre dois períodos meteorológicos e estimar os seus potenciais de redução de temperatura do ar (PRT) relacionando as horas de desconforto estimadas dos aviários para frangos de corte com as mortalidades ocorridas nos lotes produzidos nestes períodos. Os dados meteorológicos comparados entre os períodos I (01/11/2012-14/02/2013) e II a (01/11/2013-14/02/2014), diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) pelas temperaturas, umidade máxima e horas de desconforto térmico estimados em três potenciais de redução de temperatura (80, 65 e 50% de eficiência para o resfriamento evaporativo). O modelo de mineração de dados classificou com 92,47 % de precisão as maiores mortalidades de lotes de frangos de corte (precisão de classificação de 0,75) ocorridas nos aviários utilizando as variáveis horas de desconforto maiores que 669,5 horas no período estimado a partir do PRT com eficiência de 65%, e a média maior que 21 horas de desconforto por dia de alojamento.

Palavras-chave: estresse por calor, mineração de dados, ambiência, onda de calor

^{1*}Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: mauricioportellamau@hotmail.com. Autor para correspondência.

ABSTRACT

2014 year was the warmest on record over land and ocean surfaces in the world, being that 2013/2014 summer of south hemisphere caused severe losses in poultry verified in high mortality from lots and poultry housed this year. This study aimed to characterize the differences between two meteorological periods and estimate their potential air temperature reduction (PRT) relating the hours of discomfort estimated of the poultry broiler chickens with the mortalities occurred in lots produced in these periods. The meteorological data compared between periods I (11/01/2012-02/14/2013) and II (11/01/2013-02/14/2014), differ statistically ($p < 0.05$) by the temperatures, maximum humidity and thermal discomfort hours estimated in three potentials temperature reduction (80, 65 and 50% efficiency for the evaporative cooling). The data mining model classified with 92.47% accuracy the highest mortality lots of broiler chickens (classification accuracy of 0.75) that appeared in poultry using the variable hours of greatest discomfort over 669.5 hours in the estimated period from PRT with 65% of efficiency and the average over 21 hours discomfort per day of housing.

Key words: heat stress, data mining, environment, heat wave

INTRODUÇÃO

Todos os meses do ano de 2014 apresentaram temperaturas acima das médias foi o período mais quente já registrado em 135 anos (NOAA, 2015). Os registros meteorológicos históricos apontam uma tendência de aumento nas temperaturas globais, 5% da área terrestre já está comprometida com temperaturas elevadas e pode chegar a 85% até o fim do século (COUMOU, 2013; STOTT, 2013; NOAA, 2014). A maior alteração nas mudanças climáticas está na elevação das temperaturas mínimas, ampliando o risco de ondas de calor (IPCC, 2007; MARENGO, 2007).

As temperaturas recomendadas no alojamento de frangos de um dia estão em torno de 32 °C, e após a terceira semana de vida a recomendação é de manter a temperatura entre 20 - 21 °C (COBB, 2008; HUBBARD, 2014; ROSS, 2014). As aves são criadas em ambientes fechados e dependem exclusivamente das características dos aviários em garantir o conforto térmico e manter a produtividade (SANTOS et al. 2009; TAO e XIM, 2003; MOURA, 2006; BUENO e ROSSI, 2006). Para reduzir as temperaturas nos aviários, os sistemas de resfriamento evaporativo são os mais utilizados, sendo que a eficiência destes sistemas pode ser calculada pelo potencial de redução de temperatura (PRT) que possuem (DAGTEKIN et al., 2009).

Para um aviário apresentar uma eficiência de 100%, a temperatura do ar reduzida internamente ao aviário deve ser igual à depressão de bulbo úmido (DBU), que é a diferença entre as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido das temperaturas externas do aviário. Mesmo em situações de boa qualidade do sistema de resfriamento do aviário, o PRT máximo para fins de cálculos está em torno de 80% (ABREU, 1999). A eficiência dos sistemas de resfriamento evaporativo depende da DBU que, por sua vez, é relacionada com a umidade relativa do ar. O aumento na umidade relativa do ar seguida por temperaturas mais elevadas e menores DBU, reduzem o PRT piorando a possibilidade de manter as aves em uma zona de conforto térmico.

A análise comparativa de dados de variáveis ambientais com índices produtivos é difícil e a mineração de dados vem sendo utilizada para a exploração de bancos de dados e a geração de informações e padrões que possibilitem o desenvolvimento de estratégias de mitigação de mortalidades por extremos de calor (VALE et al., 2008; VALE et al., 2010; PEREIRA, et al., 2010). O objetivo deste trabalho foi caracterizar as diferenças entre dois períodos meteorológicos e estimar os seus potenciais de redução de temperatura do ar e relacionar as horas de desconforto para frangos de corte com as mortalidades ocorridas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado comparando dados provenientes de estações meteorológicas localizadas próximas a aviários de frangos de corte com os respectivos dados zootécnicos em dois períodos de calor. As análises realizadas foram uma comparativa entre os períodos seguidos da mineração dos dados meteorológicos e zootécnicos.

Dados zootécnicos

Os dados de produção foram obtidos com uma empresa de integração avícola situada na região de Teutônia-RS. Estes dados contemplam as idades de alojamento e abate, e a mortalidade (%) ocorrida em cada lote. Os lotes foram alojados em aviários com tipologia construtiva padronizada pela empresa integradora, com sistema de ventilação por pressão positiva (ventiladores axiais) associado a nebulizadores ao longo do galpão, ambos acionados manualmente.

Dois períodos de produção foram obtidos: Período I - entre primeiro de Novembro de 2012 até 14 de Fevereiro de 2013 com dados produtivos de 85 lotes de frango; Período II - compreendendo os dias entre primeiro de Novembro de 2013 até 14 de Fevereiro de 2014 com 98 lotes de frangos de corte alojados. A classe de mortalidade foi gerada com dados de porcentagem de mortalidade por lote classificando como mortalidade Maior e Menores valores maior que 3,5% e menor ou igual a 3,5% respectivamente para os lotes, considerando a mortalidade normal para lotes com seis semanas de 3,3% (MENDES e PATRICIO, 2004).

Dados meteorológicos

As variáveis ambientais da região de Teutônia são provenientes do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registrados na estação meteorológica automática de Teutônia. O período compreende os mesmos dias dos dados zootécnicos. Os dados brutos continham as temperaturas de bulbo seco (T_{bs}) e umidades relativas do ar (UR) a cada hora do dia.

Os dados meteorológicos foram integrados em uma sucessão de três preparações de bancos de dados até a integração final para a mineração de dados. Foram elaborados três bancos de dados, sendo: o primeiro com os dados meteorológicos horários brutos; o segundo com os dados meteorológicos ajustados para um resumo diário; e o terceiro ajustado para um resumo dos eventos meteorológicos ocorridos em concomitância à condução dos lotes de frangos de corte dos períodos PI e PII (Tabela 1).

Tabela 1: Esquema de cálculos para o processamento do banco de dados analisado.

BANCO DE DADOS ¹		
Horário	Diário	Semanas do lote
Temperatura de bulbo seco	Média	Média
Temperatura de bulbo úmido ²	Mínima	Mínima
Umidade relativa do ar	Máxima	Máxima
	Amplitude	Amplitude
Horas de desconforto em PRT ³ 80%; 65%; e 50%	Soma das horas Em desconforto	Soma e média das horas em desconforto

¹ Entre as colunas, as chaves representam os cálculos efetuados, sendo por exemplo, a média diária das temperaturas de bulbo seco e, na sequência, as médias das médias diárias para cada semana de criação do lote.

² T_{bu}, calculados de acordo com Stull (2011).

³ Potencial de Redução de Temperatura.

O banco de dados com os valores brutos foi analisado para sua consistência, verificando casos de valores discrepantes e faltantes, sendo identificada uma falha entre os dias 11 a 18 de dezembro de 2012. As falhas para a temperatura de bulbo seco da série foram completadas a partir da técnica descrita por Baba et al. (2014), identificando as estações meteorológicas mais próximas que tivessem registros do período faltante na estação de Teutônia.

Foi criado um banco de dados com os registros horários de temperatura e umidade do mês de dezembro de 2012 e realizado o teste de correlação de Pearson, sendo a estação de Bento Gonçalves (RS) a com maior correlação (91,64%). Posteriormente foi calculada a regressão

linear entre as estações Teutônia e Bento Gonçalves estimando a temperatura de Teutônia através das temperaturas de Bento Gonçalves, efetuando-se a complementação da série (Figura 1a). Os valores calculados foram validados pela comparação com os valores observados dentro do mês de dezembro de 2012 (Figura 1b).

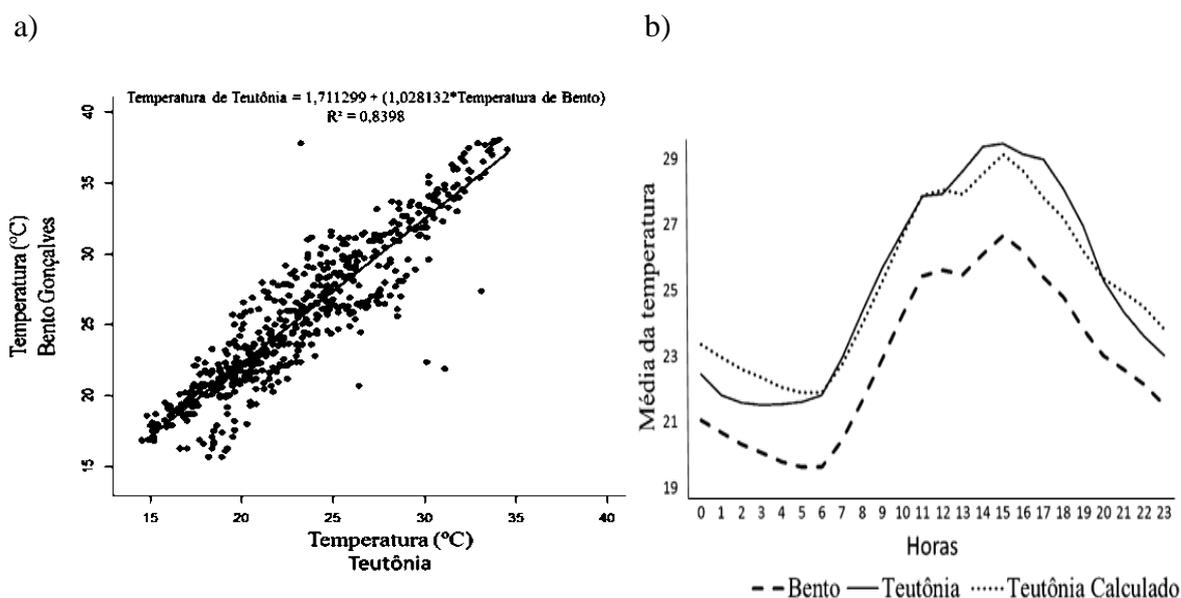


Figura 1: a) Reta da regressão linear; b) Distribuição das temperaturas médias nas horas.

Para o cálculo da umidade relativa do ar para reposição, devido às correlações entre as umidades relativas do ar (UR) entre as estações ser moderada a baixa, e entre a temperatura da estação de Teutônia e a UR nas horas do dia ser forte (84,43%), optou-se para a reposição dos dados de UR pela regressão linear construída a partir de dados de dias semelhantes, utilizando as médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar para Teutônia, fornecidas pela empresa Climatempo®. A partir das médias de temperatura e UR, foram selecionados dias semelhantes aos faltantes em suas médias de temperatura e UR, com variações máximas de ± 3 °C e de $\pm 5\%$ respectivamente, sendo posteriormente cálculo por regressão linear múltipla as UR a partir das horas e das respectivas temperaturas do dia (Tabela 2).

Tabela 2: Equações utilizadas para completar a série de dados da umidade relativa do ar (UR) com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para os dias de falhas no mês de dezembro de 2012.

