

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DO AMBIENTE TÉRMICO DE CRIAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO  
E UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EM FRANGOS DE CORTE**

RODRIGO BORILLE

Zootecnista - UFSM  
Mestre em Zootecnia - UFGD

Tese apresentada como um dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor  
em Zootecnia  
Área de Concentração em Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Fevereiro de 2016.

### CIP - Catalogação na Publicação

Borille, Rodrigo

EFEITO DO AMBIENTE TÉRMICO DE CRIAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO E UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EM FRANGOS DE CORTE / Rodrigo Borille. -- 2016.  
132 f.

Orientador: Alexandre de Mello Kessler.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Energia retida. 2. Exigências de energia. 3. Manutenção. 4. Produção de calor. I. de Mello Kessler, Alexandre, orient. II. Título.

RODRIGO BORILLE  
Zootecnista e  
Mestre em Produção Animal

## TESE

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### DOUTOR EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 29.02.2016  
Pela Banca Examinadora




ALEXANDRE DE MELLO KESSLER  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador


Homologado em: 13.04.2016  
Por




PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia

  
INES ANDRETTA  
PPG Zootecnia/UFRGS

  
VLADIMIR DE OLIVEIRA  
PPG Zootecnia/UFSM

  
LANGIO M. T. DUARTE JACOME  
UFSM-CESNORS-Depto. Zootecnia

  
PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de Agronomia

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade a que me foi atribuída, de participar do seu sistema de aprendizado e utilizar dos seus recursos e instalações, permitindo assim concluir mais esta etapa de meu conhecimento.

Ao professor Dr. Alexandre de Mello Kessler meu orientador, pela oportunidade de aprendizagem, formação e, experiência, pelas explicações e aulas, pelo convívio, apoio e confiança a mim atribuído.

Aos professores, Dra. Andrea Machado Leal Ribeiro, Dr. Luciano Trevizan, Dra Maitê de Moraes Vieira e, Dra. Ines Andretta, pelas magnificas aulas, explicações e pelo convívio neste tempo em que passei no Laboratório de Ensino Zootécnico.

Aos Colegas de pós-graduação, Giovani Farina, Patricia Ebling, Fábio Ritter Marx, Marcelo Somensi, Gabriel Faria Estivalet, Rachel Melchior, Geruza Machado, Mariane Possamai Della, Patricia Aristimunha, Mariana Morais, Priscila Morais, Rafael Dal Forno Gianluppi, Marcos Speroni Ceron, Kátia Kardinal, Gustavo Dias Lovato pela amizade, pelas inúmeras discussões e trocas de conhecimento, pela ajuda nos experimentos. Sem o apoio de vocês com certeza eu não atingiria este mérito.

À todos os estagiários, atuais e que já passaram, pela amizade, companheirismo, dedicação, e empenho nos trabalhos e estudos realizados enquanto estive presente no laboratório.

À Cristina Z. A. de Campos, minha companheira de todas as horas, pelo apoio, paciência, incentivo, compreensão e carinho que atribui a mim em todos os momentos de minha vida.

À toda a minha família, especialmente a meu pai Alcir Borille, minha mãe Anelice S. Borille, irmão Roger Borille e, irmã Maeli Borille, pelo carinho e atenção e por sempre me apoiarem e incentivarem em todas as escolhas que fiz em minha vida.

A CAPES pelo incentivo financeiro de apoio a minha formação e aos demais colegas do grupo e pesquisa que também são bolsistas.

Ao seu Lauro, dona Fátima, seu Cláudio e demais funcionários que passaram pelo LEZO, pelas inúmeras conversas, pela ajuda de sempre, e pela amizade.

## EFEITO DO AMBIENTE TÉRMICO DE CRIAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO E UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EM FRANGOS DE CORTE <sup>1</sup>

Autor: Rodrigo Borille

Orientador: Dr. Alexandre de Mello Kessler

**Resumo:** Dois experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar o efeito da temperatura e do índice de temperatura e umidade (ITU) nas idades pré-inicial e inicial de frangos de corte sobre as alterações provocadas nas partições da energia metabolizável ingerida (EMI) e sobre as exigências de manutenção (EMm) e, desempenho. Um terceiro experimento mediu o desempenho subsequente de frangos que foram submetidos a diferentes temperaturas durante os primeiros 14 dias de vida, bem como a composição e rendimentos de carcaça e cortes. Nos experimentos 1 e 2 foi determinado a energia metabolizável (EM) utilizando indicador óxido de cromo, e os resultados das partições da EMI foram determinados a partir da técnica de abate comparativo para cada período avaliado. O desempenho também foi avaliado. Os resultados das variáveis de resposta animal foram submetidos a análise de regressão tendo como variáveis independentes as médias de temperatura e o ITU. Os resultados permitiram determinar no experimento 1 que, para a idade de 1 a 7 dias a média de temperatura de 28,3 °C melhorou os índices de desempenho. A exigência de manutenção por peso metabólico nesta idade apresentou menor valor em 30,8 °C, sendo estimada em 163,7 kcal/kg PV<sup>0,75</sup>/dia. A temperatura de 29,3 °C determinou as maiores proporções da EMI destinadas para as retenções de energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e gordura bruta (EE). No experimento 2, a média de temperatura de 24,6 °C melhorou os índices de desempenho para a idade de 8 a 14 dias, assim, a média da exigência de manutenção foi estimada em 238 kcal/kg de PV<sup>0,75</sup>/dia. A temperatura em que as maiores proporções da EMI foram destinadas para as retenções de EB e PB foi próxima a 26,4 °C. No experimento 3 foi observado que, apesar de ter piorado a conversão alimentar, as temperaturas entre 22,6 e 24 °C até os 14 dias de idade se mostraram mais favoráveis para o desempenho produtivo e rendimentos de corte dos frangos aos 39 dias. Os resultados demonstraram também que, frangos que receberam temperatura mais baixa até os 14 dias e em função disso apresentavam menor desempenho, demonstraram uma tendência de recuperação ascendente do desempenho, até os 39 dias. Concluí-se por estes resultados que, frangos de idades pré-iniciais e iniciais modificam as suas exigências de energia para manutenção em função da modificação do ambiente térmico, influenciando no seu desenvolvimento inicial com reflexos na idade de abate.

**Palavras-chave:** energia retida, exigências de energia, manutenção, produção de calor

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil 134p.), fevereiro de 2016.

## EFFECT OF THERMAL ENVIRONMENT ON BREEDING PERFORMANCE AND ENERGY UTILIZATION IN BROILERS<sup>1</sup>

Author: Rodrigo Borille

Adviser: Dr. Alexandre de Mello Kessler

**Abstract:** Two experiments were performed to assess the effect of temperature and the temperature and umidity index (TUI) in the pre-starting and starting age of broilers on changes caused in partitions of metabolizable energy intake (MEI) and maintenance (ME<sub>m</sub>) requirements and performance. A third experiment measured the subsequent performance of chickens that were subjected to different temperatures during the first 14 days of life, as well as the composition and yield of carcass and cuts. In experiments 1 and 2 was determined to metabolizable energy (ME) using chromium oxide indicator, and the results of the partitions of the MEI have been determined from the slaughtered comparative technique for each evaluated period. The performance was also evaluated. The results of animal response variables were subjected to regression analysis with independent variables temperature averages and the TUI. The results determine in experiment 1 that, for the age of 1 to 7 days the average temperature of 28.3°C improved levels of performance. The maintenance requirement for metabolic weight at this age showed lower value in 30.8°C, being estimated at 163.7 kcal/kg BW<sup>0.75</sup>/dia. 29.3°C temperature determined the highest proportions of MEI for the retention of gross energy (GE), crude protein (CP) and crude fat (CF). In experiment 2, the mean temperature of 24.6°C improved levels of performance on 7 to 14 days, so the average maintenance requirement was estimated at 238 kcal/kg BW<sup>0.75</sup>/day. The temperature at which the highest proportions of MEI were intended for the retention of GE and CP was next to 26.4°C. In experiment 3 was observed that, in spite of having worsened the feed conversion, temperatures between 22.6 and 24° C until the 14 days of age were more favorable for the productive performance and cutting income of chickens to 39 days. In experiment 3 was observed temperatures between 22.6 and 24° C until the 14 days of age were more favorable for the productive performance and yield of chickens to 39 days. The results showed that chickens that received lower temperature until the 14 days and because of this had less performance, showed a trend of rising performance recovery, until the 39 days. It was concluded that chickens for ages pré-iniciais and initials modify their energy requirements for maintenance depending on the modification of the thermal environment, influencing in early development with reflections in the age of slaughter.

**Key-words:** energy retained, requirement of energy, maintenance, heat production

---

<sup>1</sup>Doctoral Thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (134p.), february, 2016

## Sumário

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1. Conceitualização da energia utilizada pelos animais .....	16
2.2. Componentes do balanço energético.....	17
2.3. Energia para a manutenção .....	19
2.4. Influência da temperatura sobre a manutenção .....	21
2.5. Energia para a produção.....	21
2.6. Eficiência energética e deposição de tecidos.....	22
2.7. Técnica de abate comparativo .....	25
2.8. Efeito da temperatura na utilização da energia .....	25
<b>3. HIPÓTESES E OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
 <b>CAPÍTULO II.....</b>	 <b>30</b>
<b>EFEITO DA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE AS PARTIÇÕES DA ENERGIA METABOLIZÁVEL EM FRANGOS DE CORTE NA FASE PRÉ- INICIAL .....</b>	 <b>30</b>
Resumo.....	32
Introdução .....	33
Materiais e métodos.....	34
Resultados e discussão .....	38
Conclusões .....	51
Referências Bibliográficas.....	53
 <b>CAPÍTULO III.....</b>	 <b>67</b>
<b>EFEITO DA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE AS PARTIÇÕES DA ENERGIA METABOLIZÁVEL EM FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL .....</b>	 <b>67</b>
Resumo.....	69
Introdução .....	70
Materiais e métodos.....	71
Resultados e discussão .....	75
Conclusões .....	86
Referências bibliográficas .....	87

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>99</b>
<b>DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARÇA E CORTES DE FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS NAS IDADES INICIAIS .....</b>	<b>99</b>
Resumo.....	101
Introdução .....	101
Materiais e métodos.....	102
Resultados e discussão .....	105
Conclusões .....	113
Referências bibliográficas .....	114
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>125</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA REVISÃO .....</b>	<b>126</b>



## Lista de Tabelas

	Página
<b>Capítulo I</b>	
Tabela 1. Energia bruta total resultante da combustão completa de alimentos purificados (kcal/g).....	18
<b>Capítulo II</b>	
Tabela 1. Ingredientes e valor nutricional da dieta pré-inicial (1 a 7 dias) utilizada.....	61
Tabela 2. Consumo de ração, ganho médio diário e, conversão alimentar em função da temperatura e do índice de temperatura e umidade (ITU) de criação de pintos de corte, na primeira semana de vida (1 a 7 dias).....	62
Tabela 3. Energia bruta retida (EBr: kcal/dia e kcal/ $PV^{0,75}$ /dia), extrato etéreo retido (EER) por ave (g/dia) e proteína bruta retida (PBr) por ave (g/dia), em função da temperatura e do índice de temperatura e umidade (ITU) de criação de pintos de corte, na primeira semana de vida (1 a 7 dias)....	63
Tabela 4. Energia metabolizável ingerida (EMI: kcal/dia e kcal/ $PV^{0,75}$ /dia), produção de calor (PC: kcal/dia e kcal/ $PV^{0,75}$ /dia) incremento de calor de produção (IC de produção: kcal/ave/dia) e energia metabolizável de manutenção (EMm: kcal/dia e kcal/ $PV^{0,75}$ /dia), em função da temperatura e do índice de temperatura e umidade (ITU) de criação de pintos de corte, na primeira semana de vida (1 a 7 dias).....	64
Tabela 5. Percentuais de EMI utilizados como EMm, PC, EBr, EER e PBr e, de EBr em EE e em PB, de frangos de corte de 0 a 7 dias de idade, em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação.....	65
<b>Capítulo III</b>	
Tabela 1. Ingredientes e valor nutricional das dietas pré-inicial e inicial utilizadas conforme as idades em dias.....	93
Tabela 2. Consumo de ração, ganho médio diário e conversão alimentar, de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação.....	94
Tabela 3. Gordura retida (EER, g/ave/dia), proteína bruta retida (PBr, g/ave/dia) e energia bruta retida (EBr, kcal/ave/dia e kcal/kg de $PV^{0,75}$ /dia), de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU de criação.....	95
Tabela 4. Energia metabolizável ingerida, produção de calor e energia metabolizável de manutenção (g/ave/dia e kcal/kg de $PV^{0,75}$ /dia), e incremento de calor de produção (kcal/ave/dia) de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU de criação.....	96

Tabela 5.	Percentuais de EMI utilizados como EMm, PC, EBr, EEr e PBr, e percentuais de EBr como EE e como PB de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação.....	97
<b>Capítulo IV</b>		
Tabela 1.	Distribuição das temperaturas conforme a idade.....	118
Tabela 2.	Ingredientes e valor nutricional das dietas experimentais utilizadas conforme as idades (dias) dos frangos.....	119
Tabela 3.	Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade submetidos a diferentes temperaturas e ITU nas idades iniciais.....	120
Tabela 4.	Desempenho de frangos de corte de 1 a 28 dias de idade submetidos a diferentes temperaturas e ITU nas idades iniciais.....	121
Tabela 5.	Desempenho de frangos de corte de 1 a 35 dias de idade submetidos a diferentes temperaturas e ITU nas idades iniciais.....	122
Tabela 6.	Desempenho de frangos de corte de 1 a 39 dias de idade submetidos a diferentes temperaturas e ITU nas idades iniciais.....	123
Tabela 7.	Peso da carcaça, peso de pernas, pesos de coxa e peso de peito de frangos de corte submetidos a diferentes temperaturas e ITU nas idades iniciais. ....	124

**Lista de Figuras**

	Página
<b>Capítulo I</b>	
Figura 1. Relação entre energia de retenção e ingestão de energia metabolizável.....	23
<b>Capítulo II</b>	
Figura 1. Partição da energia metabolizável ingerida em energia retida, incremento de calor de produção e energia metabolizável de manutenção, de frangos de corte de 1 a 7 dias de idade, em função do aumento da temperatura ambiente.....	66
<b>Capítulo III</b>	
Tabela 1. Partição da energia metabolizável ingerida em energia retida, incremento de calor de produção e energia metabolizável de manutenção em frangos de corte, de 8 a 14 dias de idade, em função do aumento da temperatura ambiente.....	98

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ATP: Adenosina trifosfato  
CA: Conversão alimentar  
CR: Consumo de ração  
EBr: Energia bruta retida  
ED: Energia digestível  
EEr: Extrato etéreo retido  
EL: Energia líquida  
ELm: Energia líquida de manutenção  
ELp: Energia líquida de produção  
EM: Energia metabolizável  
EMA: Energia metabolizável aparente  
EMAn: Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio  
EMI: Energia metabolizável ingerida  
EMm: Energia metabolizável de manutenção  
EMp: Energia metabolizável de produção  
EMV: Energia metabolizável verdadeira  
EMVn: Energia metabolizável verdadeira corrigida para nitrogênio  
ERg: Energia retida como gordura  
ERp: Energia retida como proteína  
GMD: Ganho médio diário  
IC: Incremento de calor  
ITU: Índice de temperatura e umidade  
kg: Eficiência de utilização da energia metabolizável para a deposição de gordura  
Kp: Eficiência de utilização da energia metabolizável para a deposição de proteína  
Line: Modelo de efeito linear  
MS: Matéria seca  
NS: Não significativo  
°F: Graus Fahrenheit  
PBr: Proteína bruta retida  
PC: Produção de calor  
PCJ: Produção de calor de jejum  
PM: Peso médio  
PV: Peso vivo  
Quad: Modelo de efeito quadrático  
R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação  
RSD: Desvio padrão residual  
UTM: unidade de tamanho metabólico

## **CAPÍTULO I**

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de frangos de corte ganhou um espaço indiscutível no fornecimento de proteína para a alimentação da população humana mundial atualmente. Tanto a carne de frango como seus subprodutos, são considerados hoje, uns dos produtos de origem animal mais rápidos, baratos e versáteis de serem produzidos, pois atingiram a produção em larga escala, com padronização, qualidade, diversificação e grande abrangência geográfica comercial. Todos estes fatores só foram possíveis de serem atingidos, porque existiu e, continua existindo dentro da cadeia produtiva, uma forte busca por desenvolvimento, adequação e agregação tecnológica nas grandes áreas que são consideradas como seus pilares de sustentação, sendo elas a genética, a nutrição, a sanidade, o manejo e as instalações (ambiência e bem estar animal).