Dia	Equação para o cálculo das umidades relativas (UR)	R^2
11	UR= 167,1135 + (0,385411 x hora) + (- 3,61834 x T_{bs})	0,9235
12	UR= 159,2103 + (- 0,16159 x hora) + (- 3,05503 x T_{bs})	0,7966
13	UR= 186,4911 + (- 0,00093 x hora) + (- 4,35567 x T_{bs})	0,9589
14	UR= 152,4229 + (- 0,019025 x hora) + (- 2,91408 x T_{bs})	0,9608
15	UR= 152,4229 + (- 0,019025 x hora) + (- 2,91408 x T_{bs})	0,9696
16	UR= 177,5712 + (0,48706 x hora) + (- 4,1236 x T_{bs})	0,8174
17	UR= 177,5712 + (0,48706 x hora) + (- 4,1236 x T_{bs})	0,9761
18	UR= 177,5712 + (0,48706 x hora) + (- 4,1236 x T_{bs})	0,9984

Após os dados faltantes serem preenchidos, foram calculados valores de temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) de acordo com Stull (2011). Internamente aos aviários foi estimada a temperatura horária e o número de horas de desconforto em três potenciais de redução da T_{bs} .

A partir da Equação 1 (DAGTEKIN et al., 2009), foram calculadas as respectivas estimativas das T_{bs} de cada hora internamente aos aviários, estimados em três níveis de eficiência nos PRT: 80%, considerado como potencial máximo de redução (ABREU, 1999); 65%, como valor intermediário e; 50%, considerado pouco eficiente em relação aos demais.

$$\eta = \frac{tkd - tki}{tkd - tyd} 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

η = Potencial de redução de temperatura (%)

tkd = temperatura de bulbo seco do ar externo (°C)

tki = temperatura de bulbo seco do ar interno (°C)

tyd = temperatura do bulbo úmido do ar que entra na placa (°C)

Para a estimativa das horas de desconforto gerada em cada condição térmica para cada lote, cada T_{bs} estimada maior que 21 °C em cada hora foi considerada como uma hora de desconforto, posteriormente sendo somada dentro das 24 horas e nas semanas de criação para cada lote.

O segundo banco de dados (Diário) foi formado com as medias aritméticas da T_{bs} , T_{bu} e UR mínima e máxima absolutas e a amplitude entre a mínima e a máxima de cada dia para as variáveis. As horas de desconforto para cada um dos potenciais de redução de temperatura foram somadas em cada dia.

O sistema de criação dos frangos adotado na integração exerceu controle da temperatura para aquecimento dos aviários quando necessário até a segunda semana de idade e não considerado como período de vida da ave vulnerável ao estresse por calor, desta forma, apenas os períodos do início da terceira semana até o abate, foram considerados como possíveis para o estresse por calor (YALCIN et al., 1997). Para relacionar as classes de mortalidade ocorridas em cada lote, foi formado um terceiro banco de dados (Semana do lote), com a soma total e a média aritmética das horas de desconforto de cada um dos três PRT, sendo calculada as médias, mínimas, máximas e amplitude das T_{bs} , T_{bu} e UR médias, mínimas e a máximas absolutas e amplitude que previamente obtidas no segundo banco de dados.

Análises estatísticas

As análises de correlação e regressão para a complementação da série foram calculadas com o uso do programa computacional R (R CORE TEAM, 2014). Os dados meteorológicos diários e os dados zootécnicos de cada período foram analisados pela análise de variância (PROC GLM; SAS[®], 2009).

Os dados de cada lote foram organizados para as análises de mineração de dados. Os passos do processo de Mineração de Dados seguiram o procedimento descrito pelo consórcio CRISP-DM (CRoss-Industry Standart Process for Data Mining), conforme descrito por Chapman et al. (2000). O software utilizado foi Weka[®] versão 3.7.8 (Waikato Environment for

Knowledge Analysis, University of Waikato), e o algoritmo de classificação escolhido foi o J48. Como estratégia para equilibrar as classes foi utilizado o filtro supervisionado Resample, do próprio Weka[®] de acordo com Breiman, (1996).

A precisão geral dos modelos e a precisão das classes foi utilizada para selecionar as melhores árvores geradas pelas diferentes abordagens de seleção de atributos com melhores precisões auxiliada pela interpretação de especialistas do domínio (Vale et al., 2008). O especialista foi selecionado com base em experiência em produção de frangos de corte e conhecimento de ambiência avícola. Em entrevistas, os modelos foram apresentados ao especialista e julgados pela sua coerência e capacidade em compreender os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os períodos analisados foram diferentes ($p < 0,05$) nas variáveis média, mínima e máxima da temperatura de bulbo seco (T_{bs}) e temperatura de bulbo úmido (T_{bu}), sendo que no Período II, foram maiores quando comparadas com o Período I. Apenas a média das máximas da umidade relativa do ar (UR) teve diferença ($p < 0,05$) entre os períodos, sendo menor no Período II, apresentando um menor coeficiente de variação, o que indica uma maior constância desta variável entre os períodos. As T_{bs} mínima e a máxima absolutas observadas nos períodos I e II foram 11,2 e 11,8 °C de mínima e 38,8 e 39,9 °C de máxima respectivamente (Tabela 3). Os resultados deste estudo foram coerentes com os resultados de Mendonça (2006) que apontam uma tendência de elevação da umidade e ao aquecimento a partir de alterações nas temperaturas médias das mínimas seguida pelas temperaturas médias compensadas com pouca variação nas médias das máximas para a região Sul do Brasil.

Tabela 3: Variáveis meteorológicas nos períodos I (01/11/2012 – 14/02/2013) e II (01/11/2013 – 14/02/2014).

Médias	Período I	Período II	CV%
T _{bs} Média	23,3 ^a	24,5 ^b	12,2
T _{bs} Mínima	18,2 ^a	19,7 ^b	16,6
T _{bs} Máxima	30,1 ^a	31,4 ^b	12,9
UR Média	74,5 ^a	73,6 ^a	15,0
UR Mínima	48,8 ^a	46,8 ^a	30,8
UR Máxima	93,8 ^a	92,4 ^b	4,5
T _{bu} Média	19,9 ^a	21,0 ^b	11,6
T _{bu} Mínima	17,1 ^a	18,2 ^b	16,5
T _{bu} Máxima	22,7 ^a	23,6 ^b	10,7

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas variaram estatisticamente pelo teste de T a 5% de significância. CV%= coeficiente de variação em porcentagem

A distribuição das T_{bs} e T_{bu} dos valores médios das máximas e mínimas permite uma melhor diferenciação entre os períodos do ponto de vista da ocorrência dos extremos (Figura 2a e b). Entre os períodos I e II ocorreu uma mudança na distribuição da T_{bs}, implicando em um deslocamento da distribuição à direita acarretando a elevação da média para o período II em relação ao período I (Figura 2a). Em casos de variações climáticas, a maior ocorrência de dias com temperaturas mais elevadas pode causar um deslocamento das distribuições das variáveis em relação à média, aumentando o risco devido à maior probabilidade e frequência dos extremos (IPCC, 2001). Blain, (2010), ao analisar séries temporais das localidades de Campinas e Piracicaba – SP, constatou a partir da distribuição dos dados que os valores de temperatura máxima foram deslocados para a direita, evidenciando uma elevação das temperaturas máximas e a maior probabilidade de ocorrência de temperaturas extremas, semelhante ao observado entre os períodos I e II.

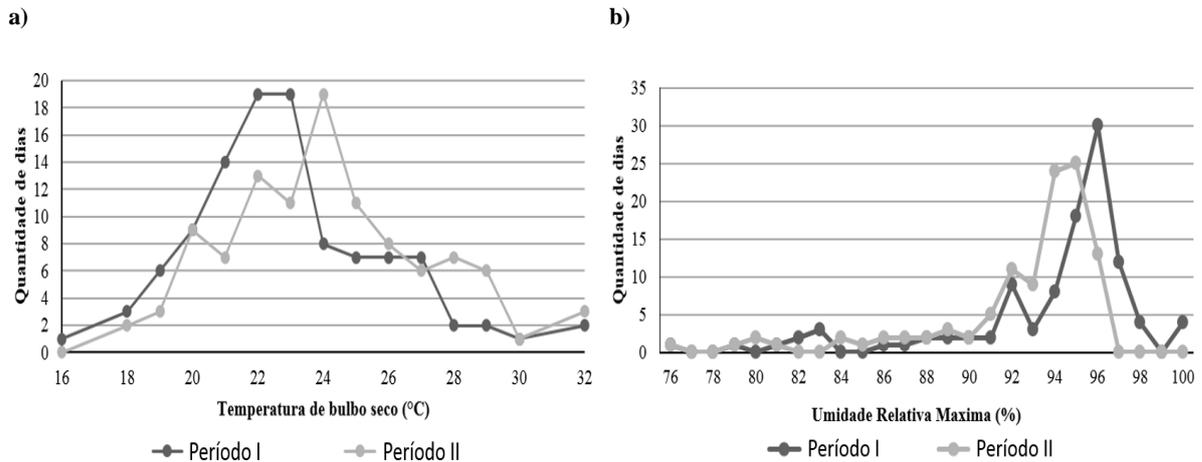


Figura 2: Distribuição das médias das temperaturas de bulbo seco médias diárias (a) das médias da umidade relativa do ar máxima diária (b) nos Períodos I e II.

O período I apresentou mais dias com umidades máximas maiores em relação ao período II (Figura 2b), o que pode justificar a menor média do período II para a UR Máxima (Tabela 3). Apesar do aumento da média da T_{bs} , com a redução da UR, é possível ampliar a mitigação em verões mais quentes caso este padrão venha a se repetir. O resfriamento em aviários com sistemas evaporativos é diretamente proporcional à umidade do ar, quanto mais seco o ar maior possibilidade de resfriamento por sistemas evaporativos (DAGTEKIN et al., 2009).

Em temperaturas acima de 35 °C, o principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação, mecanismo dependente da umidade relativa do ar (SANTOS et al., 2009). Em UR mais baixas a evaporação ocorre com maior facilidade. Frangos de corte entre a 5ª e 8ª semanas de idade submetidos a temperaturas de 35 °C necessitam de uma umidade relativa do ar entre 60 e 65% para expressar boas resposta de ganho de peso corporal e respostas fisiológicas (YAHAV et al, 1995), ambas as médias da UR dos períodos I e II (93,8 e 92,4% respectivamente) são elevadas e representam um pior conforto para a ave.

As maiores médias de T_{bs} registradas no período I ocorreram em dezembro e diminuíram em janeiro e fevereiro, não ocorrendo no período II, em que as médias das

temperaturas mensais mínima, média e máxima continuam aumentando até o fim do período analisado, representando uma ampliação do período em desconforto para as aves alojadas no período II (Figura 3).

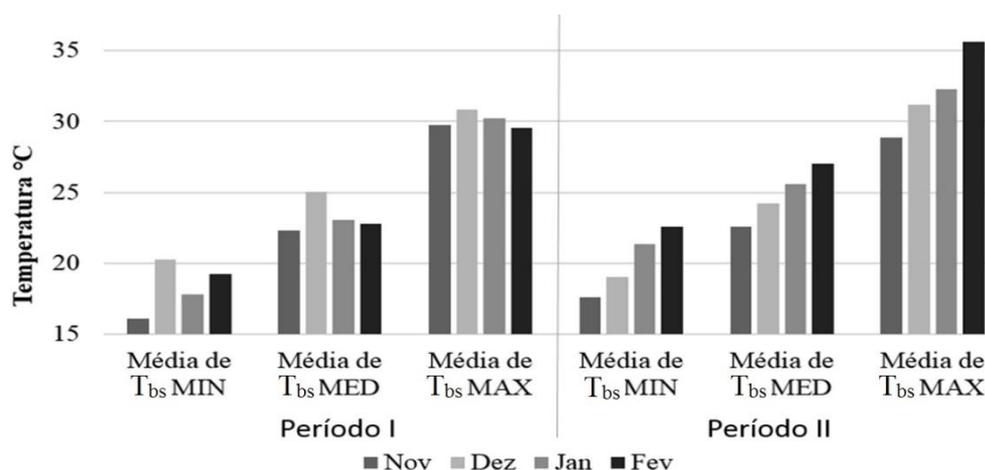


Figura 3: Médias mensais de temperaturas de bulbo seco (T_{bs}) mínimas, médias e máximas.

Em dezembro/2012 as temperaturas mínimas foram maiores em praticamente todo o país com ocorrência de uma onda de calor que atingiu o Sudeste e o Sul do Brasil registrando em vários lugares temperaturas máximas de 40 °C entre os dias 24 e 25 (CPTEC-INPE, 2012b), as máximas registradas na região de estudo para estes dias foram de 38,1 °C e 37,8 °C respectivamente. A queda das temperaturas nos meses de janeiro e fevereiro na região de estudo (Figura 3), foram devido a ocorrência de mais chuvas na região Sul (CPTEC-INPE, 2013a; 2013b).

O período II foi mais quente em relação ao período I, as temperaturas começam a aumentar já em novembro/2013 e continuaram até a primeira quinzena de fevereiro/ 2014 (Figura 3), os dados da região de análise estão de acordo com os relatórios do CPTEC que também relataram esta situação para a região Sul do Brasil. As chuvas foram abaixo da média esperada, o que contribuiu para a ocorrência de temperaturas máximas e mínimas acima da média em grande parte do Brasil (CPTEC-INPE, 2013c; 2013d; 2014a; 2014b).

Devido às diferenças ($p < 0,05$) entre as T_{bs} e T_{bu} para os períodos I e II, o potencial de redução da temperatura do ar (PRT), calculado através destas variáveis, também foi afetado, alterando as horas prováveis de desconforto para os lotes de frangos de corte entre os períodos I e II ($p < 0,05$; Tabela 4).

Tabela 4: Média de horas diárias de desconforto estimadas para diferentes eficiências de potenciais de redução de temperatura (PRT, 80, 65 e 50%) por resfriamento evaporativo em aviários de frangos de corte entre os períodos I (01/11/2012 – 14/02/2013) e II (01/11/2013 – 14/02/2014).

PRT	Período I	Período II	CV%
80%	11,4 ^a	14,5 ^b	56,4
65%	13,6 ^a	15,8 ^b	45,4
50%	14,2 ^a	16,6 ^b	40,9

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas variaram estatisticamente pelo teste de T a 5% de significância.

Os três PRT resultaram em mais horas de desconforto com temperaturas acima de 21 °C no período II quando comparado ao período I. As temperaturas recomendadas pelos manuais de manejo das linhagens de frangos de corte após a terceira semana de vida estão entre 20 a 21 °C (COBB, 2008; HUBBARD, 2014; ROSS, 2014), condição fora da zona de conforto que piora o desempenho das aves (OLIVEIRA NETO et al., 2000). Em condições de temperaturas de 38 °C exposições de 30 min são suficientes para causar problemas fisiológicos como o aumento no pH sanguíneo, as aves não conseguem manter sua temperatura interna constante tendo efeito no aumento da temperatura interna (TOYOMIZU et al., 2005), exposições prolongadas como as observadas nos períodos I e II, (Tabela 4), podem provocar desequilíbrio eletrolítico gerado provoca redução no consumo de alimento, menor taxa de crescimento, alcalose sanguínea e aumento na mortalidade das aves como descrito por Teeter et al., (1985).

O período II com maior número de horas em desconforto estão de acordo com Sant'ana Neto e Tommaselli (2012) que identificaram para as estações meteorológicas do Centro Sul do Brasil, no período de 1961 a 1990, um aquecimento generalizado que refletiu em aumento no número de horas mais quentes no dia. O aumento de horas com temperaturas mais elevadas em condições ineficientes de redução de temperatura conforme as observadas neste estudo podem refletir em mais horas de desconforto. Quanto mais tempo as aves ficam expostas a temperaturas fora de suas zonas de conforto maiores serão as perdas. Com as temperaturas elevadas as aves reduzem o consumo de ração (BAZIZ et al., 1996), e passam a gastar menos tempo no comedouro e mais tempo no bebedouro (SEVEGNANI et al., 2005).

Para caracterizar um clima são necessárias análises de pelo menos 30 anos (WMO, 2014), a análise deste estudo foi feita entre dois períodos apenas, em que um foi mais quente em relação ao outro, servindo como comparativo para uma condição que pode vir a ser mais frequente. Caso ocorra um maior aquecimento e mudança do clima resultando em dias mais quentes como os observados no período II, a partir dos resultados deste estudo pode se esperar um aumento das horas de desconforto e maior necessidade de investimento em sistemas de climatização, porém mesmo com o melhor potencial de redução estimado, 80%, a média diária de horas de desconforto estimada foi de 11,4 horas no Período I e de 14,5 h no Período II. Estes resultados são médias de todo o período analisado, devido às características climáticas da região, as temperaturas se diferenciam entre os meses (Figura 3), afetando consequentemente o PRT (Figura 4).

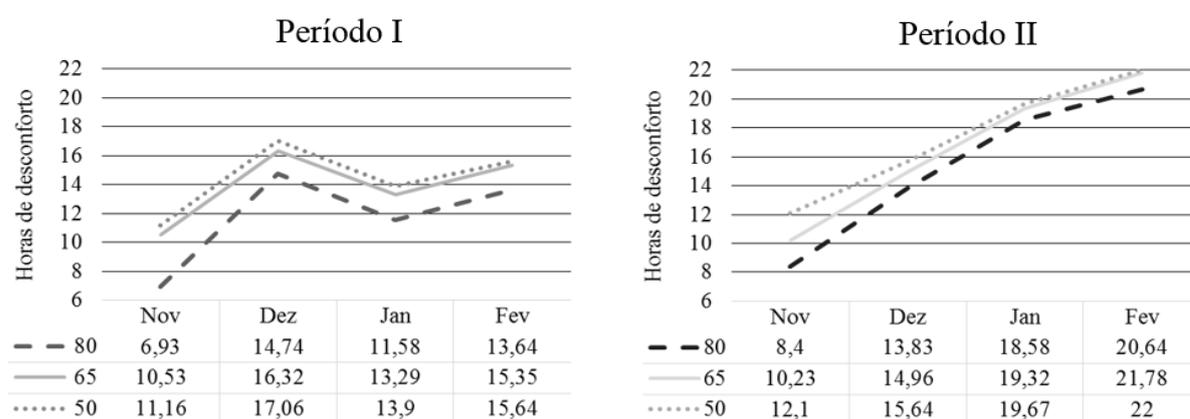


Figura 4: Estimativa da média diária das horas de desconforto em cada mês para os potenciais de redução de temperatura de em aviários com eficiência de sistema de resfriamento evaporativo de 80, 65 e 50% nos períodos I (01/11/2012 – 14/02/2013) e II (01/11/2013 – 14/02/2014).

Conforme as temperaturas se elevam no decorrer dos meses, as horas de desconforto estimadas também aumentaram progressivamente de forma mais acentuada no período II. A média de horas de desconforto em janeiro e fevereiro de 2014 no período II foram maiores que 18 h de desconforto para todos os PRT estimados, sendo que vários dias tiveram 24h de desconforto. Os meses de janeiro e fevereiro tiveram temperaturas elevadas acima das normais (CPTEC-INPE, 2014a; 2014b) e mesmo um PRT com eficiência de 80% não foi suficiente para manter as temperaturas nas zonas de conforto (21 °C).

As aves adaptam-se melhor a temperaturas máximas diárias mais altas quando a temperatura cai a noite a 25 °C ou inferior (BALNAVE, 1998), com o arrefecimento da noite, as aves se recompõem fisiologicamente para amenizar o estresse sofrido pelo calor durante o dia, situação que não ocorreu em vários dias deste estudo aumentando o risco de alta mortalidade nos lotes de frangos de corte.

A mineração de dados para a comparação dos períodos I e II em função da ocorrência de mortalidade de frangos de corte nos lotes classificadas em menor (inferior a 3,5%, considerada como normal) e maior (acima de 3,5%), levou à seleção de modelo com precisão

92,47%, classificando a mortalidade em Menor e Maior com precisão de 0,94 e 0,75 respectivamente para as classes, utilizando a soma das horas de desconforto e da média das horas de desconforto estimados para um PRT de 65% na construção das regras de classificação (Figura 5). Para a regra de classificação da mortalidade Maior, ramo à direita na Figura 5, a observação dos dados indicou que apenas o Período II se encaixa nesta regra e os lotes que apresentaram estas condições foram lotes alojados no final de dezembro e abatidos no final de fevereiro, período de pior condição de PRT (Figura 4), resultando na maior soma de horas em desconforto.

Mesmo para um PRT com eficiência de 80%, o período II apresentou uma média de desconforto de 20h em 14 dias de observação. A maior temperatura de bulbo seco máxima registrada nos períodos ocorreu em fevereiro, 39,9 °C e foi precedida por máximas de 39,6 °C, 39,3 °C, e sucedida por máximas de 38,8 °C e 39,4 °C. Foram cinco dias com máximas superando os 32 °C o que caracteriza uma onda de calor (NIENABER e HAHN, 2004; INMET, 2005). A ocorrência de ondas de calor também foi registrada pelo CPTEC, durante o mês de janeiro de 2014 e a primeira quinzena de fevereiro/2014 (CPTEC-INPE, 2014a; 2014b).

Em frangos de corte a temperatura máxima diária absoluta igual ou superior a 32 °C em apenas um dia é suficiente para elevar a mortalidade (VALE et al., 2010). Outra semelhança entre os lotes selecionados pela regra da árvore de classificação é a idade de abate que foram entre 44 e 47 dias, situação que agrava a incidência de alta mortalidade nos frangos de corte, que é maior a partir dos 31 dias de idade (VALE et al., 2010).

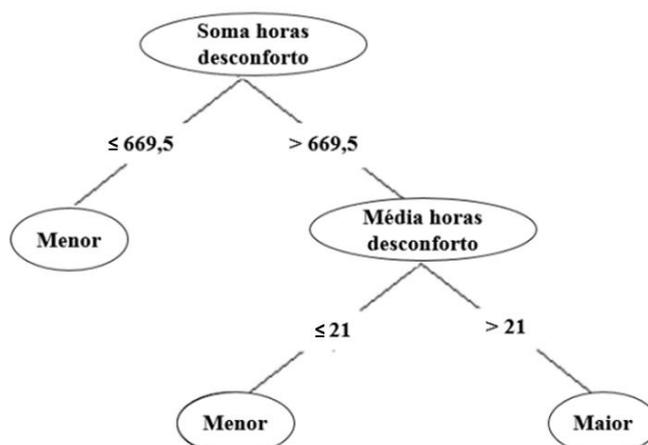


Figura 5: Árvore de classificação do potencial de redução de temperatura de 65%, classificado pela mortalidade maior e menor. Precisão da classe Menor: 0,93; Precisão da classe Maior: 0,75; Precisão do modelo: 92,4%.

Os lotes alojados no período II enfrentaram condições de altas temperaturas, necessitando de maior arrefecimento. O ano de 2014 foi o mais quente já registrado (NOAA, 2015) e a expectativa de clima é para um maior risco de ocorrência de ondas de calor (IPCC, 2007; MARENGO, 2007), nestas condições a melhoria do conjunto dos sistemas de arrefecimento é essencial para a continuidade do desenvolvimento avícola nas regiões sujeitas a estes riscos climáticos. O estudo de dados meteorológicos e produtivos podem auxiliar na compreensão de eventos produtivos internos de aviários de frangos de corte.

CONCLUSÃO

Houve diferença entre os períodos para a localidade do estudo, o período II (01/11/2013 – 14/02/2014) teve temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido maiores e umidades relativas máximas menores em relação ao período I (01/11/2012 – 14/02/2013). O calor atípico registrado em 2014 a nível global pôde ser percebido na localidade analisada durante o período II. Temperaturas acima das normais no período II resultaram em mais horas de desconforto estimadas para os potenciais de redução da temperatura do ar com sistemas de

resfriamento evaporativo com eficiências de 50, 65 e 80%. A mineração de dados permitiu relacionar a exposição de frangos de corte alojados em aviários com climatização mínima a um período com mais de 669,5 horas de desconforto térmico e média de 21h diárias de desconforto entre a terceira semana de criação e o abate com o aumento da mortalidade dos lotes. O potencial de arrefecimento de um sistema evaporativo não seria capaz de manter temperaturas de conforto, devido às temperaturas estarem muito elevadas mesmo após a melhor redução com uma eficiência de 80%.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro do projeto.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; MAZZUCO, H. Uso do resfriamento evaporativo (adiabático) na criação de frangos de corte. Documentos, 59. Concórdia: **EMBRAPA-CNPSA**, 1999.
- BABA, R. K.; VAZ, M. S. M. G.; COSTA, J. DA. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.4, p.515-526, 2014.
- BLAIN, G. C. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no estado de São Paulo: variações e tendências climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.1, 114-124, 2010.
- BREIMAN, L. Bagging predictors. **Machine Learning**, v.26, p.123-140, 1996.