Estima-se que, no ano de 2014, a produção industrial mundial de carne de frango tenha alcançado a marca de 86,077 milhões de toneladas. Destas, para o mesmo ano, estima-se que foram envolvidas em negociações entre países cerca de 10,977 milhões de toneladas em exportações a nível mundial. O restante destes totais, ficaram retidos nos países produtores e consumidos pelos seus mercados internos. Dentre os países produtores, no ano de 2014, os EUA se destacaram em primeiro lugar mundial na produção de carne de frango (17,524 milhões de tonelada/ano), sendo seguido por China (13,000) em segundo e, pelo Brasil em terceiro lugar, que atingiu a marca de 12,691 milhões de toneladas naquele ano (ABPA, 2015). Porém, no final do ano de 2015, o segundo lugar ocupado pela China foi desbancado pela crescente produção brasileira que atingiu no mês de dezembro, a marca histórica de 13,136 milhões de toneladas, com previsões de crescimento, para o ano seguinte, ainda maiores. Em termos de exportação, o Brasil ocupa o primeiro posto, a nível mundial, já a alguns anos, sendo que, do total de sua produção, cerca de 32,3 % foi exportado em 2014 (ABPA, 2015).

Com vistas a atender à crescente demanda por carne de frango e, ocupando lugar de destaque mundial em produção, importação e consumo, o Brasil tem em seu território um grande aliado, que é a alta produção de grãos para a produção de rações. Porém, tem também, o grande desafio de produzir frango em uma região geográfica que possui características climáticas bastante diversificadas que, muitas vezes, acabam inviabilizando a produção de frangos.

O Brasil tem 93 % de seu território localizado no Hemisfério Sul, e o restante (7%) encontra-se no Hemisfério Norte, isso significa que o território está na zona intertropical do planeta, com exceção da região Sul. Em virtude da extensão do território (8.514,876 km<sup>2</sup>), são identificados diversos tipos de climas, sendo os principais, de acordo com a classificação climática de Arthur Strahler: clima equatorial úmido da convergência dos alísios, que engloba a região Amazônica; clima tropical alternadamente úmido e seco, englobando grande parte da área central do país e litoral do meio-norte; clima tropical tendendo a ser seco, pela irregularidade da ação das massas de ar, englobando o sertão nordestino e vale médio do rio São Francisco; clima litorâneo úmido exposto às massas tropicais marítimas, englobando a estreita faixa do litoral leste e nordeste

e; clima subtropical úmido das costas orientais e subtropicais, dominado largamente por massa tropical marítima, englobando toda a Região Sul do Brasil.

Todas estas variações climáticas remetem a condições ambientais distintas, com amplitudes térmicas diferentes durante o ano em cada região e, entre as regiões do país, o que vem a ser um desafio para a nutrição, para a genética e para as instalações da produção de frangos de corte em larga escala do país.

Sabe-se portanto, que os frangos são animais homeotérmicos e estão em troca térmica contínua com o ambiente, sendo este sistema eficiente quando a temperatura ambiental encontra-se dentro de certos limites (Tinôco, 2001). No momento em que as condições ambientais não se encontram dentro dos limites adequados, ou seja, fora da zona de termoneutralidade, o ambiente térmico torna-se desconfortável, forçando o organismo animal a ajustar-se fisiologicamente para manter sua homeotermia. De acordo com Macari et al. (1994), para manter a homeotermia corporal, os frangos produzem calor quando em ambiente considerado frio, ou dissipam calor em ambientes com temperaturas altas. Esses processos fisiológicos contam com a participação da musculatura esquelética e da habilidade metabólica, gerando, nestas ocasiões, uma modificação nas exigências de energia. Além disto, possuem baixa profundidade respiratória, o que faz com que seja necessário aumentar a frequência de respiração para a eliminação de calor em situações de alta temperatura. Ainda, de acordo com Moura (2001), quando a temperatura ambiente está acima da zona termoneutra, ocorre redução na atividade física dos mesmos, além de diminuição da produção interna de calor, e desta forma o calor metabólico é direcionado à superfície do corpo, na tentativa de liberar calor ao ambiente pelos processos de condução, convecção e radiação. Por outro lado, quando a temperatura ambiente se encontra abaixo da temperatura limite de conforto, o crescimento torna-se lento e a eficiência da conversão alimentar é reduzida (Silva & Sevegnani, 2001), pois o frango procura manter a homeotermia aumentando a produção de calor interno por meio do metabolismo e, aumentando o tremor muscular, provocando por consequência diminuição de sua eficiência produtiva.

Em frangos jovens, com idade de 0 e 14 dias, entretanto, existe um agravante ainda maior em relação a temperatura ambiente. Nesta idade, segundo boa parte da literatura, inclusive os manuais das linhagens comerciais, são necessárias temperaturas acima de 30 a 31 °C para mantê-los em situação favorável ao ótimo aproveitamento dos nutrientes do saco vitelínico e maior ingestão de ração o que os torna dependentes da temperatura do ambiente ao qual são criados. Com vistas a expressar todo o seu potencial genético até o final do seu ciclo produtivo, o seu desenvolvimento inicial precisa ser meticulosamente cuidado, pois, todos os atrasos no desenvolvimento produtivo que ocorrem nesta idade, poderão afetar o seu desempenho zootécnico futuro.

Neste sentido, percebe-se que as variáveis ambientais demonstram ter efeitos significativos tanto no consumo quanto no aproveitamento da energia da dieta. Segundo Sakomura et al. (2014) a temperatura ambiente pode ser considerada como o fator físico de maior efeito no desempenho de frangos de corte, já que exerce grande influência no consumo de ração.

Tanto a exigência de manutenção como a energia gasta na regulação da temperatura corporal da ave, em resposta a variação na temperatura do ambiente, são parte da produção de calor na nutrição de aves, assim a temperatura é considerada como o fator ambiental que mais influencia na produção de calor e, conseqüentemente, na manutenção (Sakomura et al., 2014). Quando as temperaturas do meio estão elevadas, a influência se dá principalmente na manutenção da homeotermia, comprometendo o desempenho das aves devido à ineficiência destes animais em eliminar o calor corporal (Donkoh & Atuahene, 1988). Por outro lado, temperaturas abaixo do limite recomendado induzem a destinação de parte da energia ingerida para a geração de calor, levando a redução de produtividade. Há relatos de que a temperatura ambiente também modifica a retenção de energia, proteína e gordura corporal nos frangos (De Oliveira et al., 2006).

Neste sentido, este estudo teve como objetivo principal avaliar o efeito da temperatura e do índice de temperatura e umidade nas idades pré-inicial e inicial de frangos de corte, sobre as alterações provocadas nas partições da energia metabolizável ingerida, e influência sobre as exigências de manutenção, bem como sobre o desempenho e rendimento de carcaça e cortes nas idades subsequentes.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Conceitualização Da Energia Utilizada Pelos Animais

Geralmente definida como a capacidade de realização de trabalho, a energia tem papel fundamental na manutenção das funções vitais dos organismos animais. Em nutrição animal, a capacidade máxima de realização de trabalho, é alcançada com a máxima produção (ovos, ganho de peso, etc.) e o máximo aproveitamento do alimento (McDonald, 2002; Bertechini, 2006).

A energia é considerada um produto da oxidação dos nutrientes dos alimentos (Mbajiorju et al., 2011), e não um nutriente em si. É utilizada pelos animais prioritariamente para manter ativos diversos processos, como respiração, manutenção da temperatura corporal e fluxo sanguíneo. A energia extra que é consumida é depositada como tecido ou utilizada para sintetizar produtos, como ovos e carne, por exemplo. Contudo, durante a partição desta energia no organismo, ocorrem perdas que aparecem na forma de calor e, dependendo da condição ambiental, é utilizado para aquecer o corpo ou é dissipado para o ambiente (Oliveira Neto et al., 1999).

Fernandes & Toro-Velasquez (2014) citam que Joseph Blanck foi um dos primeiros intelectuais a explicar a relação entre calor e temperatura, assim também Kleiber (1961) que definiu calor como aquilo que produz uma mudança na temperatura, pontuando a energia química dos processos biológicos.

A termodinâmica é a ciência que estuda a relação entre a mecânica e o calor, e nesta ciência, um dos principais conceitos utilizados é o de sistemas, que é definido como sendo uma região delimitada por barreiras, reais ou conceptuais, que o separam do universo, e pode ser percebida por parâmetros como volume, quantidade de constituintes químicos, pressão, temperatura e carga elétrica (Blaxter, 1989; Fernandes & Toro-Velasquez, 2014). Nesta forma conceitual, o indivíduo e suas partes podem ser caracterizados como sistemas biológicos e, assim, as leis da termodinâmica podem ser aplicadas aos seres vivos, por meio do estudo da bioenergética (Fernandes & Toro-Velasquez, 2014).

A primeira Lei da Termodinâmica, também chamada de Lei da Conservação de Energia, estabelece que a diferença entre a energia de entrada e a energia de saída de um sistema, é igual à variação de energia que ocorreu dentro do volume de controle. Já a segunda Lei da Termodinâmica estabelece que parte da mudança de energia associada a uma reação não está disponível para a realização de trabalho ou para ser transferida para outra reação, assim, no conceito de bioenergética, está relacionado aos fatores que limitam a passagem de energia de uma reação para outra, ou que governam o uso da energia proveniente de uma reação acoplada a um trabalho mecânico (ex. contração muscular) ou trabalho quimiostático (manutenção da bomba de íons associada às membranas celulares), ou seja, a entropia do sistema (Blaxter, 1989; Fernandes & Toro-Velasquez, 2014).

Em sistemas biológicos, a aplicação destas leis pode ser exemplificada da seguinte maneira: quando ocorre um aumento de energia no corpo ou em parte do corpo do animal, uma quantidade igual de energia tem de ser removida

de outro local (ex. alimento consumido) e pela oxidação da glicose a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (Fernandes & Toro-Velasquez, 2014).

Devido à impossibilidade de medir as mudanças em energia livre nas várias relações bioenergéticas, a medida do potencial energético dos alimentos mais utilizada é o total de calor produzido na sua oxidação completa. Assim a oxidação completa representa a energia potencial (bruta) total que está disponível para o animal, mas apenas uma parte desta energia será utilizada para manutenção e produção, representando a energia líquida disponível para o animal (Fernandes & Toro-Velasquez, 2014).

O nível de energia da dieta tende a modular a eficiência alimentar de duas formas, basicamente: o aumento da energia da dieta que fará com que suas necessidades energéticas sejam atendidas com menor consumo de ração, e a taxa de crescimento que é melhorada com elevados níveis de energia (Waldroup, 1981). No entanto, a capacidade metabólica na retenção de energia no corpo será determinante na eficiência de uso da energia dos diferentes ingredientes utilizados na formulação das rações (Dänicke et al., 2001).

Existem diversas formas de energia, embora para os nutricionistas interessem apenas duas delas: a energia química e o calor (Armsby, 1917). A energia fornecida aos animais na forma química pode ser transformada em calor quando utilizada como suporte em processos vitais, armazenada na forma química como no crescimento ou engorda, transferida na forma química a um segundo animal como na gestação e lactação ou transferida para o meio como no trabalho (Armsby, 1917). Quantificar estas transformações de energia é o foco de estudo dos nutricionistas. Além disso, eles buscam descobrir o mais preciso sistema para predizer o balanço de energia dos animais, baseados no peso corporal, sexo, atividade, estado fisiológico, meio ambiente e valor quantitativo e qualitativo dos alimentos ingeridos por estes animais (Baldwin & Bymater, 1984).

## 2.2. Componentes do balanço energético

Todo material que contém arranjos de carbono e hidrogênio que podem ser oxidados a dióxido de carbono e água representa uma fonte de energia potencial para os animais. Assim a Energia Bruta pode ser definida como o calor que é liberado na oxidação completa de uma substância orgânica a dióxido de carbono e água. A mesma pode ser facilmente mensurada em laboratório utilizando-se uma bomba calorimétrica (Fernandes & Toro-Velasquez, 2014).

De acordo com Nehring & Haenlein (1973) a energia bruta representa a composição química do alimento, entretanto não fornece previsão direta da utilização e dos efeitos na produção animal. De fato, o conteúdo energético de um alimento depende das proporções de nutrientes presentes. Neste sentido, as proteínas possuem maior energia em comparação aos carboidratos, pois possuem elementos oxidáveis adicionais, como o nitrogênio e o enxofre. Por outro lado, a energia bruta não pode ser contabilizada para aves, pois não considera as perdas de energia durante a ingestão, digestão e metabolismo do alimento (Moehn et al., 2005).

Lawrence & Fowler (2002) determinaram a energia bruta resultante da completa combustão de alimentos purificados (Tabela 1), demonstrando as diferentes capacidades de produção de energia dos nutrientes e, assim, foi possível obter indicativos de que a preferência dos organismos dos animais e

das plantas em armazenar energia na forma de lipídeos, por possuírem maior densidade energética. Os lipídeos são em quantidade, a mais importante forma de armazenar energia corporal, entretanto, nas dietas a principal fonte de energia é o amido (Van Milgen & Noblet, 2003). De acordo com Baldwin & Sainz (1995) a eficiência de conversão de amido em lipídeos é de 84%, então para esta reação, no mínimo 16% de energia são perdidas como calor.