- BUENO, L. G. F.; ROSSI, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.497-504, 2006.
- CHAPMAN, P.; CLINTON, J.; KERBER, R.; KHABAZA, T.; REINARTZ, T.; SHEARER, C.; WIRTH, R. CRISPDM 1.0. **Stepbystep data mining guide**. 78p., 2000. Disponível em: <http://www.crispdm.org/CRISPWP0800.pdf>. Acesso em: 31 out. 2005.
- COBB. Manual de manejo de frango de corte. **Cobb Vantress**, 2008.
- COUMOU D. e ROBINSON A. Historic and future increase in the global land area affected by monthly heat extremes. **Environmental Research Letters**, v.8, 2013.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de dezembro de 2012, dez, 2012b. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/22972> Acesso em: jan 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de janeiro de 2013, jan, 2013a. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/23138> Acesso em: jan. 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de fevereiro de 2011, fev, 2013b. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/23352> Acesso em: jan. 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de novembro de 2013, nov, 2013c. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125522> Acesso em: jan. 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de dezembro de 2013, dez, 2013d. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125631> Acesso em: jan. 2015.

- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de janeiro de 2014, dez, 2014a. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125818> Acesso em: jan. 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de fevereiro de 2014, dez, 2014b. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125973> Acesso em: jan. 2015.
- DAGTEKIN, M.; KARACA, C.; YILDIZ, Y. Performance characteristics of a pad evaporative cooling system in a broiler house in a Mediterranean climate. **Biosystems Engineering**, n.103, p.100-104, 2009.
- HUBBARD. Management guide broiler. **Hubbard**, 2014. Disponível em: <http://www.hubbardbreeders.com/managementguides/Hubbard%20Broiler%20Management%20Guide.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2015.
- IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidade. Resúmenes del Grupo de Trabajo II, 95p., 2001. Disponível em: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/spanish/pdf/wg2sum.pdf Acesso em: 27 jan. 2015.
- IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas: Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. 25p., 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg1-spm.pdf> . Acesso em: 14 jan. 2015.
- MARENGO J. A. e VALVERDE M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v.8, 2007.

- MENDES, A. A. e PATRICIO, I. S. Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. In: Mendes A A, Nããs IA e Macari M (Eds.) Produção de frango de corte. **FACTA**, p.324-335, 2004.
- MENDONÇA, F. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.2, p.71-86, 2006.
- MOURA DJ; NÄÄS IA; PEREIRA DF; SILVA RBTR; CAMARGO GA Animal welfare concepts and strategy for poultry production: A Review. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.8, n.3, p.137-148, 2006.
- NOAA. National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for December 2014, Publicação online Jan. 2015, Disponível em: [fromhttp://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/12](http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/12). Acesso em: 16 jan. 2015.
- NOAA. State of the Climate: Global Analysis for November 2014. National Climatic Data Center, 2014. Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/>. Acesso em: 30 dez. 2014.
- 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**, v.12, n.4, p.265-271, 2010.
- QUINLAN, J.R. Improved use of continuous attributes in C4.5. **Journal of Artificial Intelligence Research**, v.4, p.77-90, 1996.
- R CORE TEAM (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- ROSS. Ross broiler management handbook. Ross, **An Aviagen Brand**, 2014. Disponível em: http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf. Acesso em: 14 jan. 2015.

- SANT'ANA NETO, J.L.; TOMMASELLI, J.T.G. Variabilidade e mudanças climáticas e seus efeitos na avicultura brasileira. MACARI, M.; SOARES, N.M. Água na avicultura brasileira. 2ª Ed. **FACTA**, p.25-38, 2012.
- SANTOS, P.A.; BAÊTA, F.C.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves. **CERES**, v.56, n.2, p.172-180, 2009.
- SAS, Statistical Analysis System. User's guide: Stat Version. Ed. Cary: SAS Institute, USA, 2009.
- STOTT, P. Global-average temperature records. **Met Office**, 2 Out. 2013. Disponível em: <http://www.metoffice.gov.uk/climate-guide/science/temp-records>. Acesso em: dez. 2014.
- STULL, R. Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature. **American Meteorological Society**, 2011. DOI: 10.1175/JAMC-D-11-0143.1
- TAO X, XIN H. Temperature-humidity-velocity: index for market-size broilers. **ASAE Annual Meeting**, n.034037, 2003.
- TEETER, R.G. et al. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chickens. **Poultry Science**, v.64, p.1060-1064, 1985.
- VALE, M. M.; MOURA, D. J. DE; NÄÄS, I. A; OLIVEIRA, S. R. M.; RODRIGUES, L. H. A. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.223-229, 2008.
- VALE, M.M.; MOURA D.J.; NÄÄS I.A.; PEREIRA D.F. Heat waves characterization with impact over broilers mortality rates between 29 days old at the slaughter. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, n.4, p.279-285, 2010.

YALCIN, S.; SETTAR, P.; OZKAN, S.; CAHANER, A. Comparative evaluation of three commercial broiler stocks in hot versus temperate climates. **Poultry Science**, v.76, n.7, p.921-929, 1997.

WMO. World Meteorological Organization. What is Climate? 2014. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faqs.php>. Acesso em: dez. 2014.

**3 DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ALOJADOS EM DOIS
PERÍODOS DE CALOR DIFERENTES**

Desempenho de frangos de corte alojados em dois períodos de calor diferentes

Performance of broiler chicken housed in two different heat periods

Maurício Portella dos Santos^{2*}; Marcos Martinez do Vale;

RESUMO

Em muitas localidades, principalmente as em ambientes tropicais, as temperaturas durante o verão excedem as recomendadas e o conforto térmico dos frangos é prejudicado nestes períodos de calor. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e quantificar as diferenças entre dois períodos meteorológicos de calor, diferentes do ponto de vista bioclimático e zootécnico, e determinar variáveis relacionadas com a maior mortalidade. Os dados do período I, e II (novembro de 2012 a fevereiro de 2013 e novembro de 2013 até 14 de Fevereiro de 2014 respectivamente), foram os produtivos de 85 e 98 lotes de frango alojados nos períodos respectivamente. Os dois períodos diferenciaram em suas médias das temperaturas de bulbo seco e úmido mínima, média e máxima e umidade relativa do ar máxima, com maiores temperaturas no período II em relação ao período I, o que resultou em piores índices de conforto e mais lotes com mortalidade acima de 3,5%. Lotes com idades acima de 44 dias que passaram por um maior desafio térmico com temperaturas médias maiores que 26,9 °C, com máximas acima de 34,4 °C e carga horária de ITU no período de criação maiores que 548 h foram classificados por terem maior mortalidade.

Palavras-chave: Mineração de dados, ITU, onda de calor, estresse

^{1*}Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: mauricioportellamau@hotmail.com. Autor para correspondência.

ABSTRACT

In many localities, especially in tropical environments, the temperatures during the summer exceed the recommended and the thermal comfort of chickens is harmed in these periods of heat. The objective of this study was to characterize and quantify the differences between two meteorological periods of heat, different bioclimatic and husbandry point of view, and determine variables related to higher mortality. Data from the period I and II (from November 2012 to February 2013 and from November 2013 to February 14, 2014 respectively), were the productive of 85 and 98 lots of chicken housed in periods respectively. The two periods differed in their mean temperature of dry bulb and wet minimum, average and maximum and maximum relative humidity of air, with higher temperatures in period II to the period I, which resulted in the worst levels of comfort and more lots with mortality above 3.5%. Lots with age up to 44 days experienced a greater thermal challenge with average temperatures greater than 26.9°C, above the maximum of 34.4°C and ITU hours in breeding period greater than 548 hours was ranked by having higher mortality.

Key words: Data mining, ITU, heat wave, stress

INTRODUÇÃO

O ano de 2014 foi o mais quente já registrado em nível global (NOAA, 2015) e as projeções para o século XXI são para uma maior ocorrência de ondas de calor (IPCC, 2007), gerando ainda mais preocupações com a manutenção do conforto térmico em frangos de corte. Ondas de calor têm sido relatadas e denominadas como períodos de pelo menos dois dias com máximas acima de 32 °C, podendo durar vários dias ou semanas (NIENABER e HAHN, 2004; INMET, 2005). Em regiões tropicais e neotropicais como o Sul do Brasil, as temperaturas durante o verão excedem as recomendadas e esta situação é piorada em verões mais quentes e períodos com ocorrência de ondas de calor. Em frangos de corte um único dia com temperatura

máxima superior a 32 °C é suficiente para desencadear a alta mortalidade ampliando ainda mais o risco de ondas de calor (VALE et al., 2010) e o calor do ano 2013/2014 foi relatado como promotor de severas perdas para frangos de corte em integrações do sul do Brasil.

A zona de conforto térmico dos frangos é a faixa de temperatura ambiente em que apresentam maior taxa de crescimento (SAKOMURA et al., 2005), fora desta faixa a ave pode apresentar situação de estresse para o frio ou para o calor. Casos extremos de condições fora das faixas de conforto podem causar além de piores índices produtivos (OLIVEIRA NETO et al., 2000), aumentar a mortalidade de aves (TAO e XIN, 2003; RYDER et al., 2004; VALE et al., 2008). As temperaturas recomendadas pelos manuais de manejo das linhagens para alojamento de pintos de um dia estão em torno de 32 °C, e após a terceira semana de vida a recomendação é de manter a temperatura entre 20 - 21 °C (COBB, 2008; HUBBARD, 2014; ROSS, 2014). O estresse por calor começa a ser observado na terceira semana de vida do frango, sendo mais frequente a partir da quarta semana de idade em diante (YALCIN et al., 1997).

As altas temperaturas prejudicam o desempenho de frangos de corte e os efeitos são mais acentuados pelo aumento da umidade relativa do ar (OLIVEIRA et al., 2006). Para expressar em um único índice de conforto a relação entre temperatura e a umidade relativa do ar Chepete et al. (2005), desenvolveram o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) específico para frangos de corte. As equações levam em consideração a idade das aves separadas em dois períodos sendo uma equação para as idades de três a quatro semanas e outra para aves de cinco a seis semanas.

Através de mineração de dados de variáveis ambientais e índices produtivos diários é possível relacionar casos com ITU médio maior que 23 °C com a mortalidade alta em frangos com mais de 28 dias de idade (VALE et al., 2008), porém, com o uso de instalações com climatização mínima (ventilação e nebulização), as condições para elevar a mortalidade precisam ser mais agressivas, com ITU máximo diário acima de 30,6 °C (VALE et al., 2010).

A técnica de mineração de dados vem sendo utilizada para a exploração de bancos de dados e a geração de informações e padrões que possibilitem o desenvolvimento de estratégias de mitigação de mortalidades por extremos de calor (PEREIRA, et al., 2010). O objetivo deste trabalho foi caracterizar e quantificar as diferenças entre dois períodos de calor do ponto de vista bioclimático e zootécnico e determinar variáveis zootécnicas e meteorológicas relacionadas com a maior mortalidade de frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado comparando dados provenientes de estações meteorológicas locais próximas aos aviários de frangos de corte com os respectivos dados zootécnicos em dois períodos de calor. Foram realizadas análises comparativas para os períodos seguidas da mineração dos dados meteorológicos e zootécnicos.

Dados zootécnicos

Os dados de produção foram obtidos com uma integração avícola situada na região de Teutônia-RS. Estes dados contemplam as idades de alojamento e abate, peso médio, ganho de peso médio diário, conversão alimentar e a mortalidade (%) ocorrida em cada lote. Os lotes foram alojados em aviários com tipologia construtiva padronizada pela empresa integradora, com sistema ventilação por pressão positiva (ventiladores axiais) associado a nebulizadores ao longo do galpão, ambos acionados manualmente. Dois períodos de produção foram obtidos: período I, entre primeiro de Novembro de 2012 até 14 de Fevereiro de 2013 com dados produtivos de 85 lotes de frango. Este período foi marcado por maior ocorrência de chuvas e consequentemente menos dias com máximas acima das normais climatológicas.

O período II, compreendendo os dias entre primeiro de Novembro de 2013 até 14 de Fevereiro de 2014 e compreendeu 98 lotes alojados. Este período foi marcado pela ocorrência de dias sucessivos com máximas acima das normais climatológicas caracterizando ondas de

calor. A mortalidade foi classificada a partir dos dados de porcentagem de mortalidade por lote, classificando valores maior que 3,5% como mortalidade elevada e os lotes com valores menores ou iguais a 3,5% adequada mortalidade, levando em consideração que a mortalidade considerada normal para lotes com seis semanas seria de 3,3% (MENDES e PATRICIO, 2004).

Dados meteorológicos

As variáveis ambientais da região de Teutônia são provenientes do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registrados na estação meteorológica automática de Teutônia. O período compreende os mesmos dias dos dados zootécnicos. Os dados brutos continham a temperaturas de bulbo seco (T_{bs}) e umidades relativas do ar (UR) a cada hora do dia.

Os dados meteorológicos foram integrados em uma sucessão de três preparações de bancos de dados até a integração final para a mineração de dados. Foram elaborados três bancos de dados, sendo: o primeiro com os dados meteorológicos horários brutos; o segundo com os dados meteorológicos ajustados para um resumo diário; e o terceiro ajustado para um resumo dos eventos meteorológicos ocorridos em concomitância à condução dos lotes de frangos de corte dos períodos PI e PII (Tabela 1).

Tabela 1: Esquema de cálculos para o processamento do banco de dados analisado.

BANCO DE DADOS ¹		
Horário	Diário	Semanas do lote
Temperatura de bulbo seco Temperatura de bulbo úmido ² Umidade relativa do ar	Média Mínima Máxima Amplitude	Média Mínima Máxima Amplitude
Horas de desconforto em PRT ³ 80%; 65%; e 50%	Soma das horas Em desconforto	Soma e média das horas em desconforto

¹ Entre as colunas, as chaves representam os cálculos efetuados, sendo por exemplo, a média diária das temperaturas de bulbo seco e, na sequência, as médias das médias diárias para cada semana de criação do lote.

² T_{bu} , calculados de acordo com Stull (2011).

³ Potencial de Redução de Temperatura.

O banco de dados com os valores brutos foi analisado para sua consistência, verificando casos de valores discrepantes e faltantes, sendo identificada uma falha entre os dias 11 a 18 de dezembro de 2012. As falhas para a temperatura de bulbo seco da série foram completadas a partir da técnica descrita por Baba et al. (2014), identificando as estações meteorológicas mais próximas que tivessem registros do período faltante na estação de Teutônia.

Foi criado um banco de dados com os registros horários de temperatura e umidade do mês de dezembro de 2012 e realizado o teste de correlação de Pearson, sendo a estação de Bento Gonçalves a com maior correlação (91,64%). Posteriormente foi calculada a regressão linear entre as estações Teutônia e Bento Gonçalves estimando a temperatura de Teutônia através das temperaturas de Bento Gonçalves, efetuando-se a complementação da série (Figura 1a). Os valores calculados foram validados pela comparação com os valores observados dentro do mês de dezembro de 2012 (Figura 1b).

Para o cálculo da umidade relativa do ar para reposição, devido às correlações entre as umidades relativas do ar (UR) entre as estações ser moderada a baixa, e entre a temperatura da estação de Teutônia e a UR nas horas do dia ser forte (84,43%), optou-se para a reposição dos dados de UR pela regressão linear construída a partir de dados de dias semelhantes, utilizando as médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar para Teutônia, fornecidas pela empresa Climatempo[®]. A partir das médias de temperatura e UR, foram selecionados dias semelhantes aos faltantes em suas médias de temperatura e UR, com variações máximas de ± 3 °C e de $\pm 5\%$ respectivamente, sendo posteriormente cálculo por regressão linear múltipla as UR a partir das horas e das respectivas temperaturas do dia (Tabela 2).

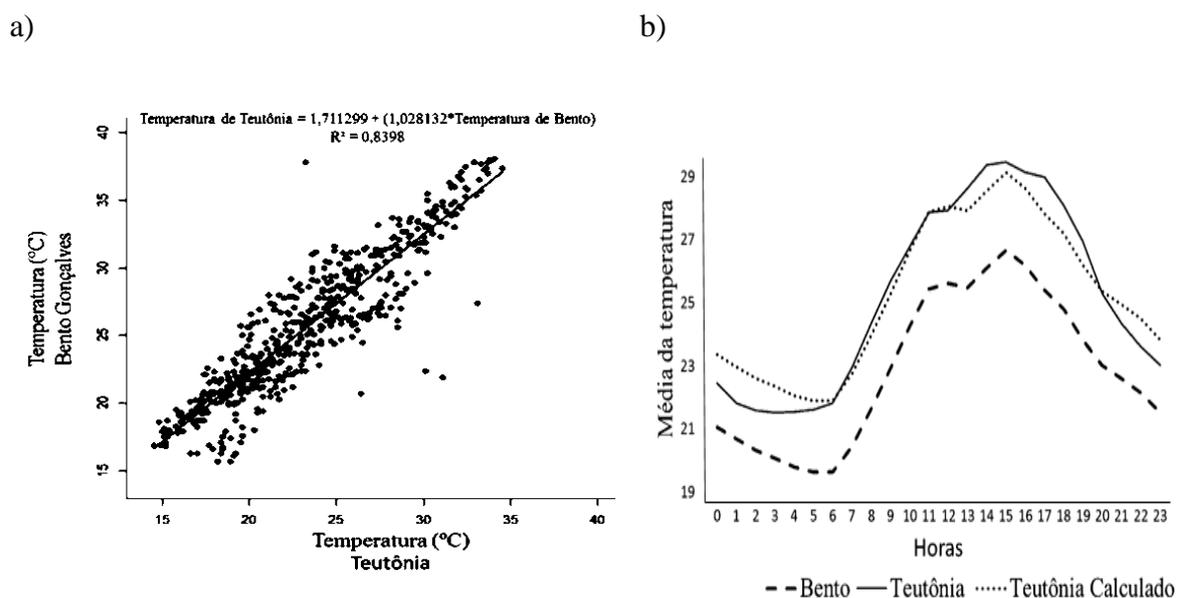


Figura 1: a) Reta da regressão linear; b) Distribuição das temperaturas médias nas horas.

Tabela 2: Equações utilizadas para completar a série de dados da umidade relativa do ar (UR) com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para os dias de falhas no mês de dezembro de 2012.

Dia	Equação para o cálculo das umidades relativas (UR)	R^2
11	$UR = 167,1135 + (0,385411 \times \text{hora}) + (- 3,61834 \times T_{bs})$	0,9235
12	$UR = 159,2103 + (- 0,16159 \times \text{hora}) + (- 3,05503 \times T_{bs})$	0,7966
13	$UR = 186,4911 + (- 0,00093 \times \text{hora}) + (- 4,35567 \times T_{bs})$	0,9589
14	$UR = 152,4229 + (- 0,019025 \times \text{hora}) + (- 2,91408 \times T_{bs})$	0,9608
15	$UR = 152,4229 + (- 0,019025 \times \text{hora}) + (- 2,91408 \times T_{bs})$	0,9696
16	$UR = 177,5712 + (0,48706 \times \text{hora}) + (- 4,1236 \times T_{bs})$	0,8174
17	$UR = 177,5712 + (0,48706 \times \text{hora}) + (- 4,1236 \times T_{bs})$	0,9761
18	$UR = 177,5712 + (0,48706 \times \text{hora}) + (- 4,1236 \times T_{bs})$	0,9984

Após os dados faltantes serem preenchidos, foram calculados valores de temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) de acordo com Stull (2011). Com os dados completos realizou-se o calculado do Índice de Temperatura e Umidade para frangos de corte da terceira até a quarta

semana (Equação 1) e para a quinta semana de idade até o abate (Equação 2) de acordo com Chepete et al. (2005).

$$ITU_{3-4s} = 0.62T_{bs} + 0.38T_{bu} \quad (\text{Equação 1})$$

$$ITU_{5-6s} = 0.71T_{bs} + 0.29T_{bu} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

ITU_{3-4s} = Índice de Temperatura e Umidade para idades entre três e quatro semanas;

ITU_{5-6s} = Índice de Temperatura e Umidade para idades entre cinco e seis semanas;

T_{bs} = Temperatura de bulbo seco;

T_{bu} = Temperatura de bulbo úmido.

O segundo banco de dados (Diário), foi formado com as medias aritméticas da T_{bs} , T_{bu} e UR mínima e máxima absolutas e a amplitude entre a mínima e a máxima absolutas de cada dia para as variáveis. Foi somado o total de ITU maior ou igual a 23 °C e as horas em que o ITU foi maior ou igual a 23 °C de acordo com as semanas de idade.

O terceiro banco de dados correspondeu ao período da terceira semana até o abate de cada lote. O valor de ITU foi mantido de acordo com as equações para as semanas, sendo somado o total de ITUs maiores ou iguais a 23 °C e o total das horas em que os ITUs foram maiores ou iguais a 23 °C no período total de criação de cada lote. Foi calculado a media, mínima, máxima e amplitude das variáveis calculadas no segundo banco de dados. O banco de dados Final foi composto pela integração dos dados produtivos com o terceiro banco de dados meteorológico sumariado para o período de criação de cada lote de frangos.

Soma de dias de acordo com os limites de ITU

Condições de ITU fora da zona de conforto representam um risco potencial para as perdas produtivas. Os limites de ITU relacionados com mortalidade de frangos de corte em instalações não climatizadas são de médias maiores que 23 °C e em instalações com climatização mínima (ventilação e nebulização) máximas acima de 30,6 °C (VALE et al., 2008; VALE et al., 2010) para variáveis medidas em estação meteorológica. Cada dia em que as condições limites foram observadas considerou-se um caso os quais foram somados obtendo o total de dias em cada período, possibilitando comparar o risco de ocorrência entre os lotes alojados.

Análises estatísticas

As análises de correlação e regressão para a complementação da série foram calculadas com o uso do programa computacional R (R Core Team, 2014). Os dados meteorológicos diários de cada período foram analisados pela análise de variância (PROC GLM; SAS[®], 2009).

O banco de dados final dos lotes foi organizado para as análises de mineração de dados. Os passos do processo de Mineração de Dados seguiram o procedimento descrito pelo consórcio CRISP-DM (CRoss-Industry Standart Process for Data Mining), conforme descrito por Chapman et al. (2000). O software utilizado foi Weka[®] versão 3.7.8 (Waikato Environment for Knowledge Analysis, University of Waikato), e o algoritmo de classificação foi o J48. Como estratégia para equilibrar as classes foi utilizado o filtro supervisionado Resample, do próprio Weka[®] de acordo com Breiman, (1996).

A precisão geral dos modelos e a precisão das classes, foi utilizada para selecionar as melhores árvores geradas pelas diferentes abordagens de seleção de atributos com melhores precisões auxiliada pela interpretação de especialistas do domínio (VALE et al., 2008). Os especialistas foram selecionados com base em experiência em produção de frangos de corte e conhecimento de ambiência avícola de no mínimo dois anos. Em entrevistas os modelos foram

apresentados aos especialistas e julgados pelas precisões dos modelos, coerência e capacidade em compreender os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os períodos I, (01/11/2012 – 14/02/2013) e II (01/11/2013 – 14/02/2014), foram diferentes ($p < 0,05$) para as médias diárias da média, mínima e máxima da temperatura de bulbo seco (T_{bs}) e bulbo úmido (T_{bu}), e umidade relativa do ar (UR) e temperatura (Tabela 3).

Tabela 3: Médias das variáveis meteorológicas nos períodos I e II.

Variável	Período I ¹	Período II ¹	CV%
T_{bs} Média	23,3 ^a	24,5 ^b	12,2
T_{bs} Mínima	18,2 ^a	19,7 ^b	16,6
T_{bs} Máxima	30,1 ^a	31,4 ^b	12,9
UR% Média	74,5 ^a	73,6 ^a	15,0
UR% Mínima	48,8 ^a	46,8 ^a	30,8
UR% Máxima	93,8 ^a	92,4 ^b	4,5
T_{bu} Média	19,9 ^a	21,0 ^b	11,6
T_{bu} Mínima	17,1 ^a	18,2 ^b	16,5
T_{bu} Máxima	22,7 ^a	23,6 ^b	10,7

¹ Médias dos períodos I, (01/11/2012 - 14/02/2013) e II (01/11/2013 - 14/02/2014) seguidas de letras diferentes nas linhas diferiram estatisticamente pelo teste T a 5% de significância. CV%= coeficiente de variação em percentagem.

O mês mais quente no período I foi dezembro/2012, de acordo com os relatórios do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-INPE, 2012a) em dezembro as temperaturas mínimas foram mais quentes em praticamente todo o país com ocorrência de uma onda de calor que atingiu o Sudeste e o Sul do Brasil entre os dias 24 e 25, as máximas de 38,1

°C e 37,8 °C respectivamente na região de estudo. Os meses de janeiro e a primeira quinzena de fevereiro de 2013 foram mais chuvosos que o normal na região Sul, o que contribuiu para a redução das temperaturas elevadas (CPTEC-INPE, 2013a; 2013b).