**Tabela 1.** Energia bruta total resultante da combustão completa de alimentos purificados\*, (kcal/g).

Alimento	kcal/g de alimento
Proteína	5,640
Gordura Animal	9,416
Óleo Vegetal	9,297
Amido	4,182
Glicose	3,728

\*adaptado de Lawrence e Fowler (2002).

Noblet et al. (2003) determinaram a produção de calor de suínos e frangos de corte alimentados com dietas convencionais e de baixa proteína. Para os suínos observou-se redução da produção de calor total quando se utilizou dietas com baixa proteína, resultado da redução do efeito térmico do alimento. Em aves esse efeito não foi verificado. A proteína da dieta é uma fonte ineficiente de energia quando utilizada em outras propostas que não a deposição proteica. Além dos ATPs gastos na síntese e catabolismo de proteínas, existe a perda de energia na eliminação do excesso de nitrogênio como ácido úrico e uréia (Van Milgen & Noblet, 2003)

Segundo Fernandes & Toro-Velasquez, (2014) e Lawrence & Fowler (2002), devido à grande variação na habilidade de digestão dos alimentos pelos animais, apenas uma parte da energia bruta dos alimentos é aproveitada, e uma das evidências de que nem todos os nutrientes são aproveitados efetivamente pelos animais é a produção de fezes. Desta maneira, subtraindo-se o valor da energia bruta contida nas fezes do valor de energia bruta ingerida, é possível obter-se o valor de Energia Digestível (ED). Entretanto, nem toda a energia absorvida pelo animal é aproveitada, sendo uma parte perdida na forma de gases e urina (Fernandes & Toro-Velasquez, 2014). A energia perdida na forma de gases é relacionada aos processos fermentativos, sendo considerada muito pequena em aves e suínos em crescimento, porém relevante em suínos adultos (Le Goff et al., 2002). Já a energia perdida na urina está relacionada aos compostos absorvidos e não utilizados, aos produtos finais dos processos metabólicos e aos produtos finais de origem endógena. Assim, subtraindo-se estas perdas de energia (gases e urina) da energia aparentemente digestível (ED) obtém-se a Energia Metabolizável (EM), que é aquela energia que está efetivamente disponível para o metabolismo do animal.

Em aves, a separação das fezes e da urina é relativamente complicada devido a motivos fisiológicos e anatômicos, assim a estimativa de energia metabolizável é feita de forma direta na coleta total de excretas, porém é chamada de energia metabolizável aparente (EMA). Porém, se as perdas de energia de origem endógenas, provenientes da descamação das células

intestinais são mensuradas, pode-se subtrair este valor da energia metabolizável aparente e obtém-se então a energia metabolizável verdadeira (EMV) (Leeson & Summers, 2001).

Guillaum & Summers (1970) descreveram a relação entre a EMA e EMV, demonstrando que a EMV não é afetada pela ingestão, enquanto que a EMA sofre redução com a diminuição da ingestão. Isto é explicado pela maior proporção da energia da excreta que é proveniente das perdas endógenas fecais e urinárias. Mas de forma prática, as duas formas de expressão da energia (EMA e EMV) são corrigidas para balanço de nitrogênio igual a zero, para permitir que valores de EM provenientes de aves com diferentes exigências proteicas (diferentes fases de vida) sejam comparados, assim a expressão é denominada de energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn e EMVn). A variação entre a EMAn e EMVn pode chegar a uma diferença de até 1,5 % (Miller & Reinecke, 1984) quando a ração é consumida em níveis de manutenção ou acima dela. A correção comumente utilizada para o balanço de nitrogênio na EMA e na EMV, na nutrição de aves, é feita pela adição ou subtração de 8,2 kcal para cada grama de nitrogênio retido ou perdido, contabilizando a energia necessária para a excreção do nitrogênio urinário (Fernandes & Toro-Velasquez, 2014).

A energia metabolizável já pode ser considerada a energia que está disponível para a utilização pelo animal, porém ainda existem perdas, e estas são contabilizadas como forma de calor, denominado de incremento calórico (IC). Ao subtrair da EM o incremento calórico, obtém-se a energia líquida (EL). O incremento calórico é um termo prático utilizado para juntar várias formas de perda de calor pelo organismo animal e que até hoje não são adequadamente compreendidas e não podem ser individualmente determinadas experimentalmente (Farrel, 1974; Sakomura & Rostagno, 2007). O incremento de calor é compreendido como sendo toda a perda de energia durante os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes. A energia do incremento calórico não é usada para os processos produtivos, mas pode ser aproveitada na manutenção da temperatura corporal em condições de criação em baixa temperatura ambiente.

A energia líquida (EL) é conceitualmente dividida em duas frações: uma que o animal utiliza para a manutenção das funções vitais, com mínima movimentação física, onde não ocorre deposição tecidual (chamada de manutenção, ELM), e outra onde ocorrem as deposições teciduais, caracterizada como ganho de peso (gordura e proteína), produção de ovos, e produção de leite (chamada de produção, ELP) (Sakomura & Rostagno, 2007).

### 2.3. Energia para a manutenção

O conceito nutricional de manutenção não é o mesmo que metabolismo basal, pois na manutenção o animal está consumindo e não está em jejum. A energia metabolizável de manutenção (EM<sub>m</sub>) é definida como a produção de calor de um animal mantido em ambiente termoneutro, quando a ingestão de energia metabolizável está em balanço com a perda de calor. É considerado que um animal está em manutenção quando o mesmo é alimentado, porém não apresenta ganho de peso e modificações na composição corporal (Fernandes & Toro-Velasquez, 2014). Segundo Sakomura et al. (2014) e Blaxter (1972), a manutenção é o estado de equilíbrio da ave, onde não ocorre nem ganho e nem perda das

reservas corporais. Já, o metabolismo basal (ou taxa metabólica basal), segundo os mesmos autores, reflete a mínima produção de calor necessária para que ocorram os processos vitais (atividade celular vital, respiração e circulação sanguínea) de um animal saudável, em jejum e em repouso. Para ser mensurada a taxa metabólica basal é necessário que o animal esteja em um ambiente termoneutro, em estado pós-absortivo, em repouso e consciente. A taxa metabólica basal pode sofrer variação em função da temperatura ambiente, e por isso definiu-se a taxa metabólica padrão como o metabolismo do animal que está em repouso, em jejum e em certa temperatura corporal (Randall et al., 2000).

Assim, a definição das exigências de manutenção para aves adultas é dada como a quantidade de energia necessária para o anabolismo e o catabolismo (Sakomura & Rostagno, 2007), com retenção de energia corporal igual a zero. Porém, para aves em crescimento onde o equilíbrio nunca ocorre (Chwalibog, 1991), as exigências de manutenção são definidas como a quantidade de energia necessária para manter o equilíbrio dinâmico do turnover proteico e lipídico, a temperatura corporal e uma atividade física normal (Chwalibog, 1991; Sakomura et al., 2014a). Segundo Blaxter (1989), animais em crescimento possuem maior exigência de EMm pois a síntese proteica é alta e os gastos de energia são elevados, aumentando a produção de calor.

Para determinação da energia de manutenção deve-se levar em consideração a taxa de produção de calor medida por meio de calorímetros, ou a taxa de deposição de energia, mensurada através do abate comparativo e sua relação com o consumo de determinado alimento (Sakomura, 2004). Sakomura et al. (2014) citam que estas exigências são estimadas por regressão linear dos balanços de energia determinados em abate comparativo e expressas em peso vivo. De acordo com Sakomura & Rostagno (2007) a exigência de energia para manutenção pode ser expressa pela equação:  $EMm = aPb$ , em que  $Pb$  é o peso metabólico e "a" é a exigência por unidade de tamanho metabólico (UTM). A UTM compara taxas metabólicas de animais em diferentes tamanhos, uma vez que esta medida é relativa a área de superfície corporal. Já a área de superfície de dois corpos de forma e densidade semelhantes, entretanto, de diferentes tamanhos, são relativos a  $\frac{3}{4}$  de seus pesos. Assim, as taxas metabólicas se tornam proporcionais ao peso elevado a 0,75. Por outro lado, quando se compara o gasto de energia para manutenção em animais de diversos pesos da mesma espécie, o expoente pode ser menor que 0,75. Segundo Resende et al. (2006) muitas vezes utiliza-se 0,67, representando  $\frac{2}{3}$  da área de superfície do corpo do animal. Lopes e Lesson (2005) relataram que os requerimentos de manutenção para frangos com taxa intermediária de crescimento, baseado no coeficiente 0,75 foi 8% menor que os valores estimados usando expoente de 0,60, e que o peso elevado a 0,60 foi um estimador mais preciso. Noblet et al. (2015) indicaram que a produção de calor em jejum é linearmente relacionada com o peso vivo (kg) elevado ao expoente 0,70 e este seria o peso vivo metabólico dos frangos modernos. Os mesmos autores citam ainda que o expoente 0,70 difere do valor convencional (0,75) usado para animais adultos. Segundo Farrel (1974), a EM de manutenção é determinada pela relação linear entre a energia retida e a EM ingerida, quando a interseção com o eixo x representa a EMm, ou seja, quando a energia ingerida tem retenção igual a zero.

De uma forma geral, é possível afirmar que a energia metabolizável de manutenção é utilizada para a geração de ATP (Adenosina Trifosfato) no organismo animal, e sua eficiência na formação de ATP pode variar de acordo com diversos fatores, principalmente pelos diversos nutrientes ingeridos (Van Milgen et al., 2001). Porém, segundo Sakomura et al. (2014), aves em crescimento dificilmente geram ATP da mobilização dos constituintes retidos como reserva corporal e, sim, aqueles provenientes diretamente da dieta. A idade dos animais, o peso vivo, a composição corporal, o tamanho dos órgãos e crescimento ou estágio de produção, a temperatura ambiente e o empenamento têm sido relatados como fatores que influenciam as exigências de manutenção (Blaxter, 1989; Sakomura, 2004).

#### 2.4. Influência da temperatura sobre a manutenção

Tanto a exigência de manutenção como a energia gasta na regulação da temperatura corporal da ave, em resposta a variação na temperatura do ambiente, são denominadas como produção de calor na nutrição de aves, assim a temperatura é considerada como o fator ambiental que mais influencia na produção de calor e a energia metabolizável de manutenção (Sakomura et al., 2014). Quando as temperaturas do meio estão elevadas a influência se dá principalmente na manutenção da homeotermia, comprometendo o desempenho das aves devido a ineficiência destes animais em eliminar o calor corporal (Donkoh & Atuahene, 1988). As baixas temperaturas ambientais irão fazer com que a ave destine parte da energia ingerida para gerar calor, o que leva a redução de produtividade. A temperatura ambiente também modifica a retenção de energia, proteína e gordura corporal nas aves (De Oliveira et al., 2006). Longo et al. (2006) verificaram efeito quadrático da temperatura do meio sobre a exigência de manutenção de frangos de corte. Os autores mantiveram os grupos de animais a 13, 23 e 32 °C e obtiveram valores de EMm de 159,36; 116,17 e 128,66 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia para aquelas temperaturas ambientais respectivamente. Nas temperaturas mais baixas as exigências se elevam pelo fato da maior demanda de energia para produzir calor e manter a homeotermia.

O empenamento das aves também pode estar relacionado a variações na EMm. Segundo Peguri & Coon (1993) a exigência de EMm das aves sem penas em um ambiente de temperatura fria (12,8 °C) pode ser duas vezes maior que as necessidades das aves em ambientes quentes (33,9 °C) e 0% de penas. Para Fukayama et al. (2005) em altas temperaturas a redução do empenamento pode favorecer o desempenho das aves. Isto se deve ao fato de que sob condições de estresse por calor a diminuição das penas pode elevar a temperatura corporal crítica superior das aves (Horst & Mathur, 1994).

#### 2.5. Energia para a produção

A EM de produção (EMp) nos animais em crescimento pode ser determinada pela diferença entre EM consumida (EMI) e EMm, de acordo com a seguinte expressão:  $EMp = EMI - EMm$ . A EMp é dividida em energia retida como proteína (ERp) e energia retida como gordura (ERg) (Sakomura & Rostagno, 2007).

Muitos modelos que simulam o metabolismo consideram a exigência para manutenção a primeira a ser suprida na lista de exigências, seguido pela proteína e gordura. A deposição de tecidos só ocorre se há nutrientes disponíveis para promover o crescimento após as necessidades de manutenção serem preenchidas (Sakomura, 2004). Quando não há nutrientes suficientes para manutenção, os tecidos corporais são catabolizados para suprir a exigência (Pomar et al., 1991). Segundo Van Milgen & Noblet (2003) a deposição de proteína não depende somente dos aminoácidos disponíveis, mas também do fornecimento de energia. Assume-se que a deposição de proteína aumenta linearmente com a ingestão de energia até um ponto onde outros fatores começam a limitar essa deposição.

Sakomura et al. (2005) ofertaram 3 níveis de energia para frangos de corte em crescimento (3.050, 3.200 e 3.350 kcal/kg) e avaliaram o metabolismo energético. O nível de energia mais alto conferiu melhor desempenho aos animais, entretanto o nível médio gerou melhor equilíbrio na eficiência de utilização da energia para deposição de proteína e gordura, conseqüentemente, melhor carcaça, com menor quantidade de gordura depositada. Oliveira Neto et al. (2000) encontraram resultados semelhantes quando trabalharam com frangos de corte recebendo 5 diferentes níveis de energia na dieta (3000, 3075, 3150, 3225 e 3300 kcal de EM/kg de ração). O nível de 3232 kcal de EM, correspondente a relação energia:proteína de 16,49, gerou os melhores resultados de desempenho e deposição de proteína na carcaça. Zanusso et al. (1999) testaram 5 níveis de EM (2.850, 2.921, 3.000, 3.075 e 3.150 kcal/kg) para pintos de corte e verificaram que os níveis de EM influenciaram as deposições de proteína e gordura na carcaça, que aumentaram de forma linear.