O período II foi mais quente em relação ao período I, segundo observações dos dados meteorológicos do presente estudo, as temperaturas começaram a aumentar em novembro/2013 e continuam até a primeira quinzena de fevereiro/ 2014. De acordo com os relatórios do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, as chuvas foram abaixo da média esperada para o período, o que contribuiu para a ocorrência de temperaturas máximas e mínimas acima da média em grande parte do Brasil (CPTEC-INPE, 2013c; 2013d; 2014a; 2014b).

O fato de o ano de 2014 ter sido o mais quente já registrado nas superfícies terrestre e oceânica do mundo, num período de registro de 135 anos (NOAA, 2015), está de acordo com o observado no período II deste estudo. Em algumas cidades brasileiras janeiro de 2014 foi marcado por registrar recordes históricos de temperaturas máximas dos últimos 70 anos (CPTEC-INPE, 2014a). Os meses de janeiro e fevereiro de 2014 no período II podem ser uma consequência local do aquecimento global, porém, necessitando de mais estudos específicos como o de Mendonça (2006).

As temperaturas de bulbo seco e úmido, médias, mínimas e máximas foram diferentes entre os períodos ($p < 0,05$). Estes resultados estão de acordo com Mendonça (2006) que ao analisar dados da região Sul do Brasil apontou uma tendência de aquecimento a partir de alterações nas temperaturas médias das mínimas seguida pelas temperaturas médias compensadas com pouca variação nas médias das máximas. Mendonça (2006), também aponta uma tendência de aumento da umidade do ar, o que não ocorreu neste trabalho, a umidade relativa do ar diferiu apenas na máxima, a qual foi menor no período II ($p < 0,05$).

Devido a ocorrência de maiores temperaturas no período II consequentemente neste período ocorreram mais casos de limites de ITU relacionados com mortalidade de frangos de

corde. A condição de ITU médio maior que 23 °C teve maior ocorrência que a de ITU máximo maior que 30,6 °C nos dois períodos analisados (Tabela 4). Considerando que as condições de ITU médio maior que 23 °C estão associadas à mortalidade de frangos de corte em aviários sem climatização, a susceptibilidade ao estresse por calor nestes aviários é maior em relação aos com climatização que, para ocorrer maior mortalidade, devem estar expostos ao ITU máximo maior que 30,6 °C. Em comparações de aviários Bueno e Rossi, (2006) também encontraram maior eficiência em relação à uniformidade das variáveis ambientais em sistemas climatizados.

Tabela 4: Soma de dias de acordo com os limites de ITU Médio maior que 23 °C e Máximo maior que 30,6 °C ocorridos nos períodos analisados.

Períodos	Dias		
	Total de dias	ITU Médio > 23 °C	ITU Máximo > 30,6 °C
Período I	106	34	14
Período II	106	55	31

Tabela 5: Médias das variáveis zootécnicas nos períodos I (01/11/2012 – 14/02/2013) e II (01/11/2013 – 14/02/2014).

Variável ¹	Período I	Período II	CV%
Mortalidade (%)	2,15 ^a	2,48 ^a	55,8

¹Médias seguidas de letras diferentes nas linhas variaram estatisticamente pelo teste T a 5% de significância.

A média das mortalidades nos períodos I e II não diferem a um nível de significância de 5%, apresentando um elevado coeficiente de variação (55,8%; Tabela 5). Para mudar a média seriam necessários vários lotes com mortalidades elevadas, o que não foi o caso dos lotes analisados. O maior coeficiente de variação é devido as diferenças entre a percentagem de mortalidades que variaram de 0,49% a 7,8%, mínima e máxima absoluta respectivamente.

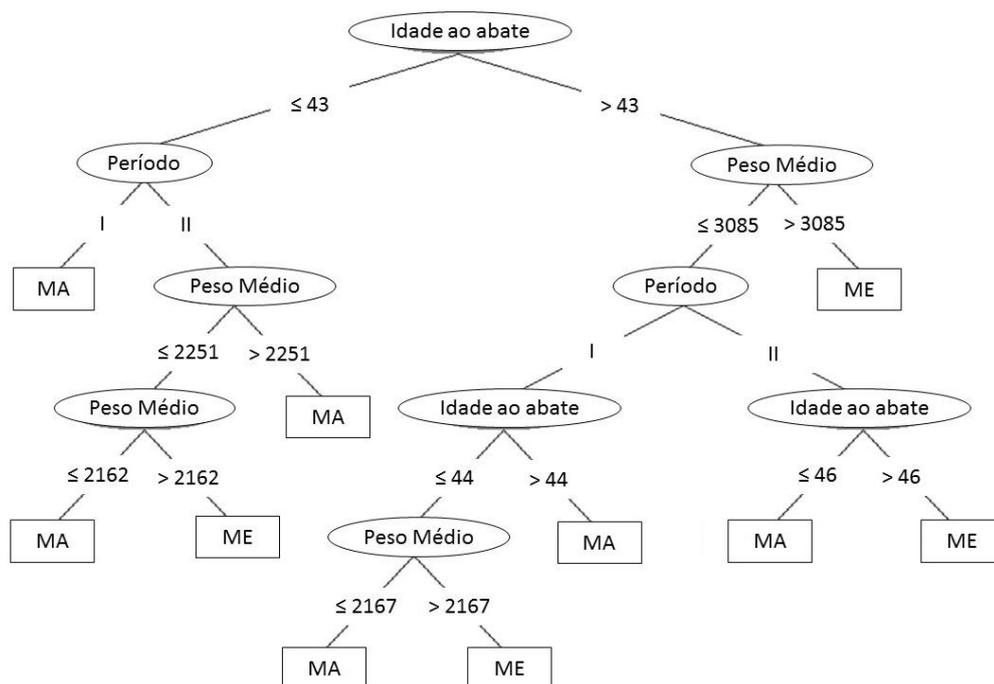
Casos de mortalidades elevadas não são comuns. Mortalidades de até 3,3% são consideradas normais em lotes com seis semanas (MENDES e PATRICIO, 2004), e lotes com mortalidades acima de 10% podem estar associadas a casos sanitários e devem ser notificadas ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007). Em 183 lotes analisados apenas 19 deles tiveram mortalidades acima de 3,5% (Tabela 6). Ocorreram 5 casos de mortalidade elevada no período I, o que representa 5,8% dos lotes alojados. E ocorreram 14 casos de mortalidade elevada no período II, o que representa 14,2% dos lotes alojados, nove casos a mais que no período I (Tabela 6).

O fato de não haver diferença nas médias das mortalidades com grande variação nos dados (CV= 55,8%; Tabela 5), entre os períodos, indica que mesmo em condições adversas, com um período mais quente, instalações adequadas podem manter os índices produtivos em níveis normais na maior parte dos lotes. Mesmo com a ocorrência de mais casos de mortalidade no período II, não foram suficientes para mudar significativamente a média da mortalidade. A tipologia dos aviários pode ter amenizado o impacto dos extremos de calor, afetando a mortalidade apenas nestes momentos específicos de extremo calor e em poucos casos em relação ao total (Tabela 6).

Tabela 6: Lotes com mortalidades maiores que 3,5% ocorridas nos períodos I e II.

Período	Nº Lotes	Nº Casos	% em relação ao total
Período I	85	5	5,8
Período II	98	14	14,2
Total Geral	183	19	10,3

A mineração de dados produtivos em função da ocorrência de mortalidade de frangos de corte nos lotes classificadas em adequada (inferior a 3,5%) e elevada (acima de 3,5%), levou à seleção de modelo com precisão 90,8%, classificando a mortalidade em função da idade de abate, peso médio dos lotes e o período de criação (Figura 2).



Onde: MA= mortalidade adequada < 3,5%; ME= mortalidade elevada \geq 3,5%; Idade ao abate em dias; I = período I, entre 01/11/2012 – 14/02/2013; II = período II, entre 01/11/2013 – 14/02/2014; Peso Médio das aves ao abate em gramas. Precisão do modelo = 90,8%; precisão da classe MA = 0,93; precisão da classe ME = 0,66.

Figura 2: Árvore de classificação dos dados zootécnicos classificadas pela mortalidade.

O nó raiz da árvore é a idade de abate das aves, atributo de maior poder de classificação, dividindo dois ramos principais à esquerda aves com idades menores ou iguais a 43 dias e à direita aves com idades maior que 43 dias. A única regra que relaciona a mortalidade elevada com o período I classifica aves de 44 dias com peso maior que 2167 g e menor ou igual a 3085 g. Foram encontradas duas regras para a mortalidade elevada no período II, a primeira relaciona aves com mais de 46 dias de idade, e a segunda relaciona aves com idades menor ou igual a 43 dias com peso médio maior que 2162 g e menor ou igual a 2251 g.

Independente do período, lotes de aves com idade maior que 43 dias e peso médio maior que 3085 foram classificados por terem mortalidade elevada. O aumento da mortalidade de aves acima de quatro semanas que apresentam maior crescimento e ingestão de alimentos está relacionada com exposições prolongadas a temperaturas fora da zona de conforto (VALE et al.,

2008). O maior crescimento corporal de frangos de corte das atuais genéticas não foi acompanhado pelo desenvolvimento dos órgãos vitais, tornando os parâmetros cardiopulmonares desfavoráveis em situações de maior demanda de oxigênio e circulação sanguínea (HASSANZADEH et al., 2005).

Resultados encontrados por Garcia Neto e Campos, (2004) também relacionam a mortalidade de frangos de corte, principalmente machos com maior peso corporal, com as idades a partir da quarta semana, esta mortalidade foi associada com a maior vulnerabilidade a casos de síndrome ascite e ao aumento das temperaturas. A mortalidade das aves adultas e com maior peso já foi descrita na literatura e geram problemas econômicos, pois representa a perda de quase todos os recursos de produção investidos no processo (TAO e XIN, 2003; RYDER et al, 2004; CHEPETE et al, 2005).

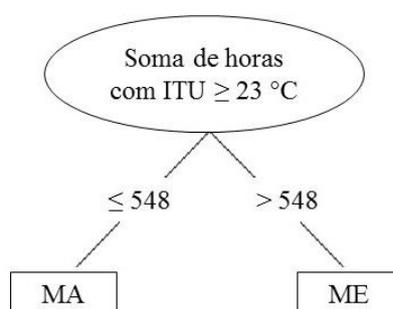


Figura 3: Árvore de classificação da mortalidade a partir da carga horária de ITU ≥ 23 °C (precisão do modelo = 93%; precisão da classe MA = 0,93; precisão da classe ME = 0,81).

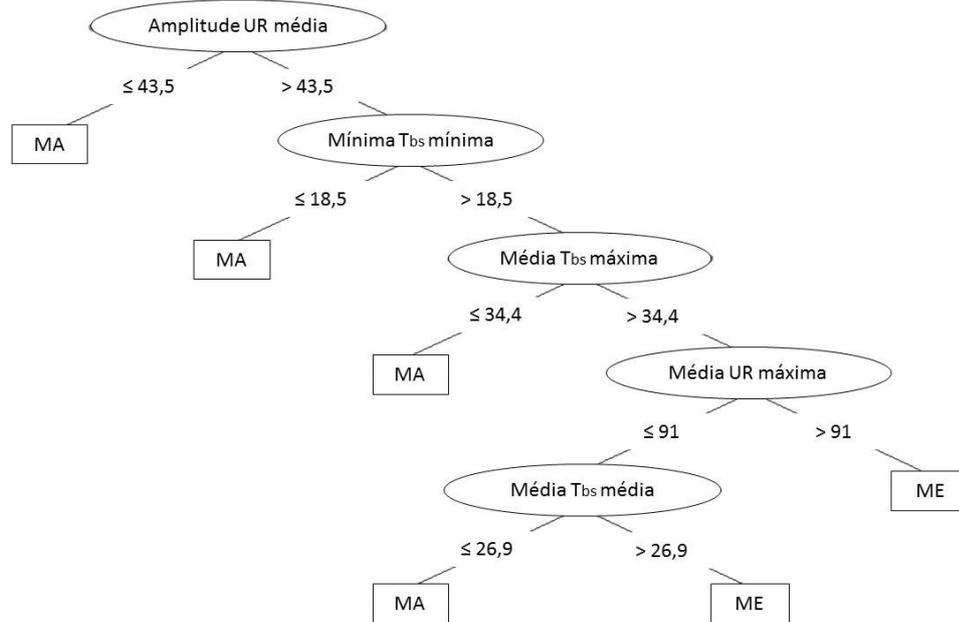
A soma de horas com ITU maior ou igual a 23 °C expressa a carga total em que a aves sofreram com ITU fora da zona de conforto, esta variável foi a única selecionada pela mineração de dados e levou à seleção de modelo com precisão 93%, classificando a mortalidade em função da soma das horas com ITU maior ou igual a 23 °C (Figura 3). Os lotes foram classificados com mortalidade elevada quando a carga de ITU maior ou igual a 23 °C foi maior que 548 h da terceira semana de criação até o abate.

Os casos com mais de 548 h com ITU maior ou igual a 23 °C ocorreram no período II, que apresentou mais casos de ITU maior que 23 °C (Tabela 4), mais casos elevados de mortalidade (Tabela 6; 7,2% e 7,8%, dados não apresentados na tabela) e cobertos pela regra da árvore da Figura 2. Os lotes que se encaixam na regra da Figura 3 para a mortalidade elevada, foram lotes alojados no final de dezembro/2013 e abatidos no final de fevereiro/2014 onde estavam com idade entre 44 e 47 dias, relacionando novamente a mortalidade com as idades como na Figura 2. Fevereiro teve seis dias consecutivos com ITU maior que 23 °C, configurando uma onda de calor para frangos de corte, o que contribuiu para a maior carga horária de ITU no período de alojamento, as ocorrências de ondas de calor também foram registradas na região Sul do Brasil durante a primeira quinzena de fevereiro/2014 (CPTEC-INPE, 2014b).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) expressa em um único valor a relação entre temperatura e a umidade relativa do ar (CHEPETE et al., 2005) e o modelo da Figura 4 apresenta as relações destas variáveis meteorológicas individuais com a mortalidade dos lotes de frangos de corte. A precisão do modelo foi de 91,9%, sendo que as precisões das classificações em mortalidade adequada e elevada foram 0,92 e 0,77 respectivamente. As temperaturas obtidas de estação meteorológica como as utilizadas neste estudo têm fundamental importância, pois permitem a monitoria das condições de alojamento a distância, auxiliado por previsões meteorológicas.

As regras obtidas através da mineração de dados definem uma condição ambiental em que as variáveis externas, obtidas em estações meteorológicas, independentemente das instalações, foram associadas com as mortalidades (Figura 4). A relação da mortalidade com as variáveis externas pode ser devido a um baixo isolamento térmico da instalação que, de acordo com Abreu et al. (2007), os aviários convencionais apresentaram o mesmo comportamento cíclico das curvas de temperatura do ambiente externo, o que os tornam dependentes das

temperaturas externas. Ambientes com isolante resistem às mudanças bruscas de temperatura que ocorrem no decorrer do dia, mantendo a temperatura mais constante, diminuindo a temperatura e refletindo em melhora no desempenho das aves (OLIVEIRA et al., 2000; ABREU et al. 2007).



Onde: UR= umidade relativa do ar; T_{bs}= temperatura de bulbo seco; Menor= classe mortalidade <3,5%; Maior= Classe mortalidade ≥3,5%. Precisão do modelo = 93,5%; precisão das classes MA = 0,94; e ME = 0,83.

Figura 4: Árvore de classificação dos dados meteorológicos devido à ocorrência de mortalidade elevada.

Foram encontradas duas regras para a mortalidade elevada que caracterizam condições de maior amplitude da umidade relativa do ar e dias com temperaturas elevadas devido às temperaturas mínimas maiores que 18,5 °C e média das máximas superiores a 34,4 °C. A primeira classificação em mortalidade elevada está relacionada com a média da umidade relativa do ar máxima maior que 91%, em lotes expostos a dias com temperaturas externas com máximas superiores a 34,4 °C e umidades relativas maiores que 91%. De acordo com Yahav et al., (1995) altas temperaturas e umidades podem causar problemas nas respostas fisiológicas

das aves, para frangos de corte entre a 5ª e 8ª semanas de idade submetidos a temperaturas de 35 °C a necessidade é de umidade relativa do ar entre 60 e 65%. Condições que possivelmente os aviários não tiveram a possibilidade de manter devido às condições externas. As perdas de calor latente em ambientes com temperaturas de 30 a 35 °C e umidade relativa do ar de 90% são nulas (GENÇ e PORTIER, 2005), o que pode contribuir para a elevação da mortalidade das aves devido ao estresse por calor conforme as classificações do modelo da Figura 4.

O segundo caso de mortalidade ocorreu em condições que caracterizam dias mais secos devido à média da umidade relativa do ar máxima ser menor ou igual a 91 % e mais quentes devido a média da temperatura de bulbo seco média maior que 26,9 °C e média de máximas superiores a 34,4 °C. Através da mineração de dados Vale et al. (2010) também encontraram uma classificação de temperatura máximas diárias maior que 34,4 °C para aves entre 31 e 40 dias de idade como desencadeadoras de maior mortalidade em frangos de corte, dando suporte aos modelos e resultados deste estudo.

CONCLUSÃO

Houve diferença entre os períodos para a localidade do estudo, o período II (01/11/2013 – 14/02/2014) teve temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido maiores e umidades relativas máximas menores em relação ao período I (01/11/2012 – 14/02/2013) o que resultou em mais casos de mortalidade elevada (maior que 3,5%) e mais casos de piores índices de conforto (ITU Médio maior que 23 °C e Máximo maior que 30,6 °C). As variáveis zootécnicas idades de abate e o peso médio estão envolvidas com a mortalidade elevada nos lotes analisados. A mineração de dados permitiu encontrar padrões relacionando dados provenientes de estações meteorológicas com a mortalidade elevada durante o período mais quente. As variáveis envolvidas foram a carga de ITU maior que 548 h, amplitude da umidade relativa do ar maior que 43,5%, mínima da T_{bs} maior que 18,5 °C, média da máxima maior que

34,4 °C, média da UR máxima maior que 91% e média da UR máxima menor ou igual a 91% quando a média da T_{bs} média maior que 26,9 °C. O estudo de dados meteorológicos e produtivos pode auxiliar na compreensão de eventos produtivos internos de aviários de frangos de corte, Temperaturas e umidades medidas externas elevadas podem indicar piores condições de conforto dos aviários relacionando-os ao aumento nas percentagens da mortalidade de lotes de frangos de corte.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro do projeto.

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**, v.59, n.4, p.1014-1020, 2007.
- BABA, R. K.; VAZ, M. S. M. G.; COSTA, J. DA. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.4, p.515-526, 2014.
- BAZIZ, H. A.; GERAERT, P. A.; PADILHA, J.C.F.; GUILLAUMIN, S. Chronic Heat Exposure Enhances Fat Deposition and Modifies Muscle and Fat Partition in Broiler Carcasses. **Poultry Science**, n.75, p.505-513, 1996.
- BREIMAN, L. Bagging predictors. **Machine Learning**, v.26, p.123-140, 1996.
- BUENO, L. G. F.; ROSSI, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.497-504, 2006.

- CAHANER, A. e LEENSTRA, F. Effects of High Temperature on Growth and Efficiency of Male and Female Broilers from Lines Selected for High Weight Gain, Favorable Feed Conversion, and High or Low Fat Content. **Poultry Science**, n.71 v.8, p.1237-1250, 1992.
- CHAPMAN, P.; CLINTON, J.; KERBER, R.; KHABAZA, T.; REINARTZ, T.; SHEARER, C.; WIRTH, R. CRISPDM 1.0. **Stepbystep data mining guide**, 78 p. 2000. Disponível em: <http://www.crispdm.org/CRISPWP0800.pdf>. Acesso em: out. 2005.
- CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.M.; TSHEKO, R. Production performance and temperature humidity index of broilers reared in naturally ventilated houses in Botswana. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v.1, n.1, p.19-28, 2005.
- COBB. Manual de manejo de frango de corte. **Cobb Vantress**, 2008.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de novembro de 2012, nov, 2012a. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/22834> Acesso em: jan 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de dezembro de 2012, dez, 2012b. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/22972> Acesso em: jan 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de janeiro de 2013, jan, 2013a. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/23138> Acesso em: jan 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de fevereiro de 2011, fev, 2013b. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/23352> Acesso em: jan 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de novembro de 2013, nov, 2013c. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125522> Acesso em: jan 2015.
- CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de

dezembro de 2013, dez, 2013d. Disponível em:
<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125631> Acesso em: jan 2015.

CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de janeiro de 2014, dez, 2014a. Disponível em:
<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125818> Acesso em: jan 2015.

CPTEC-INPE, CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Síntese sinótica mensal de fevereiro de 2014, dez, 2014b. Disponível em:
<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125973> Acesso em: jan 2015.

DONKOH, A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. **International Journal of Biometeorology**, n.33, p.259-265, 1989.

GARCIA NETO, M; CAMPOS E. J. Suscetibilidade de linhagens de frangos de corte à síndrome ascítica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.803-808, 2004.

GENÇ, L. e PORTIER K. M. Sensible and Latent Heat Productions from Broilers in Laboratory Conditions. **Turkish Journal of Veterinary e Animal Sciences**, n.29, p.635-643, 2005.

HASSANZADEH, M.; GILANPOUR, H.; CHARKHKAR, S.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Anatomical parameters of cardiopulmonary system in three different lines of chickens: further evidence for involvement in ascites syndrome. **Avian Pathology**, v.3, n.34, p.188-193, 2005.

HUBBARD. Management guide broiler. **Hubbard**, 2014. Disponível em:
<http://www.hubbardbreeders.com/managementguides/Hubbard%20Broiler%20Management%20Guide.pdf>. Acesso em: 14 jan, 2015.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. **Glossário**, 2005. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html>. Acesso em: jan. 2014.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas: Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. 25 p., 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg1-spm.pdf> . Acesso em: jan. 2015.

- LAGANA, C. Otimização da produção de frangos de corte em estresse por calor. P.180. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ofício Circular 07/07 DSA de 24/01/2007. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/defis/educacao/Oficio_7.pdf. Acesso em: jan. 2015.
- MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. DA C.; RITA F. M. DE OLIVEIRA; TINÔCO, I. DE 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**, v.9, n.4, p.660-665, 2005.
- MENDES, A. A. e PATRICIO, I. S. Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. In: Mendes A A, Nããs IA e Macari M (Eds.) Produção de frango de corte. **FACTA**, p.324-335, 2004.
- MENDONÇA, F. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.2, p.71-86, 2006.
- NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF THE CIGR. 2 nd Technical Section. NEW TRENDS IN FARM BUILDNGS. Evora, Portugal. mai. 2004. CD-Rom.
- NOAA. National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for December 2014, Publicação online Jan. 2015, Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/12>. Acesso em: jan. 2015.
- OLIVEIRA, J. E.; SAKOMURA, N. K.; FIGUEIREDO, A. N.; JÚNIOR, J. DE L.; SANTOS, T. M. B. Efeito do Isolamento Térmico de Telhado Sobre o Desempenho de Frangos de Corte Alojados em Diferentes Densidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.29, v.5, p.1427-1434, 2000.
- OLIVEIRA NETO, A. R.; OLIVEIRA, R. F. M. DE; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; FERREIRA, R. A.; MAXIMIANO, H. C.; GASPARINO, E. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho e Características de Carcaça de Frangos de Corte Alimentados com Dieta Controlada e Dois Níveis de Energia Metabolizável. **Revista brasileira de zootecnia**, n.29, v.1, p.183-190, 2000.

- OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. 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**, v.35, n.3, p.797-803, 2006.
- 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**, v.12, n.4, P. 265–271, 2010.
- R CORE TEAM (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- ROSS. Ross broiler management handbook. Ross, **An Aviagen Brand**, 2014. Disponível em: http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf. Acesso em: jan, 2015.
- RYDER A. A., Feddes JJR, Zuidhof MJ. Field study to relate heat stress index to broiler performance. **Journal Applied of Poultry Research**, n.13, p.493-499, 2004.
- SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; OVIEDO-RONDÓN, E.O. et al. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. **Poultry Science**, v.84, p.1363-1369, 2005.
- SANTOS, P.A.; BAÊTA, F.C.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves. **Revista Ceres**, v.56, n.2, p.172-180, 2009.
- STULL, R. Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature. **American Meteorological Society**, 2011. DOI: 10.1175/JAMC-D-11-0143.1
- TAO X, XIN H. Temperature-humidity-velocity: index for market-size broilers. **ASAE Annual Meeting**, n.034037, 2003
- VALE, M. M.; MOURA, D. J. DE; NÄÄS, I. A; OLIVEIRA, S. R. M.; RODRIGUES, L. H. A. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.223-229, 2008.
- VALE, M.M.; MOURA D.J.; NÄÄS I.A.; PEREIRA D.F. Heat waves characterization with impact over broilers mortality rates between 29 days old at the slaughter. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, n.4, p.279-285, 2010.
- YAHAV, S.; GOLDFELD S.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. **Journal of Thermal Biology**, n.20, p.245-253, 1995.