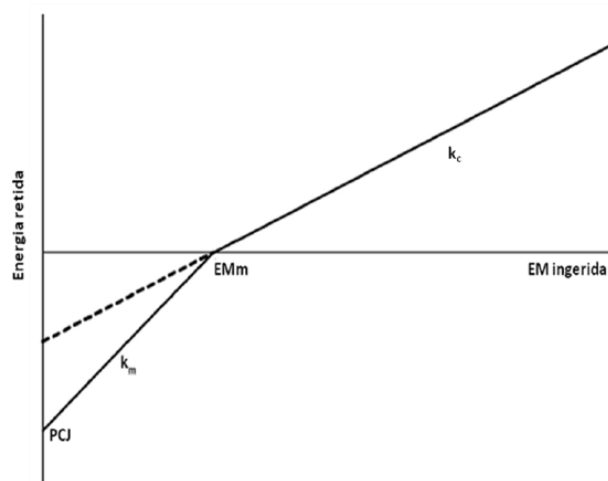
O aumento observado na deposição de proteína refletiu a melhora na relação energia:proteína da dieta, que nos níveis mais baixos pareceu insuficiente para garantir esta deposição, já que o consumo de proteína não variou entre os tratamentos, comprometendo o ganho de peso das aves. Lopes et al. (2007) conduziram um experimento para avaliar a energia retida como proteína e gordura em aves de diferentes linhagens (frangos comerciais, Plymouth Rock Barrada e Leghorns). Segundo Bockor (2013), os autores utilizaram modelos lineares e não lineares para caracterizar os padrões de deposição de energia e observaram que tanto as deposições de proteína quanto de gordura das três linhagens apresentaram aumento quadrático. Após os 42 dias, as aves depositaram uma proporção constante de energia como proteína e gordura. Neme et al. (2005) trabalharam com consumo restrito para poedeiras: a vontade, 70%, 50% e 35% do consumo à vontade. As aves restritas em 50 e 35% do consumo à vontade apresentaram valores negativos de energia retida. Longo (2000) observou resultados semelhantes quando trabalhou com frangos de corte recebendo 30% do consumo a vontade e criados em um ambiente a 30°C. Segundo os autores, isto é explicado pelo fato de que os programas de seleção são direcionados a aumentar o consumo de alimento a níveis maiores que as exigências de energia basal.

## 2.6. Eficiência energética e deposição de tecidos

As eficiências de utilização da energia normalmente são expressas em termos de EM, considerando que parte da EM consumida é utilizada para

manutenção e outra para produção (Sakomura & Rostagno, 2007). Ao se avaliar a energia retida para crescimento, é necessário mensurar a energia retida como gordura ( $ER_g$ ) e proteína ( $ER_p$ ) pela eficiência de utilização da EM, denominada  $k_g$  para deposição de gordura e  $k_p$  para proteína (Lopez & Leeson, 2008). A energia retida como proteína e ou como gordura é comumente determinada por calorimetria indireta (Van Milgen & Noblet, 2003) e abate comparativo (MacLeod, 1991), e utilizando modelos estatísticos, como o apresentado por Kielanowski (1965):  $EM = EM_m + DP/k_p + DG/k_g$ , onde DP e DG são a deposição de proteína e gordura, respectivamente. De acordo com este pesquisador o  $k_p$  e  $k_g$  podem também ser calculados por meio de regressão entre o consumo de energia e a retenção de proteína e gordura.

De acordo com Van Milgen & Noblet (2003) a retenção de energia pode ser vista como um processo de dois estágios, onde existe um ponto divisório, de interrupção no fornecimento de EM resultando em retenção de energia zero (Figura 01).



**Figura 01.** Relação entre energia de retenção e ingestão de energia metabolizável. PCJ = produção de calor em jejum; EMm = energia metabolizável ingerida para a manutenção;  $k_c$  = eficiência de energia para o crescimento;  $k_m$  = eficiência relativa do uso da energia metabolizável ingerida para a manutenção comparada ao uso da energia metabolizável das reservas corporais. (Adaptado de Van Milgen & Noblet, 2003).

Bockor (2013) explica que as inclinações da linha do gráfico representam as eficiências de energia abaixo da manutenção ( $k_m$ ) e para crescimento ( $k_c$ ), assim, quando o consumo de energia é zero, os animais irão mobilizar reservas corporais a fim de suprir os requerimentos de energia para manutenção. Com o aumento do consumo de energia metabolizável, a energia da dieta irá progressivamente repor a energia das reservas corporais para cobrir a manutenção até o ponto em que a EM da dieta fornece energia igual a EMm (Van Milgen & Noblet, 2003). Segundo Blaxter (1989) a eficiência do uso de EM abaixo da manutenção ( $k_m$ ) é superior a eficiência acima da manutenção ( $k_g$ ). Isto ocorre porque há menor custo de processamento quando o substrato para oxidação são gordura e proteína depositados em relação ao processamento de nutrientes



ingeridos que estão combinados com o custo de síntese e deposição de tecidos que normalmente estão acompanhados de uma maior reciclagem de proteína.

Boekholt et al. (1994) demonstraram que a eficiência de deposição de proteína é menor que para a deposição de gordura. Estes autores estimaram valores de  $K_p$  e  $K_g$  como sendo 0,66 e 0,86, respectivamente, para proteína e para gordura. Noblet et al. (1999) sugeriram também eficiência semelhante, para suínos em crescimento, sendo de 0,65 para  $k_p$  e 0,83 para  $k_g$ . Segundo Latshaw & Moritz (2009) a melhor eficiência das gorduras pode estar relacionada com a menor produção de calor e maior deposição no animal. De Groot (1974) relataram que a eficiência de utilização da EM abaixo da manutenção para deposição de lipídeos em aves adultas varia de 70 a 84 % e entre 37 e 85 % para aves em crescimento. Sakomura et al. (2004) trabalhando com de 3 níveis de energia na dieta para frangos de corte (3.050, 3.200 e 3.350 kcal/kg) encontraram valores de  $k_p$  de 0,56; 0,67 e 0,34 e  $k_g$  de 0,81; 0,69 e 1,23 respectivamente. No tratamento com alto nível de energia (maior quantidade de óleo adicionada a dieta) o  $k_p$  foi menor em relação aos demais, entretanto promoveu maior eficiência de utilização na deposição de gordura. Já Nieto et al. (1995) avaliaram o efeito da qualidade da proteína em dietas para frangos de corte e encontraram valores de  $k_p$  que variaram entre 0,40 a 0,57 e  $k_g$  entre 0,64 e 1,27.

Um animal adulto privado de alimento, seja pelas altas temperaturas ou qualquer outra situação física, continua necessitando de energia para suas funções vitais. Nestes animais a energia é obtida pelo catabolismo de suas reservas corporais, primeiro o glicogênio, em seguida a gordura e a proteína. No momento em que o animal é alimentado, a primeira demanda da energia fornecida pelo alimento é suprir as exigências de manutenção, impedindo o catabolismo dos tecidos, evitando assim a perda de peso corporal (McDonald, 2002).

A EM consumida pelos animais é normalmente dividida em energia retida (ER) nos tecidos corporais e produção de calor (PC), sendo descrita de acordo com Lawrence & Fowler como  $EM = PC + ER$  (Close, 1990; Lawrence & Fowler, 2002). Em condições termoneutras a PC representa o calor associado com a utilização da EM ingerida para manutenção (EM<sub>m</sub>) e processos produtivos, que representam em torno de 52-64% do que foi consumido (Fuller et al., 1983; Van Milgen, Noblet e Dubois, 2001; Noblet et al., 2003). Assim, a ER representa a diferença entre EM e PC, sendo dividida em energia retida como proteína (ER<sub>p</sub>) e energia retida como gordura (ER<sub>g</sub>) (Lopes & Lesson, 2008). De acordo com Van Milgen, Noblet e Dubois (2001) são poucos os estudos que estimaram a PC e seus componentes: produção de calor devido a atividade física (PCA), produção de calor do animal em jejum (PCJ) e efeito térmico do alimento (ETA). Kessler et al. (2004) citam que os gastos energéticos para manutenção representam cerca de 40 a 50 % da energia consumida, enquanto que os gastos associados à síntese de tecidos corporais correspondem entre 25 e 35 % da energia consumida, assim também, Lopez et al. (2007), citam que a energia acumulada como gordura corporal e proteína varia entre 38 e 40% do consumo de energia metabolizável.

Frangos de corte são animais que modificam sua eficiência de deposição de proteína e gordura conforme as modificações em sua alimentação e também em decorrência do próprio crescimento (Emmans, 1987). Desta maneira, a formulação de rações deve ser executada levando em consideração diversos fatores que podem vir a afetar e modificar a ingestão de alimentos, como a temperatura ambiente, atividade física, grau de empenamento (Longo et al., 2006), umidade, movimentação do ar e densidade de alojamento (Zhang e Coon, 1994).

## 2.7. Técnica de abate comparativo

A técnica de abate comparativo é um método clássico utilizado para estimar as mudanças na composição corporal de animais domésticos (Wolynetz & Sibbald, 1985). Ela foi descrita por Southgate (1930) e bastante utilizada por Fraps (1943) em bioensaios para determinar a energia produtiva ou EL (Sibbald, 1982). A metodologia do abate comparativo baseia-se no fato de que a composição corporal de um grupo de animais pode representar a população estudada. Assim, os nutrientes depositados ou removidos do corpo do animal são estimados por meio de abates representativos no início e no final do período experimental (Armsby, 1917; Sibbald, 1982). Os resultados são usados em conjunto com dados obtidos nas medidas de ganho de peso e ingestão de energia e, assim, é possível estimar os ganhos dos constituintes corporais durante o período de experimentação. Entretanto, Sakomura & Rostagno (2007) e Wolynetz & Sibbald (1985) destacam que este método tem sido criticado pelo fato dos animais amostrados e abatidos no início do experimento não representarem as aves do ensaio experimental e, que os animais do mesmo peso vivo podem ter composições diferentes. Por isso, a obtenção de amostras representativas e homogêneas faz-se essencial neste tipo de ensaio para que se reduzam os erros experimentais, assim como Just et al. (1982) afirma que este erro pode ser minimizado com a escolha de um delineamento experimental apropriado.

## 2.8. Efeito da temperatura na utilização da energia

As variáveis ambientais demonstram ter efeitos significativo tanto no consumo quanto no aproveitamento da energia da dieta. Segundo Sakomura et al. (2014) a temperatura ambiente pode ser considerada como o fator físico de maior efeito no desempenho de frangos de corte, já que exerce grande influência no consumo de ração.

Frangos de corte são animais homeotérmicos, com penas na cobertura corporal, que promovem certo isolamento térmico, porém, possuem ineficiente capacidade de troca térmica de calor latente com o ambiente. Além disto, tem baixa profundidade respiratória, o que faz com que seja necessário aumentar a frequência de respiração para a eliminação de calor. Esta respiração aumentada faz com que haja maior atrito entre músculos envolvidos na respiração, gerando desta forma mais calor ao corpo animal (Macari et al., 1994). Ainda, de acordo com Macari et al. (1994), para manter a homeotermia corporal, os frangos de corte produzem calor, no frio, ou dissipam calor, em ambiente quente. Esses

processos fisiológicos contam com a participação da musculatura esquelética, gerando, nestas ocasiões, uma modificação nas exigências de energia.

De acordo com Moura (2001), quando a temperatura ambiente está acima da zona termoneutra para frangos de corte, ocorre redução na atividade física dos mesmos, além de diminuição da produção interna de calor, e desta forma o calor metabólico é direcionado à superfície do corpo, na tentativa de liberar calor ao ambiente pelos processos de condução, convecção e radiação. Por outro lado, quando a temperatura ambiente está abaixo da temperatura limite de conforto, o crescimento das aves torna-se lento e a eficiência da conversão alimentar é reduzida (Silva & Sevegnani, 2001). No frio, o frango de corte procura manter a homeotermia aumentando a produção de calor interno e o tremor muscular e, reduzindo a perda de calor. Trabalhos têm evidenciado que é possível as aves aumentarem a produção de calor quando expostas ao frio, através do aumento da atividade da enzima citocromo oxidase, sendo esse efeito associado à musculatura vermelha (Macari et al. 1994).

Ainda, na situação de frio, Aires (2008), cita que ao aumentar a produção de calor e impedir sua perda, o organismo animal estará se precavendo de uma possível intervenção no funcionamento das reações enzimáticas que, por sua vez, requerem uma faixa de temperatura ótima para o seu melhor desempenho. Desta maneira, o sistema termorregulador promove um aumento na produção de adrenalina que resulta em mobilização de glicose pelo fígado e ácidos graxos pelo tecido gorduroso, necessários à contração muscular e liberação de hormônio tireotrófico pela hipófise para ativar a tireoide, cujos hormônios intensificam o metabolismo celular. Neste mesmo contexto, vários autores também relataram que a diminuição na taxa de crescimento, em ambientes de alta temperatura, é acompanhada de uma redução no tamanho da tireoide (Hoffmann & Shaffner, 1950; Joiner & Huston, 1957; Huston et al., 1962; Dale & Fuller, 1980).

A queda no consumo dos alimentos, induzida pelo calor, facilita o controle da homeotermia pelo animal, principalmente nas regiões quentes. Entretanto, ela normalmente representa, de forma indireta perda econômica para o produtor (Tinôco, 2001). A zona de termoneutralidade está relacionada a um ambiente térmico ideal, no qual as aves encontram condições perfeitas para expressar suas melhores características produtivas (Nazareno et al., 2009). É considerado confortável para frangos de corte na fase de produção (Tinôco, 2001; Furtado et al., 2003), um ambiente que se encontra com temperaturas entre 22 e 27 °C e umidade relativa entre 50 e 70 %.

O aumento da temperatura ambiente promove diminuição na ingestão de energia metabolizável e, conseqüentemente, na produção de calor, em razão do menor consumo de ração (Blaxter, 1989). Segundo Dale & Fuller (1980), os processos como ofegação e abertura das asas na tentativa de dissipar calor, requerem um gasto de energia extra, reduzindo assim a eficiência no uso do alimento. Desta mesma forma, Savory (1986), cita que o tamanho gastrintestinal fica reduzido em galinhas expostas ao calor, e observa também redução de peso do proventrículo e da moela em perus estressados pelo calor, indicando que a elevação da temperatura poderia causar uma possível redução na digestibilidade dos alimentos ingeridos. É relatado ainda que as atividades das enzimas digestivas pancreáticas tripsina, quimiotripsina e da amilase ficam reduzidas em

altas temperaturas (32 °C), caso que não é observado em ambiente frio (15 °C) (Hai et al., 2000). Outro fator negativo observado quando as aves são expostas a altas temperaturas (32 °C), é que o aumento significativo no consumo de água pode influenciar a absorção de nutrientes pelo aumento na taxa de passagem dos alimentos (Bonnet et al., 1997).

A diminuição do consumo de ração, que é uma das alternativas de ajuste fisiológico buscadas pelos próprios frangos para reduzir a produção de calor interno, acarreta no desvio dos nutrientes da produção para a manutenção, ou seja, ocorre diminuição da energia líquida, afetando diretamente o desempenho reprodutivo (Baêta & Souza, 2010). Os mesmos autores indicam ainda que o consumo de ração é reduzido em 1,72% para cada 1°C de variação na temperatura ambiente entre 18 a 32°C e em 5% quando a temperatura se situa entre 32 a 38°C. Bonnet et al. (1997) concluíram que a redução no ganho de peso em aves submetidas a estresse por calor foi de 50% em relação às aves mantidas em condições de termoneutralidade. Após duas semanas de exposição crônica ao calor, a ingestão de alimento diminuiu mais de 3% por cada aumento de um grau entre 22 e 32°C.