- YALCIN, S.; SETTAR, P.; OZKAN, S.; CAHANER, A. Comparative evaluation of three commercial broiler stocks in hot versus temperate climates. **Poultry Science**, v.76, n.7, p.921-929, 1997.
- ZUIDHOF, M. J.; SCHNEIDER, B. L.; CARNEY, V. L.; KORVER, D. R.; ROBINSON F. E. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry Science**, n.93, p.2970–2982, 2014.

4 DISCUSSÃO GERAL

O melhoramento genético aumentou o ganho de peso e melhorou a conversão alimentar das aves (ZUIDHOF et al., 2014), junto com este desenvolvimento ocorreu um decréscimo da relação superfície/volume, ocasionando uma inversão em menos dias da relação entre a massa corporal e a superfície (pele e penas), na qual a ave pode perder calor (Figura 2, página 20). Com menor área em relação ao seu volume as aves adultas possuem maior dificuldade de dissipação de calor e a condição é piorada devido ao aumento da produção de calor com o ganho de peso (Figura 1, página 17) e o desenvolvimento do empenamento.

Independente do período, lotes de aves com idade maior que 43 dias e peso médio maior que 3,08kg (Figura 2, página 77) foram relacionados com a mortalidade elevada, o aumento da mortalidade nos lotes analisados ocorreu em consequência do estresse por calor que as aves estão sujeitas na fase adulta devido a suas mudanças corporais, perdas produtivas ocorrendo nas fases finais devido ao estresse por calor e descrita por vários autores (TAO e XIN, 2003; RYDER et al, 2004; CHEPETE et al, 2005; VALE et al., 2008).

Entre os períodos analisados o período II teve mais dias com temperaturas médias elevadas e as máximas das umidades foram menores (Figura 2a e 2b, p. 50), fato que confirma a opção de comparar os períodos. Dias mais quentes e mais secos como os do período II permitem um maior resfriamento evaporativo, entretanto condições de temperaturas muito elevadas, mesmo após a simulação do resfriamento em eficiências de até 80%, continuam fora dos 21 °C sugeridos pelos manuais para o conforto das aves (COBB, 2008; HUBBARD, 2014; ROSS, 2014), resultando em mais horas de desconforto térmico (Tabela 4, página 52 e Figura 4, página 54).

A demanda das aves é por melhores condições de alojamento, mas os aviários possuem uma limitação de controle da temperatura, mesmo em situações de boa qualidade do sistema de resfriamento do aviário, o PRT máximo para fins de cálculos está em torno de 80% da depressão de bulbo úmido, que depende das temperaturas e umidades dos ambientes (ABREU, 1999).

A mineração de dados realizada nos artigos, relacionou a soma das horas em desconforto maior que 669,5h (Figura 5, página 56), e a soma de horas com ITU maior ou igual a 23 °C maior que 548h (Figura 3, página 78) com a maior mortalidade de frangos de corte. Estas variáveis representam uma sucessão horas ou carga térmica fora do conforto da ave, evidenciando a relação do tempo de exposição a condições estressantes com a maior

mortalidade dos frangos de corte. Quando um período quente se prolonga como em uma onda de calor, à medida que os dias se mantêm quente, esse calor maior, na média, é transferido para as instalações, exigindo ainda mais dos sistemas de resfriamento evaporativo. Essa carga térmica das instalações durante esse período e seus PRT necessitam ser mais bem estudados para dar suporte nas tomadas de decisão e para o desenvolvimento de controladores que economizam energia elétrica.

A classificação da mortalidade com as horas em desconforto teve precisão do modelo de 92,4% e para classe de maior mortalidade de 0,75. A classificação através da soma de horas em que o ITU foi maior que 23 °C gerou um modelo com precisão 93% e precisão da classificação da maior mortalidade em 0,81. Comparando as precisões das classes, a soma de horas em que o ITU foi maior que 23 °C é mais preciso ao classificar as mortalidades. Os lotes de frangos de corte que estão cobertos pelas regras estabelecidas nas árvores de classificação (Figura 5, página 56; Figura 3, página 78) foram lotes alojados no final de dezembro e atingiram a idade de abate entre 44 e 47 dias em fevereiro de 2014, o período mais quente observado (Figura 3; página 51).

Estas mortalidades estão relacionadas direta ou indiretamente ao estresse por calor devido coincidir com um período de maior vulnerabilidade das aves e das instalações com um período de temperaturas elevadas. O estresse por calor e os problemas metabólicos em aves mais velhas e mais pesadas estão relacionado com a maior mortalidade em condições de desconforto térmico (HASSANZADEH et al., 2005; GARCIA NETO e CAMPOS, 2004).

As regras criadas através da mineração de dados definem uma condição ambiental em que as variáveis externas, independentemente das instalações, foram associadas com as mortalidades ocorridas nos lotes (Figura 4; página 80). A relação da mortalidade com as variáveis externas pode ser devido a um baixo isolamento térmico da instalação, de acordo com Abreu et al., (2007), provavelmente, os aviários apresentaram o mesmo comportamento cíclico das temperaturas do ambiente externo, possibilitando a exploração de bancos de dados meteorológicos comparando-os com dados produtivos de frangos de corte.

O estudo de dados meteorológicos e produtivos pode auxiliar na compreensão de eventos produtivos, em ambientes abrigados de aviários de frangos de corte, com temperaturas e umidades medidas externamente às instalações. Auxiliando a identificar piores condições potenciais de conforto dos aviários relacionados ao aumento nas percentagens da mortalidade de lotes de frangos de corte e na compreensão da relação do animal com o ambiente, permitindo o desenvolvimento de sistemas de previsão meteorológica e alerta de extremos de tempo.

5 CONCLUSÕES

Houve diferença entre os períodos para a localidade do estudo, o período II (01/11/2013 – 14/02/2014) teve temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido maiores e umidades relativas máximas menores em relação ao período I (01/11/2012 – 14/02/2013). O calor atípico registrado em 2014 a nível global pôde ser constatado na localidade analisada durante o período II. As temperaturas acima das normais no período II resultaram em mais horas de desconforto estimadas para os potenciais de redução da temperatura do ar com sistemas de resfriamento evaporativo com eficiências de 50, 65 e 80%, em mais casos de mortalidade elevada (maior que 3,5%) e em mais casos de piores índices de conforto (ITU Médio maior que 23 °C e Máximo maior que 30,6 °C).

A mineração de dados permitiu relacionar o aumento da mortalidade de frangos de corte alojados em aviários com climatização mínima à exposição de um período com mais de 669,5h horas de desconforto térmico, e média diária de 21h de desconforto. Períodos com mais de 548 horas de ITU maior ou igual a 23 °C entre a terceira semana de criação e o abate com também ocorreram quando houve alta mortalidade nos lotes de frangos de corte. As variáveis zootécnicas idades de abate e o peso médio estão envolvidas com a mortalidade elevada nos lotes analisados. A mineração de dados permitiu encontrar padrões relacionando dados provenientes de estações meteorológicas com a mortalidade elevada durante o período mais quente. As variáveis envolvidas foram a carga de ITU maior que 548 h, amplitude da umidade relativa do ar maior que 43,5%, mínima da T_{bs} mínima maior que 18,5 °C, média da máxima maior que 34,4 °C, média da UR máxima maior que 91% e média da UR máxima menor ou igual a 91% quando a média da T_{bs} média for maior que 26,9 °C.

O potencial de arrefecimento de um sistema evaporativo não seria capaz de manter temperaturas de conforto nas condições atípicas observadas, devido às temperaturas elevadas, mesmo para uma eficiência de 80% do sistema. Este estudo permitiu ampliar os conhecimentos de dados meteorológicos com aplicações na produção de aves.

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**, v.59, n.4, p.1014-1020, 2007.
- ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; MAZZUCO, H. Uso do resfriamento evaporativo (adiabático) na criação de frangos de corte. Documentos, 59. Concórdia: **EMBRAPA-CNPSA**, 1999.
- CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.M.; TSHEKO, R. Production performance and temperature humidity index of broilers reared in naturally ventilated houses in Botswana. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v.1, n.1, p.19-28, 2005.
- COBB. Manual de manejo de frango de corte. **Cobb Vantress**, 2008.
- COUMOU D. e ROBINSON A. Historic and future increase in the global land area affected by monthly heat extremes. **Environmental Research Letters**, v.8, 2013.
- GARCIA NETO, M; CAMPOS E. J. Suscetibilidade de linhagens de frangos de corte à síndrome ascítica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.803-808, 2004.
- GENÇ, L. e PORTIER K. M. Sensible and Latent Heat Productions from Broilers in Laboratory Conditions. **Turkish Journal of Veterinary e Animal Sciences**, n.29, p.635-643, 2005.
- HASSANZADEH, M.; GILANPOUR, H.; CHARKHKAR, S.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Anatomical parameters of cardiopulmonary system in three different lines of chickens: further evidence for involvement in ascites syndrome. **Avian Pathology**, v.3, n.34, p.188-193, 2005.
- HUBBARD. Management guide broiler. **Hubbard**, 2014. Disponível em: <http://www.hubbardbreeders.com/managementguides/Hubbard%20Broiler%20Management%20Guide.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2015.

- IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas: Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. 25p., 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg1-spm.pdf> . Acesso em: 14 jan. 2015.
- MARENGO J. A. e VALVERDE M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v.8, 2007.
- MAROTZKE, J. e FORSTER, P. M. Forcing, feedback and internal variability in global temperature trends. **Nature**, v.517, p.565–570, 2015.
- MENDONÇA, F. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.2, p.71–86, 2006.
- NOAA. National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for December 2014, Publicação online Jan. 2015, Disponível em: [fromhttp://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/12](http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/12). Acesso em: 16 jan. 2015.
- NOAA. State of the Climate: Global Analysis for November 2014. National Climatic Data Center, 2014. Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/>. Acesso em: 30 dez. 2014.
- OLIVEIRA NETO, A. R.; OLIVEIRA, R. F. M. DE; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; FERREIRA, R. A.; MAXIMIANO, H. C.; GASPARINO, E. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho e Características de Carcaça de Frangos de Corte Alimentados com Dieta Controlada e Dois Níveis de Energia Metabolizável. **Revista brasileira de zootecnia**, v.29, n.1, p.183-190, 2000.
- OLIVEIRA, J. E.; SAKOMURA, N. K.; FIGUEIREDO, A. N.; JÚNIOR, J. DE L.; SANTOS, T. M. B. Efeito do Isolamento Térmico de Telhado Sobre o Desempenho de Frangos de

- Corte Alojados em Diferentes Densidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.29, v.5, p.1427-1434, 2000.
- 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**, v.12, n.4, p.265-271, 2010.
- ROSS. Ross broiler management handbook. Ross, **An Aviagen Brand**, 2014. Disponível em: http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf. Acesso em: 14 jan. 2015.
- RYDER A. A., Feddes JJR, Zuidhof MJ. Field study to relate heat stress index to broiler performance. **Journal Applied of Poultry Research**, n.13, p.493-499, 2004.
- SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; OVIEDO-RONDÓN, E.O. et al. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. **Poultry Science**, v.84, p.1363-1369, 2005.
- SANTOS, P.A.; BAÊTA, F.C.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves. **Revista Ceres**, v.56, n.2, p.172-180, 2009.
- STULL, R. Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature. **American Meteorological Society**, 2011. DOI: 10.1175/JAMC-D-11-0143.1
- TAO X, XIN H. Temperature-humidity-velocity: index for market-size broilers. **ASAE Annual Meeting**, n.034037, 2003.
- VALE, M. M.; MOURA, D. J. DE; NÄÄS, I. A; OLIVEIRA, S. R. M.; RODRIGUES, L. H. A. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.223-229, 2008.
- VALE, M.M.; MOURA D.J.; NÄÄS I.A.; PEREIRA D.F. Heat waves characterization with impact over broilers mortality rates between 29 days old at the slaughter. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, n.4, p.279-285, 2010.

ZUIDHOF, M. J.; SCHNEIDER, B. L.; CARNEY, V. L.; KORVER, D. R.; ROBINSON F. E.

Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry**

Science, n.93, p.2970-2982, 2014.