Na tentativa de diminuir a produção de calor proveniente da digestão de carboidratos (incremento calórico), os formuladores de ração geralmente trabalham com a inclusão de óleo vegetal nas rações, pois reduz os efeitos depressivos da temperatura sobre o seu desempenho, e desta forma, Leeson et al. (1996), observaram que frangos de corte que recebem ração com maior nível de energia ganharam mais peso e melhoram a conversão alimentar. Segundo Guyton et al. (2006), a maior parte da energia consumida é transformada em calor, desta forma é estimado que, em média cerca de 35% da energia dos alimentos são transformados em calor durante a formação de ATP. A seguir, uma quantidade ainda maior de energia transforma-se em calor quando o ATP é transferido para os sistemas funcionais das células. O mesmo autor explica ainda que, mesmo nas melhores condições, não mais do que 27% de toda a energia proveniente dos alimentos é finalmente utilizada pelos sistemas funcionais e, embora estes 27% da energia alcance os sistemas funcionais das células, quase toda essa quantidade transforma-se eventualmente em calor na síntese de proteínas e de outros elementos de crescimento do organismo. Pois quando as proteínas são sintetizadas, grandes quantidades de ATP são utilizadas para formar as ligações peptídicas, com o consequente armazenamento de energia nessas ligações. De acordo com Blaxter (1989), o efeito imediato dos nutrientes sobre a produção de calor devido aos custos metabólicos de transporte de nutrientes e/ou pela armazenagem intermediária antes da oxidação completa, assume valor médio de calor produzido de 84 kJ por mol de ATP formado.

Segundo Yahav and McMurtry (2001), frangos capazes de modular a concentração plasmática de T3 a um nível mais baixo, são mais capazes de reduzir a produção de calor em condições extremas de desafio térmico, pois este hormônio influencia no metabolismo e sobre o funcionamento de alguns órgãos. Desta forma, a concentração plasmática de T3 seria determinante de sua capacidade de termorregulação e, assim, quando frangos apresentam menor produção de calor em temperatura superior extrema, ou maior produção de calor

em temperatura inferior extrema, este pode ser considerado um indício de que está ocorrendo termorregulação. A concentração de T4 (que determina a atividade da glândula tireóide) no plasma, assim como a concentração de hormônio T3 e a temperatura corporal podem sugerir a efetividade da termorregulação e determinar o aumento e ou redução da atividade metabólica, sustentando uma hipótese de alteração no limiar da resposta ao calor (Yahav et al., 2004) e ao frio.

Neste sentido, a literatura trás argumentos sugestivos de que as condições do ambiente térmico de criação podem influenciar de forma significativa as exigências de manutenção dos frangos de corte jovens, sendo este fato determinante na deposição dos constituintes corporais. Isto sugere ainda que se a composição corporal for modificada, o seu desempenho zootécnico subsequente será comprometido.

### 3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

As hipóteses deste estudo são:

Pintos de corte de 1 a 7 dias de idade, criados em ambiente com temperaturas entre 28 a 30 °C que, geralmente são consideradas abaixo da zona de conforto térmico indicada pelos manuais comerciais (32 a 34 °C), não alteram as suas exigências em função da temperatura mais baixa, conseguindo assim obter o mesmo desempenho zootécnico quanto aqueles criados dentro das faixas comumente preconizadas;

Pintos de corte de 8 a 14 dias de idade, criados em ambiente com temperaturas entre 26 a 28 °C que, geralmente são consideradas abaixo da zona de conforto térmico indicada pelos manuais comerciais (29 a 32 °C), não alteram as suas exigências em função da temperatura mais baixa, conseguindo assim obter o mesmo desempenho zootécnico quanto aqueles criados dentro das faixas comumente preconizadas;

O estresse térmico provocado por variáveis ambientais, em pintos de corte de idades iniciais, influencia o consumo de ração (ingestão de energia metabolizável, bem como a eficiência de seu uso) que, por sua vez, afeta a retenção dos constituintes corporais (energia bruta, proteína bruta, extrato etéreo) e, as exigências de energia metabolizável de manutenção;

A temperatura e o ITU do ambiente de criação influenciam a resposta dos modelos de predição de desempenho, de ingestão de EM, de retenção de constituintes corporais e, de exigências de energia para a manutenção, de frangos de corte em idades iniciais.

Neste sentido, o objetivo geral foi avaliar o efeito do ambiente térmico de criação, sobre as alterações provocadas nas retenções dos constituintes corporais e nas partições da energia metabolizável ingerida, bem como, a influência destas nas as exigências de manutenção e no desempenho de pintos de corte de idades pré-inicial e inicial.

Os objetivos específicos foram:

1. Avaliar o desempenho zootécnico de frangos de corte, nas idades pré-inicial (1 a 7), inicial (8 a 14 dias) e final, criados em diferentes temperaturas e ITU do ambiente;
2. Avaliar a retenção de energia bruta, proteína bruta e, extrato etéreo corporais, assim como, a exigência de energia metabolizável para manutenção e, a eficiência de utilização da energia metabolizável ingerida em cada uma das partições da energia no organismo destes frangos em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação;
3. Elaborar equações de predição de desempenho inicial e final, e da partição da energia nas idades iniciais, de frangos de corte em função das variáveis ambientais no ambiente de criação.

## **CAPÍTULO II**

### **Efeito da temperatura ambiente sobre as partições da energia metabolizável em frangos de corte na fase pré-inicial**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas de publicação da **Poultry Science**.

**Efeito da temperatura ambiente sobre as partições da energia metabolizável em frangos de corte na fase pré-inicial**

Effect of environmental temperature on ME partitions of post-hatching broiler chickens

R. Borille<sup>1\*</sup>, G. D. Lovato\*, F. R. Marx\*, G. Farina<sup>†</sup>, and A. M. Kessler\*

*\*Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Avenida Bento Gonçalves, 7712. Cep: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. borille.r@hotmail.com.*

*†Departamento de Zootecnia do Instituto Federal de Educação - IFE, Campi Vacaria, RS, Brasil.*

---

<sup>1</sup>Corresponding author: borille.r@hotmail.com



## RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da temperatura e do índice de temperatura e umidade (ITU) do ambiente, sobre as alterações provocadas nas nas partições da energia metabolizável ingerida, influência sobre as exigências de manutenção, bem como no desempenho de pintos de corte de 1 a 7 dias de vida. Foram adquiridos 310 frangos (Cobb500<sup>®</sup>), onde 300 foram alojados em 30 boxes, sendo que cada box recebeu uma temperatura diferente durante 7 dias. Os 10 pintos restantes foram abatidos e congelados como referência. Utilizando a técnica de abate comparativo, foram realizadas medições de retenção de energia no período para estimar a partição da energia metabolizável ingerida, eficiência de utilização e determinação da exigência de manutenção em função das médias de temperatura e do ITU de cada box. O consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA) e o ganho médio diário (GMD) também foram avaliados. Com base nos resultados estimados neste estudo, foi possível verificar a média de temperatura de 28,3 °C proporcionou os melhores índices de desempenho. A EMm apresentou menor gasto energético em 30,8 °C, sendo estimada em 163,7 kcal/kg PV<sup>0,75</sup>/dia. Já, a média de temperatura em que as maiores proporções da EMI foram destinadas para as retenções de energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e gordura bruta (EE) foi 29,3 °C. A proporção de PB que compõe a energia bruta retida (EBr) se comportou de maneira linear decrescente, e a proporção de EE que compõe a EBr de forma linear crescente, em função do aumento da temperatura e do ITU do ambiente. Concluiu-se que o metabolismo energético dos frangos de 1 a 7 dias de idade é regulado em função da condição térmica do ambiente de criação e influenciando no seu desempenho.

**Palavras-chave:** manutenção, produção de calor, energia retida, ganho de peso

## INTRODUÇÃO

É muito comum encontrar informações que indicam aos produtores de frangos de corte que os pintinhos de 1 dia de idade necessitam de temperatura ambiente entre 32 e 35 °C e, que esta é considerada como a faixa de termoneutralidade, apesar de sua temperatura corporal dos animais, estar ao redor de 39 a 40 °C nesta fase. O alojamento em ambiente termoneutro favorece a melhor absorção do saco vitelínico e aumenta a ingestão precoce de ração, que são processos considerados fundamentais para melhorar o desempenho também nas fases subsequentes destes animais. No entanto, Furlan (2006) define que, a zona de conforto térmico somente é atingida quando a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com menor gasto energético.

Nos primeiros 7 dias de vida, alguns cuidados são necessários em relação ao ambiente de criação, pois se a temperatura deste ambiente estiver muito abaixo do limite suportado, a temperatura corporal interna tenderá a cair também, resultando em aglomeração, diminuição do consumo de ração e menor crescimento. A alta temperatura, por outro lado, provoca o conhecido estresse por calor, que causa redução do crescimento em maior proporção do que a ingestão de ração, afetando negativamente a conversão alimentar e, por consequência, diminuição do desempenho (Geraert et al., 1996; Baziz et al., 1996; Leeson et al., 2000).

Segundo Sakomura et al. (2014), a temperatura ambiente é considerada como o fator ambiental que mais influencia na produção de calor e na energia metabolizável de manutenção das aves. Tanto a exigência de manutenção como a energia gasta na regulação da temperatura corporal, em resposta a variação na temperatura do ambiente, são denominadas como produção de calor na nutrição de aves. Assim, quando as temperaturas do ambiente estão elevadas a influência se dá principalmente na manutenção da

homeotermia, comprometendo o desempenho devido a ineficiência destes animais em eliminar o calor corporal (Donkoh and Atuahene, 1988). Por outro lado, as baixas temperaturas ambientais farão com que a ave destine parte da energia ingerida para geração de calor, o que levará também a uma redução de produtividade. Há relatos de que a temperatura ambiente também modifica a retenção de energia, proteína e gordura corporal nos frangos (De Oliveira et al., 2006). Porém, são encontrados poucos estudos que estimam a partição da energia, bem como a eficiência de utilização da mesma em pintos de corte com até uma semana de vida em função de variáveis ambientais.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da temperatura e do índice de temperatura e umidade (ITU) do ambiente de criação, sobre as retenções dos constituintes corporais e partições da energia metabolizável ingerida, bem como, a influência destas nas exigências de manutenção e no desempenho de pintos de corte de 1 a 7 dias de idade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Caracterização das instalações***

O experimento foi realizado em uma instalação experimental de produção de frangos de corte. Foram adquiridos em incubatório comercial (Cooperativa Languiru – Teutônia-RS, Brasil) 310 frangos de corte (linhagem Cobb 500<sup>®</sup>, desempenho superior), machos, de um dia de idade, e alojados em 30 boxes (1 x 1 x 1 metros para comprimento, largura e altura, respectivamente), com densidade de 10 aves/m<sup>2</sup>. A cama dos boxes era composta de maravalha de madeira (pínus) com 10 cm de altura, e a iluminação da sala era feita por lâmpadas fluorescentes do tipo PL23 de 30W, sendo a mesma fornecida e distribuída constantemente (24 horas por dia) para todos os boxes. Os bebedouros eram do tipo níppe, e os comedouros no formato tubular manual com pratos adaptados de comedouros do tipo automático.

A sala experimental foi equipada com aquecedores a gás para gerar calor próximo a temperatura de 36 °C em uma extremidade e, na outra extremidade, com aparelho de ar condicionado (45.000 BTUs) para gerar frio em temperatura próxima a 21 °C.

#### ***Pontos de observação e variáveis do ambiente térmico***

Esta formação permitiu gerar uma amplitude térmica que variou de 21 °C (box representando o ponto de menor média de temperatura, com 69 % de umidade relativa do ar) até 34,5 °C (box representando o ponto de maior média de temperatura, com 39 % de umidade relativa do ar). Assim, ficaram distribuídas pela sala experimental diferentes temperaturas, de modo que cada box recebeu uma condição ambiental diferente dos demais, denominado ponto de observação. A partir dos dados de temperatura e umidade coletados em cada um dos boxes, foi calculada a média dos índices de temperatura e umidade - ITU – para cada um destes boxes, de acordo com a equação determinada por Buffington et al. (1982):  $ITU = 0,8 Tbs + UR (Tbs - 14,3) / 100 + 46,3$  em que ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional; Tbs = temperatura de bulbo seco, °C; UR = umidade relativa do ar, % O ITU foi classificado, segundo a recomendação de Abreu e Abreu (2001), como situação de conforto para a primeira semana valores variando entre 72,4 e 80. As variáveis do ambiente termico (temperatura e umidade) foram coletadas a cada duas horas em cada um dos boxes, durante todos os 7 dias de duração do experimento, e do mesmo modo foi estimado o ITU. Posteriormente estes dados foram utilizados para calcular as médias de temperatura e de ITU para os 7 dias de observação para cada um dos boxes, para serem utilizadas como variável independente nas análises estatísticas.

#### ***Alimentação***

Todos os pintos receberam a mesma ração e água a vontade durante todo o período. A ração foi formulada levando em consideração as exigências nutricionais para pintos de corte em fase pré-inicial (1-7d) de acordo com as recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011) conforme Tabela 1.

A partir do segundo dia de criação, cinco boxes foram sorteados aleatoriamente para a análise da estimativa de metabolizabilidade da energia consumida. Para isto foram adicionados 0,14 % de óxido crômico por kg de ração fornecida, sendo determinada a média de energia metabolizável aparente (EMA) da ração ingerida através da recuperação deste óxido crômico nas excretas que, foram coletas duas vezes ao dia (durante 5 dias) nos respectivos boxes conforme metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007). Esta avaliação EMA resultou no valor de 3180,20 kcal/kg de ração, e foi utilizada nos cálculos de partição da EM.

#### ***Avaliação de desempenho***

Durante os 7 dias de criação foram realizadas mensurações de desempenho zootécnico. O consumo de ração foi aferido por meio da pesagem das sobras dos comedouros entre o primeiro e o sétimo dia de criação, e expresso como consumo (g) por ave por dia; o ganho de peso foi aferido nos mesmos dias do consumo de ração, obtendo-se o peso total de cada box e calculado como ganho médio diário (g/ave/dia).

#### ***Técnica de abate comparativo***

A técnica de abate comparativo foi realizada segundo metodologia descrita por Fuller et al. (1983) e MacLeod (1991), procedendo-se da seguinte forma: No primeiro dia, dez pintos foram insensibilizados e abatidos por deslocamento cervical e congelados integralmente, para posteriores análises. Ao final dos sete dias do experimento, cinco aves de cada box foram insensibilizadas (eletroanestesiadas) e abatidas por deslocamento cervical,

pesadas e acondicionadas em sacos plásticos e, congeladas integralmente. No dia seguinte, juntamente com as aves abatidas no primeiro dia, as carcaças congeladas foram serradas em pedaços em serra fita e moídas integralmente em moinho industrial de carne, formando uma pasta integral e homogênea, da qual foi retirada uma amostra representativa a ser encaminhada para o laboratório para a realização das análises bromatológicas. Deste procedimento foram obtidos os laudos de matéria seca (MS, %), energia bruta (EB, kcal/kg de MS), proteína bruta (PB, %/kg de MS), extrato etéreo (EE, %/kg de MS).

#### ***Determinação da energia retida, produção de calor e EMM***

A partir dos laudos laboratoriais (teores de MS, EB, PB e EE) utilizou-se a metodologia para determinação da energia retida por período, proposta por Wolynetz and Sibbald (1987), Longo et al. (2006) e, Sakomura and Rostagno (2007), tomando-se como premissas básicas as equações propostas de energia bruta retida ( $EBr = EBr_{final} - EBr_{inicial}$ ), produção de calor ( $PC = EMI - EBr$ ), incremento de calor de produção ( $IC_{produção} = EBrPB / (1 - 0,66) + EBrEE / (1 - 0,86)$ ), energia metabolizável de manutenção ( $EMm = EMI - EBr - ICp$ ) e, deste modo, estimou-se as seguintes variáveis: extrato etéreo retido ( $EEr = g/ave/dia$ ); proteína bruta retida ( $PBr = g/ave/dia$ ), energia bruta corporal retida ( $EBr = kcal/ave/dia$ , e por peso metabólico = kcal/kg  $PV^{0,75}/dia$ ), energia metabolizável ingerida ( $EMI = kcal/ave/dia$  e por peso metabólico = kcal/kg  $PV^{0,75}/dia$ ), produção de calor ( $PC = kcal/ave/dia$  e por peso metabólico = kcal/kg  $PV^{0,75}/dia$ ), incremento de calor de produção (kcal/ave/dia), energia metabolizável de manutenção ( $EMm = kcal/ave/dia$  e por peso metabólico = kcal/kg  $PV^{0,75}/dia$ ), percentual de EMI utilizado como EMm (%EMI em EMm), percentual de EMI utilizado como PC (%EMI em PC), percentual de EMI retida como EB na composição corporal (%EMI em

EBr), percentual de EMI retida como EE corporal (%EMI em EE), percentual de EMI retida como PB corporal (%EMI em PB), percentual de ER como PB (%ER como PB) e, percentual de ER como EE (%ER como EE). Para calcular a energia retida como gordura bruta foi considerado 9,37 kcal/g de gordura corporal e, para energia retida como proteína corporal foi considerado 5,66 kcal/g de proteína (Sakomura et al. 2004; Longo, 2000). Para as eficiências parciais de retenção dos constituintes corporais foram utilizados os valores de  $k_p = 0,66$  (para proteína) e  $k_g = 0,86$  (para gordura) conforme sugerido por Boekholt et al. (1994).

### *Análises estatísticas*

As equações de predição foram determinadas por análise de regressão utilizando-se o software estatístico Minitab 17<sup>®</sup>, onde a média semanal da temperatura e do ITU de cada box foi considerada como variável independente, e as variáveis de desempenho, de retenção e partição da energia e, ainda, de percentual de utilização da EMI e de ER, foram consideradas como dependentes. Foram testados os modelos de regressão linear e ou quadráticos e, considerados significativos aqueles que apresentaram valor de  $P < 0,05$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A utilização desta metodologia permitiu a avaliação de resultados que foram considerados satisfatórios em resposta aos objetivos propostos, demonstrando ser útil para avaliações práticas com diferentes condições ambientais em período simultâneo.

### *Avaliações de desempenho.*

Os resultados das avaliações de desempenho (CR, CA, e GMD) são apresentados na Tabela 2. A elevação da temperatura do ambiente e consequente aumento nos níveis de ITU causaram efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) sobre as variáveis de desempenho avaliadas

(CA, CR e GMD). O efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) apresentado pela variável de consumo médio de ração (g/ave/dia) em função das variáveis ambientais representa maior média de consumo de ração (19,6 g/ave/dia) em 27,4 °C de temperatura e ITU próximo a 75,4. As equações em modelo quadrático demonstram o ajuste realizado pelos pintos sobre o comportamento alimentar para controlar a produção de calor metabólico. Pelas equações estima-se que em 21 °C o consumo sofre uma redução de 11,5 % e, em 35,4 °C de temperatura a redução chega a 17,6 %.

O comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ) em função da temperatura e do ITU, aparece também para a variável de ganho médio diário (GMD, g/ave/dia) e apresenta os maiores valores (16,1 g/ave/dia, que totalizam peso médio de 155,5 g/ave no período) em temperatura de 28,4 °C (ITU próximo a 76,6 considerado dentro da zona de conforto para a primeira semana de acordo com a literatura). Se a temperatura baixar para 21 °C estima-se que o GMD sofra uma diminuição de 24,8 % em relação ao ponto máximo, assim também ocorre para a temperatura mais alta deste estudo, onde, atingindo-se 35,4 °C o GMD reduz em 21,4 %.

Já a conversão alimentar, seguindo a mesma tendência ( $P < 0,01$ ), apresentou melhor eficiência na conversão da ração ingerida em ganho de peso (g/g, 1,21:1) no ponto de 29,2 °C de temperatura com ITU de aproximadamente 77,2. É possível estimar que, diminuindo a temperatura ambiente para 21 °C a CA piora em 13,7 % (1,38:1), porém, a temperatura de 35,4 °C causaria uma piora na conversão de apenas 7,7 % (1,30:1), quando comparados com o ponto de melhor conversão.

O manual de desempenho da linhagem (Cobb500® 2014) utilizada preconiza um consumo de ração 17,6 % maior do que a estimativa das equações e o peso médio assim como o ganho de peso preconizados também são, respectivamente, 16,3 % e 21,7 %



maiores do que os dados observados nesta pesquisa. A temperatura de conforto indicada no manual é entre 33 e 34 °C (e umidade relativa entre 30 e 50%) para o dia do alojamento, decaindo para entre 30 e 31 °C (e umidade relativa entre 40 e 60%) no sétimo dia (deduzindo-se temperatura média na primeira semana entre 32,5 °C e 31,5 °C, conforme este manual).

O peso médio observado na atual pesquisa, entretanto, é muito semelhante ao preconizado no NRC (1994), que indica 152 g/ave, assim como o consumo de 135 g/ave/semana de ração. May and Lot (2000) ao testarem temperaturas de 28 a 32 °C nos primeiros sete dias de vida de frangos, não observaram diferenças entre as temperaturas para a conversão alimentar (apresentando média de 1,25:1 g/g) e para o ganho de peso (média de 110 g/ave), sugerindo desta forma que o desempenho, na faixa entre 28 e 32 °C, foi muito semelhante aos resultados estimados por este trabalho. Assim também, utilizando frangos da linhagem Ross, Deaton et al. (1996) determinaram tratamentos com temperaturas variando de 26,7 a 35 °C na primeira semana, 24,4 a 32,2 °C na segunda semana e, 21,1 a 29,4 °C na terceira semana de vida, e constataram piora no ganho de peso e na conversão alimentar, ao final da terceira semana, somente para o tratamento que utilizou 26,7 °C na primeira semana. Os mesmos autores observaram melhor conversão alimentar nas aves que estavam em 29,4 °C na primeira, semelhantemente aos resultados estimados na atual pesquisa.

Em estudo com pintos de 1 a 7 dias de idade, Silva et al. (2009) verificaram que até 4 °C abaixo da temperatura de conforto preconizado o desempenho não é afetado, porém, em alta temperatura foi significativamente prejudicado. Kerhavarz and Fuller (1980) estudando a variação de temperatura verificaram que o ganho de peso corporal foi menor para aves mantidas em temperatura quente e, também, Geraert et al. (1996), Baziz et al.

(1996), Leeson et al. (2000) e, Hurwitz et al. (1980) citam que no estresse por calor, os frangos de corte reduzem seu crescimento em maior proporção que o consumo de ração, piorando a conversão alimentar e o desempenho.

Dentro dos efeitos estudados, é bastante conhecido que a alta temperatura e a baixa umidade do ar (que caracterizam também um valor alto de ITU) causam diminuição do consumo de ração (Baêta and Souza, 2010; Tinôco, 2001; Furlan, 2006; Koh and MacLeod, 1999; Cobb, 2014), pois são uma medida adotada pelo animal na tentativa de diminuir a produção de calor interno, para manter a temperatura corporal dentro da faixa de funcionamento do organismo, a qual favorece a execução de todos os processos fisiológicos (Cassuce, 2011; Tinôco, 2001). Por outro lado, a baixa temperatura geralmente é relatada como favorável ao aumento do consumo de ração, pois o aumento no consumo é dado pela tentativa de gerar calor interno, proveniente do metabolismo, para manutenção da temperatura corporal em limite fisiológico considerado ótimo (Cassuce, 2011). Este fato, porém, prejudica a conversão alimentar (Cassuce, 2011; Tinôco, 2001), pois, a quantidade de energia metabolizável ingerida que é destinada para a manutenção também pode ser influenciada e prejudicar a composição do ganho de peso (Sakomura et al., 2014). Os níveis de temperatura e de ITU mais baixos (situação de frio) provocaram diminuição do consumo, ganho de peso, e conversão alimentar, e as causas podem estar relacionadas ao comportamento apresentado pelos pintos. Foi observado, assim como mencionado por Furlan (2006) e Medeiros (2001), que em temperatura próxima aos 21 °C, os pintos permaneciam amontoados por muito tempo, abstando-se da procura por alimento, buscando a manutenção do calor corporal pela aglomeração, porém isto não fez parte dos objetivos deste estudo.

Neste sentido, as avaliações dos índices de desempenho até aqui descritos sugerem que a faixa de temperatura que favoreceu a melhor conversão alimentar em ganho de peso está situada próximo a 28,4 e 29,2 °C de temperatura (com ITU correspondente entre 76 e 77 caracterizado dentro da zona de conforto térmico segundo Abreu e Abreu (2001), que determinaram para esta idade ITU entre 72,4 e 80) para frangos de 1 a 7 dias de vida, sendo relativamente abaixo do nível de temperatura recomendado.

#### ***Variáveis de retenção dos constituintes corporais***

Os resultados das avaliações de retenção dos constituintes corporais em função do aumento da temperatura e do ITU do ambiente, são demonstrados na Tabela 3.

Seguindo a mesma tendência observada nas variáveis de desempenho, o efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) aparece também nas avaliações da retenção dos constituintes corporais em função da variação da temperatura e do ITU. Esta avaliação de EBr (kcal/ave/dia, e em kcal/PV<sup>0,75</sup>/dia), PBr (g/ave/dia) e, EEr (g/ave/dia) estimam que a maior deposição tecidual ocorre entre 28,5 e 29,5 °C de temperatura (com ITU próximo a 76 e 77, respectivamente, caracterizado dentro dos limites de termoneutralidade segundo Abreu e Abreu (2001)), sendo o pico da retenção de energia bruta em 28,9 °C com 24,9 kcal/ave/dia (28,8 °C com 142 kcal/kg PV<sup>0,75</sup>/dia), o pico da retenção de proteína bruta (2,33 g/ave/dia) em 28,5 °C e da retenção de extrato etéreo (1,16 g/ave/dia) em 29,5 °C.

A composição da dieta e a ingestão de nutrientes afeta a retenção de energia como proteína e como gordura (Sakomura et al., 2004a) e, deste modo, o comportamento quadrático destas variáveis, remete a existência de pontos de máxima retenção conforme a integridade fisiológica do animal, de acordo com determinadas situações térmicas do ambiente, o que está fortemente relacionado com a ingestão de alimento, seguido da quantidade de energia que é exigida na manutenção. De fato, é esperado que, onde ocorre

menor ganho de peso (situação observada no frio e no calor), também ocorra uma menor deposição tecidual em virtude dos ajustes energéticos realizados pelo organismo para lidar com a manutenção da temperatura corporal.

A grande maioria dos modelos de simulação do metabolismo consideram que a exigência de manutenção é a primeira a ser atendida, seguida pela proteína e gordura. Desta forma, a deposição tecidual somente ocorrerá se existirem nutrientes disponíveis para prover o crescimento, depois de atendidas as necessidades de manutenção (Sakomura, 2004b). Não havendo nutrientes disponíveis para a manutenção ocorre, então, o catabolismo dos tecidos corporais para suprir esta exigência (Pomar et al., 1991). Van Milgen and Noblet (2003) citam que a deposição proteica é dependente de aminoácidos disponíveis, mas também de uma certa quantidade de energia disponível. Deste modo é possível aumentar a deposição proteica linearmente até um ponto onde outros fatores começam a limitar esta deposição, conforme foi observado por Sakomura et al. (2005), que encontraram um melhor equilíbrio na eficiência de utilização da energia para a deposição de proteína e gordura, com um nível intermediário de EM nas rações avaliadas. Os mesmos autores verificaram também que, um nível mais elevado de energia disponível acarreta em maior retenção de gordura na carcaça, o que é indesejável ao mercado. Contudo, observa-se que boa parte do efeito quadrático das variáveis de retenção acompanham o efeito do consumo de ração. Neste sentido, Kessler et al. (2000) propõem que a maior ou menor disponibilidade de nutrientes para as aves proporcionava diferenças nas taxas de lipogênese, resultando em mudança na composição de ganho em gordura e em proteína.

Em relação ao ponto de máxima retenção (29,5 °C), estimou-se que a deposição do EE corporal foi 37,2 % menor em 21 °C e 17,8 % menor em 35,4 °C de temperatura. Fazendo

a mesma comparação, a deposição de PB na composição corporal é 29,9 % menor em 21 °C e 24,7 % menor em 35,4 °C de temperatura. Assim, é possível observar que o frio tende a afetar mais a deposição de gordura e, o calor tende a afetar mais a deposição de tecido proteico. Estes fatos tornam evidentes os ajustes feitos pelo organismo em cada situação de estresse térmico (frio e calor) e, podem estar atrelados a diferentes fatores.

Boekholt et al. (1994) sugeriram que a deposição proteica possui em torno de 66 % de eficiência energética, e a gordura 86 % de eficiência na retenção corporal. Assim, em ambiente quente a preferência seria dada para a deposição de gordura que é mais eficiente energeticamente e, em ambiente frio a deposição de proteína contribuiria para o aquecimento corporal utilizando o calor do metabolismo, conforme também foi sugerido por Close (1990) e MacLeod et al. (1988).

Observou-se também que, valores baixos de temperatura e ITU implicaram em menor deposição de gordura, sugerindo que ocorreu um melhor equilíbrio entre a quantidade de energia e proteína consumida (Sakomura et al., 2005), pela maior demanda energética na exigência de manutenção, beneficiando a deposição proteica. Porém, vários autores relatam que a taxa de crescimento, em ambientes fora da zona de conforto, é acompanhada pelo tamanho da tireóide (Hoffmann and Shaffner, 1950; Joiner and Huston, 1957; Huston et al., 1962; Dale and Fuller, 1980), que é influencia no controle hormonal do crescimento.

#### ***Variáveis de composição da EMm***

Na Tabela 4 são apresentadas as variáveis de composição da energia metabolizável de manutenção em função do aumento da temperatura e do ITU do ambiente, assim também pode ser observado na Figura 1, a partição da energia metabolizável ingerida em uma representação gráfica em função do aumento da temperatura ambiente.

A análise da estimada a ingestão de energia metabolizável (EMI, kcal/ave/dia) demonstrou que a mesma se ajustou de maneira quadrática ( $P < 0,01$ ) quando relacionada com a temperatura e com o ITU do ambiente de criação. O consumo com base no peso metabólico (EMI, kcal/PV<sup>0,75</sup>/dia) não foi significativamente afetado ( $P > 0,05$ ) pela temperatura e ITU, consequência do menor consumo que é associado ao menor peso vivo dos animais, uma vez que é expresso por kg de peso metabólico. A maior ingestão de energia metabolizável foi estimada em 27,6 °C (ITU próximo a 75), com consumo médio de 62,6 kcal/ave/dia. Segundo Gates (1995), para frangos de corte valores de ITU menores que 74 configuram conforto termico, e entre 74 e 79 representariam situações de alerta e perigo para a produção, porém este comparativo seria ideal para frangos de maior idade, deste modo, segundo a classificação de Abreu e Abreu (2001) para a primeira semana de vida o ITU ideal estaria situado entre 72,4 e 80 corroborando com os resultados estimados. Para temperatura, os resultados indicam que na situação mais fria (21 °C) ocorre uma redução da ingestão de energia metabolizável de 11,5% em relação a temperatura de maior consumo, assim como ocorreu em temperatura mais alta (35,4 °C), quando a redução na ingestão de energia chega à 17,6%. O valor de maior consumo é muito semelhante à recomendação do NRC (1994), que indica para idade de 1 a 7, consumo de energia metabolizável de 432 kcal/ave/semana (61,71 kcal/ave/dia).

Conforme indicado por Lopez e Leeson (2005), o consumo de energia metabolizável é bastante debatido na literatura por influenciar a composição corporal (Buyse et al., 1998; Morris, 2004) e também o desempenho de frangos em crescimento (Leeson et al., 1996a,b), porém, muito pouco é comentado sobre a utilização desta energia ingerida. Segundo Blaxter (1989), diferenças nas ingestões de alimento provocam reflexos na

produção de calor pelo animal, sendo que o aumento no consumo de alimento acarreta incremento na produção de calor pela maior combustão da dieta.

A produção de calor (kcal/ave/dia), demonstrou melhor ajuste ( $P < 0,05$ ) em modelo linear decrescente, assim como aconteceu em sua expressão por unidade metabólica (kcal/PV<sup>0,75</sup>/dia;  $P < 0,01$ ) quando relacionada em função da temperatura e do ITU do ambiente. Neste sentido, os resultados das estimativas possibilitam prever que, em ambiente mais quente (35,4 °C com ITU acima do recomendado: 83,2) ocorreu uma diminuição de 13,54 % na produção de calor (kcal/PV<sup>0,75</sup>/dia) em relação a situação de frio (21 °C). Esta redução é de 11,06%, nas mesmas situações, quando expresso em kcal/ave/dia.

De acordo com Moura (2001), quando a temperatura ambiente está acima da zona termoneutra para frangos de corte, ocorre diminuição da produção interna de calor, e desta forma o calor metabólico é direcionado à superfície do corpo, na tentativa de liberar calor ao ambiente pelos processos de condução, convecção e radiação. Por outro lado, quando a temperatura ambiente encontra-se abaixo da temperatura limite de conforto, o crescimento das aves torna-se lento e a eficiência da conversão alimentar é reduzida (Silva and Sevegnani, 2001). Em condições termoneutras a PC representa o calor associado com a utilização da EM ingerida para manutenção (EMm) e para os processos produtivos (Fuller et al., 1983; Noblet et al., 2003).

O incremento de calor de produção é o calor utilizado para a deposição de proteína e gordura no organismo animal, levando em consideração a eficiência energética de deposição de cada tecido. Desta forma, a variável de incremento de calor de produção apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ) e, seu maior índice é observado na temperatura de 28,7 °C (ITU próximo a 76), chegando a 9,05 kcal/ave/dia. Nestas

condições é possível estimar, pelas equações, reduções no incremento de calor de produção que atingem 31,6 % quando as aves são expostas a temperatura de 21 °C, e 22,8 % em temperatura de 35,4 °C, determinando que, em relação ao ponto de maior incremento de calor de produção (28,7 °C), temperaturas mais altas do ambiente resultam em menores perdas de deposição tecidual. Deve ser salientado que o ICprodução foi calculado usando coeficientes fixos de eficiência de retenção da proteína e gordura, sendo assim, consequência das retenções destes componentes, por sua vez afetados pelo consumo alimentar. Estas perdas podem ser justificadas pelo equilíbrio entre a produção e a dissipação do seu calor para o ambiente, assim, em ambientes de alta temperatura, a redução no consumo de ração aconteceria em virtude da diminuição do incremento calórico do metabolismo alimentar e, causando também diminuição no desempenho (Macari et al., 2002; Ribeiro et al., 2008; Oba et al., 2012).

A energia metabolizável de manutenção por ave (kcal/dia) apresentou efeito linear decrescente ( $P < 0,01$ ) em função do aumento da temperatura e do ITU, acompanhando o efeito observado na produção de calor. Estes resultados passam a demonstrar comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ) quando avaliados na sua unidade metabólica (kcal/kg PV<sup>0,75</sup>/dia). Dagher (1995) explica que as exigências de energia para manutenção diminuem com o aumento da temperatura, e assim a ingestão de alimentos para satisfazer as necessidades energéticas também diminuiria, corroborando com as estimativas de EMm observadas neste estudo, que tendem a ser menores em temperaturas mais altas. Por outro lado, Lopez e Leeson (2008) citam que as estimativas para as necessidades de manutenção são muito influenciadas pelo método de cálculo de EMm e, por conseguinte, tais escolhas influenciam o cálculo do particionamento de energia entre manutenção e crescimento, em termos de deposição de gordura e proteína. Ao subestimar as exigências



para manutença, as estimativas de eficiência de ganho também seriam afetadas e, assim, uma menor exigência de manutença resultaria em uma maior energia disponível para produção (Lopez e Leeson, 2008).

A maior exigência de EMm (kcal/ave/dia) é observada em situação de frio (21 °C), onde é estimado 31,98 kcal/ave/dia e, a menor em situação de calor (35,4 °C) é estimada em 26,74 kcal para este modelo linear. Estes valores totalizam uma média de 29,36 kcal/ave/dia de EMm. Lopez e Leeson (2005) estimaram as exigências para frangos de corte aos 7 dias de idade, posteriormente Lopez et al. (2007) citaram estes mesmos valores de exigência de EMm acumulada aos 7 dias de idade de 230 kcal/ave, que representaria uma média 32,8 kcal/ave/dia para esta idade. Este valor estaria 2,5 % e, 18,4 % acima da menor (21 °C) e da maior (35,4 °C) exigência estimada no atual estudo. Esta discrepância, entretanto, está relacionada a estimativa de exigência de manutença utilizada pelos autores que é baseada no peso metabólico elevado ao expoente 0,60, considerada 8 % maior do que a exigência com expoente comumente utilizado de 0,75. A diferença entre a média da exigência estimada no atual estudo (29,36 kcal/ave/dia) é muito próxima da média das estimativas destes autores (32,8 kcal/ave/dia), sendo de apenas 10,4 %.

A expressão da EMm em unidade metabólica, entretanto, apresenta em 30,8 °C (com ITU próximo à média recomendada por Abreu e Abreu (2001) chegando a 77) a menor estimativa de exigência (ponto de mínima), sendo esta de 163,7 kcal/kg PV<sup>0,75</sup>/dia. Lopez e Leeson (2005) determinaram EMm de frangos de corte em 143 kcal/kgde PV<sup>0,75</sup>, e avaliaram que este valor seria aproximadamente 8% inferior a estimativa de 155 kcal/kg de PV<sup>0,60</sup>/dia determinada no mesmo estudo por estes autores. Carré e Juin (2015) determinaram que a exigência de EMm de 3 a 5 semanas foi de 0,683 MJ/kg PV<sup>0,70</sup>/dia (163,2 kcal/kg PV<sup>0,70</sup>/dia). Longo et al. (2006) estudaram o efeito da temperatura

ambiente sobre a exigência de energia metabolizável para manutenção, e desenvolveram uma equação para determinar a EMm em frangos de 1 a 21 dias de idade:  $EMm \text{ (kcal/kg}^{0,75}\text{/dia)} = 300,14 - 14,607 * T + 0,2876 * T^2$ . Para fins de comparação, utilizando os mesmos 30,8 °C observados (menor exigência de manutenção no atual estudo) como temperatura na equação de Longo et al. (2006), obtem-se o valor de 123 kcal/kg  $PV^{0,75}$ /dia. Este valor é 24,8 % menor do que a estimativa de EMm observada, e pode justificar a importância de se modelar as exigências de EMm para cada idade específica em função das variantes ambientais.

A exigência de manutenção observada sofre um aumento de 24,7% em 21 °C onde atinge o montante de 204,31 kcal/kg  $PV^{0,75}$ /dia e, em 35,4 °C a exigência atinge 172,53 kcal/kg  $PV^{0,75}$ /dia, representando aumento de apenas 5,3 %, em relação ao ponto de menor exigência. Percebe-se, neste comportamento quadrático da EMm em unidade metabólica que, embora ambas extremidades da temperatura avaliada tenham aumentado as exigências, a situação de frio provocou um maior aumento em relação ao calor, demonstrando que os processos físicos e metabólicos envolvidos no aumento da temperatura corporal são mais onerosos, conforme já havia previsto Daghir (1995). Estas estimativas sugerem que o metabolismo da ave muda conforme for a temperatura de criação para manter o controle homeostático celular e as reservas corporais, este comportamento pode interferir sobre o consumo alimentar e nos gastos de energia do organismo numa tentativa de manter o peso corporal.

#### ***Avaliação das partições da EMI e da ER em índices percentuais***

As avaliações dos percentuais da EMI particionados como EMm, PC, EBr, EEr e PBr, e dos percentuais de EB particionados como EE e como PB, em função da temperatura e do ITU do ambiente, estão apresentados na Tabela 5.

A EM para manutenção é correspondente, em grande parte, da produção de calor. Neste sentido observa-se que ela acompanhou o efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) da partição da EMI em PC, a seguir, e apresentou valor mínimo de 45,44 % de utilização da EMI em 29,2 °C (com ITU aproximado de 77,2). Este valor mínimo estimado pelos modelos está de acordo com Lopez and Leeson (2008 b), que estimaram utilização de 42 a 44 % da EMI como EMm e, com Kessler et al. (2004) que indicaram que os gastos energéticos para manutenção representam cerca de 40 a 50 % da energia consumida.

A avaliação do índice percentual de EMI que foi retido como energia bruta corporal apresentou efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) com as variáveis ambientais estudadas. As equações apresentaram maior índice (40,05%) de utilização da EMI na retenção de energia bruta corporal em 29,3 °C (ITU de 77,2).

O percentual de EMI que foi destinado para EEr apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ), assim como o percentual de EMI utilizado na retenção de PB ( $P < 0,05$ ). Desta forma, foi possível estimar que a maior retenção da EMI em EE foi de 18,6 % com 29,9 °C e, em PB totalizando 28,8 % no ponto de 29,8 °C de temperatura. Entretanto, somando-se estes dois últimos índices percentuais, é possível observar que 47,4 % da EMI foi destinado para os tecidos (proteína e gordura), sendo muito próximo do resultado observado no percentual de EMI que ficou retido como EB ( $P < 0,001$ , efeito quadrático) que totalizou 40,05. A diferença observada entre ambos é ocasionada pelos métodos de determinação de cada variável. Estes resultados estão próximos aos encontrados por Lopez et al. (2007), que verificaram que 38 a 40% da EMA consumida pelos frangos foi depositada como proteína e gordura corporais.

Considerando que parte da EM ingerida fica retida no corpo e parte é perdida como calor (incremento calórico), a proporção retida representa a eficiência de conversão da

EM da dieta em energia líquida (Blaxter, 1989). Nas atuais medições, as estimativas do percentual de EMI que foi destinado para a produção de calor apresentaram modelo quadrático ( $P < 0,001$ ), em função do aumento das variáveis ambientais. O menor índice percentual da EMI que é destinado para a produção de calor aparece em 29,6 °C (aproximadamente 77 de ITU) e totaliza 60,3 % da EMI. Este índice atinge 69,65 % em 21 °C e, 64,55 % em 35,4 °C. O resultado observado em 29,4 °C está de acordo com daqueles encontrados por Fuller et al. (1983), van Milgen et al. (2001b) e Noblet et al. (2003) que indicaram que a produção de calor de frangos em crescimento é 52–64% do total de EMI. Já, os valores observados nos extremos das variáveis ambientais, representam uma perda financeira nos custos atuais da energia da ração, que poderia ser minimizada com o controle do ambiente térmico das instalações, visando maior rentabilidade produtiva.

Observou-se também comportamento linear ( $P < 0,05$ ) decrescente com o aumento das variáveis ambientais, no índice percentual de EBr que foi depositado como PB, e crescente no índice percentual de EBr que foi depositado como EE. Foram estimados que 57,49 % em 21 °C e 52,01 % em 35,4 °C da energia retida ficaram depositados como PB, e 42,50 % em 21 °C e 47,98 % em 34,5 °C da energia retida ficaram depositados como EE. Estes dados demonstram a maior predisposição na retenção de tecido magro em situação de temperatura mais baixa, e a maior retenção de gordura na temperatura mais elevada, corroborando com Zuprizal et al. (1993), Swain and Farrell (1975), El-Husseiny and Creger (1980), Baziz et al. (1990) e, Geraert et al. (1996).

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados estimados neste estudo, foi possível concluir que, a média de temperatura de 28,3 °C proporcionou os melhores índices de desempenho e a energia

metabolizável de manutenção apresentou menor exigência em 30,8 °C, sendo estimada em 163,7 kcal/kg PV<sup>0,75</sup>/dia, comprovando que, nesta idade o metabolismo energético dos frangos de 1 a 7 dias de idade é regulado em função da condição térmica do ambiente de criação e influenciando no seu desempenho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, V. M. N., and P. G. Abreu. 2001. Diagnóstico bioclimático para a produção de aves no Oeste paranaense. CD-ROM in Proceedings: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, 30. UNIOESTE/SBEA. Foz do Iguaçu, Brasil.
- Baêta, F. C., and C. F. Souza. 2010. Ambiência em edificações rurais – conforto animal. Viçosa: UFV, Ed. UFV, 269p.
- Baziz, H. A., P. A. Geraert, and S. Guillaumin. 1990. Effects of high temperature and dietary composition on growth, body composition and retention in broilers. Pages 626-629 in Proceedings VIIIth European Poultry Conference, Vol. 1. Worlds Poult. Sci. Association, Barcelona, Spain.
- Baziz, H.A., P. A. Geraert, and S. Guillaumin. 1996. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poult. Sci.* 75:505-513.
- Blaxter, K. L. 1989. Energy metabolism in animals and man. Cambridge: University Press. 336 p.
- Boekholt, H. A., P. H. Van Der Grinten, V. V. A. M. Schreurs, M. J. N. Los, and C. P. Leffering. 1994. Effect of dietary energy restriction on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 35:603-614.
- Buffington, D. E., R. J. Robert, and G. H. Canton. 1983. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Transactions of the ASAE* 26:1798-1802.
- Buyse, J., H. Michels, J. Vloeberghs, P. Saevels, J. M. Aerts, B. Ducro, D. Berckmans and E. Decuyper. 1998. Energy and protein metabolism between 3 and 6 weeks of

- age male broiler chicken selected for growth rate or for improved food efficiency. *Br. Poult. Sci.* 39:264–272.
- Carré, B., and H. Juin. 2015. Partition of metabolizable energy, and prediction of growth performance and lipid deposition in broiler chickens. *Poult. Sci.* pev081.
- Cassuce, D. C. 2011. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. PhD Thesys – Univ. Federal de Viçosa. Accessed Jan 2016. <http://www.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/tesedeborahds.pdf>.
- Close, W. H. 1990. The evaluation of feeds through calorimetry studies. Pages 21-39, in J. Wiseman and D. J. A. Cole eds. *Feedstuff evaluation*. Butterworths, The University Press, Cambridge, UK.
- Cobb-Vantress Brasil, Ltda. 2014. Manual de manejo de frangos de corte. L-1020-02 Pt. Dez, 2014.
- Daghir, N.J. 1995. *Poultry production in hot climates*. Cambridge University Press, Cambridge, p.303.
- Dale, N., and H. Fuller. 1980. Effect of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. II. Constant vs. cycling temperatures. *Poult. Sci.* 59:1434-1441.
- De Oliveira, G. A. D., R. F. M. D. Oliveira, J. L. Donzele, P. R. Cecon, R. G. M. V. Vaz, and U. A. D. Orlando. 2006. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. *Rev. Bras. Zoot.* 35:1398-1405.
- Deaton, J. W., S. L. Branton, J. D. Simmons, and B. D. Lott. 1996. The effect of brooding temperature on broiler performance. *Poult. Sci.* 75:1217-1220.

- Donkoh, A., and C. C. Atuahene. 1988. Management of environmental temperature and rations for poultry production in the hot and humid tropics. *Int. J. Biometeorol.* 32:247-253.
- El-Husseiny, O., and C. R. Creger. 1980. The effect of ambient temperature on carcass energy gain in chickens. *Poult. Sci.* 59:2307-2311.
- Fuller, H.L., N.M. Dale, and C.F. Smith. 1983. Comparison of heat production of chickens measured by energy balance and by gaseous exchange. *J. Nutr.* 113:1403–1408.
- Furlan, R.L. 2006. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. in *Simpósio Brasil Sul de avicultura*, v. 7, n. 04, Chapecó, Brasil (CD-ROM).
- Gates, R. S., H. Zhang, D. G. Colliver, and D. G. Overhults. 1995. Regional variation in temperature humidity index for poultry housing. *Transactions of the ASAE.* 38:197-205.
- Geraert, P. A., J.C.F. Padilha, and S. Guillaumin. 1996. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens. 1. Growth performance, body composition and energy retention. *Br. J. Nutr.* 75:(in press).
- Hoffmann, E., and C. Shaffner. 1950. Thyroid weight and function as influenced by environmental temperature. *Poult. Sci.* 29:365-376.
- Hurwitz, S., M. Weiselberg, U. Eisner, I. Bartov, G. Riesenfeld, M. Sharvit, A. Niv, and S. Bornstein. 1980. The energy requirements and performance of growing chickens and turkeys as affected by environmental temperature. *Poult. Sci.* 59:2290-2299.
- Huston, T. M., H. M. Edwards, and J. J. Williams. 1962. The effects of high environmental temperature on thyroid secretion rate of domestic fowl. *Poult. Sci.* 41:640-645.



- Joiner, W. P., and T. M. Huston. 1957. The influence of high environmental temperature on immature domestic fowl. *Poult. Sci.* 36:973-978.
- Kerhavarz, K., and H. L. Fuller. 1980. The influence of widely fluctuating temperatures on heat production and energetic efficiency of broilers. *Poult. Sci.* 59:2121-2128.
- Kessler, A. M., M. B. Warpechowski, and I. Brugalli. 2004. Metabolismo energético em aves. Page 1-34 in *Proc. Curso de Fisiologia da Digestão e Metabolismo de Nutrientes em Aves*. Unesp, Jaboticabal.
- Kessler, A.M., P.N. Snizek Jr, and I. Brugalli. 2000. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. Page 107-133 in *Proc. Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola - FACTA*, Campinas.
- Koh K., and M. G. Macleod. 1999. Effects of ambient temperature on heat increment of feeding and energy retention in growing broilers maintained at different food intakes. *British Poult. Sci.* 40:511-516.
- Leeson, S., J. D. Summers, and G. J. Diaz. 2000. *Nutrición Aviar Comercial*. Santafé de Bogotá, Colombia. p. 359.
- Leeson, S., L. Caston, and J. D. 1996 (a). Summers. Broiler response to energy and protein dilution in the finisher diet. *Poult. Sci.* 75:522–528.
- Leeson, S., L. Caston, and J. D. Summers. 1996 (b). Broiler response to diet energy. *Poult. Sci.* 75:529-535,
- Longo, F. A. 2000. Estudo do metabolismo energético e do crescimento em frangos de corte. Master Diss. Univ. Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Longo, F. A., N. K. Sakomura, C. B. V. Rabello, A. N. Figueiredo, and J. B. K. Fernandes. 2006. Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. *Rev. Bras. Zoot.* 35:119-125.

- Lopez, G., and S. Leeson. 2005. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. *Poult. Sci.* 84:1069-1076.
- Lopez, G., and S. Leeson. 2008 (a). Review: energy partitioning in broiler chickens. *Can. J. Anim. Sci.* 88:205-212.
- Lopez, G., and S. Leeson. 2008 (b). Aspects of energy metabolism and energy partitioning in broiler chickens. Pages 339-352 in *Mathematical modelling in animal nutrition*. France, J., and E. Kebreab. ed. Cabi.
- Lopez, G., K. de Lange, and S. Leeson, S. 2007. Partitioning of Retained Energy in Broilers and Birds with Intermediate Growth Rate. *Poult. Sci.* 86:2162-2171.
- Macari M., R. L. Furlan, and E. Gonzales. 2002. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2th ed. Funep/UNESP, Jaboticabal.
- MacLeod, M. 1991. Fat deposition and heat production as responses to surplus dietary energy in fowls given a wide range of metabolizable energy: protein ratios. *Br. Poult. Sci.* 32:1097-1108.
- MacLeod, M. G., C. C. Whitehead, H. D. Griffin, and T. R. Jewitt. 1988. Energy and nitrogen retention and loss in broiler chickens genetically selected for leanness and fatness. *Br. Poult. Sci.* 29:285-292.
- May, J. D., and B. D. Lott. 2000. The effect of environmental temperature on growth and feed conversion of broilers to 21 days of age. *Poult. Sci.* 79:669-671.
- Medeiros, C. M. 2001. Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. PhD Thesis. Univ. Federal de Viçosa, Viçosa.
- Morris, T. R. 2004. Nutrition of chicks and layers. *Worlds Poult. Sci. J.* 60:5-18.

- Moura, D., I. Silva. 2001. *Ambiência na avicultura de corte*. Page 75-149 in *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Silva, I. J. O, ed. Funep, Piracicaba.
- National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Noblet, J., J. van Milgen, B. Carré, P. Dimon, S. Dubois, M. Rademacher, and S. van Cauwenberghe. 2003. Effect of body weight and dietary crude protein on energy utilization in growing pigs and broilers. Page 205-208 in *Progress in Research on Energy and Protein Metabolism*. Souffrant, W. B. and C. C. Metges, ed. EAAP Publications n. 109, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Oba, A., P. C. F. Lopes, M. M. Boiago, A. Mary, S. Silva, H. Montassier, and P. Souza. 2012. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. *Rev. Bras. Zoot.* 41:1186-1192.
- Pomar, C. D., L. Harris, and F. Minvielle. 1991. Computer simulation model of swine production systems. 1. Modeling the growth of young pigs. *J. Anim. Sci.* 69:1468-1488.
- Ribeiro A. M. L., L. K. Vogt, C. W. Canal, C. Laganá, and A. F. Streck. 2008. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. *Rev. Bras. Zoot.* 37:636-644.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. de Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. de T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3rd ed. Universidade Federal de Viçosa, MG, Brazil.

- Sakomura, N. K. 2004 (b). Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. *Braz. J. Poult. Sci.* 6:1-11.
- Sakomura, N. K., and H. S. Rostagno. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. ed. Funep, Jaboticabal.
- Sakomura, N. K., F. A. Longo, E. O. Oviedo-Rondon, C. Boa-Viagem, and A. Ferraudo. 2005. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. *Poult. Sci.* 84:1363-1369.
- Sakomura, N. K., L. Hauschild, and M. A. Bonato. 2014. Modelagem da Utilização da Energia nas Aves. Page 594-620 in *Nutrição de não-ruminantes*. Sakomura, N. K., J. H. V. da Silva, F.G. Perazzocosta, J. B. K. Fernandes, and L. Hauschild. ed. Funep, Jaboticabal.
- Sakomura, N. K., Longo, F. A., C. B. Rabello, K. Watanabe, K. Pelícia, and E. R. Freitas. 2004 (a). Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. *Rev. Bras. Zoot.* 33:1758-1767.
- Silva, I.J., and K. B. Sevegnani. 2001. Ambiência e instalações na avicultura de postura. in *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Silva, I. J. O. ed. Funep, Piracicaba.
- Silva, V. K., J. D. T. Silva, R. A. Gravena, R. H. Marques, F. H. Hada, and V. M. B. Moraes. 2009. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo extrato de leveduras e prebiótico e criados em diferentes temperaturas. *Rev. Bras. Zoot.* 38:690-696.
- Swain, S., and D. J. Farrell. 1975. Effects of different temperature regimens on body composition and carryover effects of energy metabolism of growing chickens. *Poult. Sci.* 54:513-520.

- Tinôco, I. F. F. 2001. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Braz. J. Poult. Sci.* 3:1-26.
- Van Milgen, J., J. Noblet, and S. Dubois, S. 2001 (a). Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs. *J. Nutr. Bethesda* 4:1309-1318.
- Van Milgen, J., J. Noblet, S. Dubois, B. Carre, and H. Juin. 2001 (b). Utilization of metabolizable energy in broiler chickens. *Poult. Sci.* 80 (Suppl.1), 170 (Abstr.).
- Wolynetz, M. S., and I. R. Sibbald. 1987. Need for comparative slaughter experiments in poultry research. *Poult. Sci.* 66:1961-1972.
- Zuprizal, L. M., A. M. Chagneau, and P. A. Geraert. 1993. Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals in broilers. *Poult. Sci.* 72:289-295.

**Tabela 1**

Ingredientes e valor nutricional da dieta pré-inicial (1 a 7 dias) utilizada.

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Milho	59.29
Farelo de soja (45%PB)	31.15
Glúten de milho (60%)	4
Fosfato bicálcico	1.95
Óleo de soja	1.09
Calcário calcítico	1
Sal	0.4
L-Lisina	0.4
DL-Metionina	0.29
L-Treonina	0.06
Bicarbonato de Na	0.11
Cloreto de Colina (60%)	0.07
Premix mineral <sup>1</sup>	0.07
Premix vitamínico <sup>2</sup>	0.04
Monensina (40%)	0.025
<b>Valor nutricional</b>	
Energia Metabolizável (kcal)	3000
Proteína Bruta (%)	22
Ca (%)	0.92
P disponível (%)	0.46
Na (%)	0.21
Lisina dig. (%)	1.39
Metionina dig (%)	0.64
Metionina + Cistina dig. (%)	0.99
Treonina dig. (%)	0.93
Triptofano dig. (%)	0.25
Arginina dig. (%)	1.36
Valina dig. (%)	1.1
Colina (mg/kg)	1500
Na + K + Cl (mEq/kg)	200

<sup>1</sup>Composição premix mineral (mg/kg de ração) = mangênes: 88; zinco: 81,3; ferro: 62,5; cobre: 12,5; iodo: 1,25; selênio: 0,375.

<sup>2</sup>Composição premix vitamínico (por kg de ração) = Vitamina A: 9375 UI; Vitamina D3: 2375 UI; Vitamina E: 35 UI, Vitamina K3: 1,88 mg; Vitamina B1: 2,50 mg; Vitamina B2: 6,25 mg; Vitamina B6: 3,5 mg; Vitamina B12: 0,015 mg; Ácido Pantotênico: 12,5 mg; Ácido Nicotínico: 37,5 mg; Ácido Fólico: 0,875 mg; Biotina: 0,088 mg.

**Tabela 2**

Efeito da temperatura e do ITU do ambiente sobre o consumo de ração (CR), ganho médio diário (GMD) e, conversão alimentar (CA) de frangos de corte, na primeira semana de vida (1 a 7 dias).

<b>Variáveis Desempenho</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>p Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
<b>Consumo de Ração (g/ave/dia)</b>	$y = -21,61 + 3,009 * T - 0,05482 * T^2$	Quad	<0,01	0,358	1,04
	$y = -255,5 + 7,309 * ITU - 0,04853 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,356	1,04
<b>Ganho Médio Diário (g/ave/dia)</b>	$y = -42,12 + 4,092 * T - 0,07188 * T^2$	Quad	<0,001	0,630	0,81
	$y = -346,4 + 9,490 * ITU - 0,06211 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,623	0,82
<b>Conversão Alimentar</b>	$y = 3,317 - 0,1439 * T + 0,002461 * T^2$	Quad	<0,01	0,341	0,06
	$y = 13,82 - 0,3263 * ITU + 0,002112 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,348	0,06

\*RSD = Desvio padrão residual; Quad = Modelo de efeito quadrático.

**Tabela 3**

Efeito da temperatura e do ITU do ambiente sobre a energia bruta retida (EBr: kcal/dia e kcal/ PV<sup>0,75</sup>/dia), extrato etéreo retido (EER: g/ave/dia) e proteína bruta retida (PBr: g/ave/dia), de frangos de corte, na primeira semana de vida (1 a 7 dias).

Retenções	Modelo	Efeito	P Valor	R <sup>2</sup>	RSD *
<b>EBr</b> (kcal/ave/dia)	$y = -88,47 + 7,850 * T - 0,1358 * T^2$	Quad	<0,001	0,616	1,83
	$y = -669,4 + 18,07 * ITU - 0,1176 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,621	1,82
<b>EBr</b> (kcal/PV <sup>0,75</sup> /dia)	$y = -347,0 + 33,90 * T - 0,5875 * T^2$	Quad	<0,001	0,506	9,71
	$y = -2947 + 80,48 * ITU - 0,5243 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,529	9,48
<b>EER por ave</b> (g/dia)	$y = -4,049 + 0,3532 * T - 0,005984 * T^2$	Quad	<0,001	0,411	0,14
	$y = -30,11 + 0,8069 * ITU - 0,005205 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,421	0,14
<b>PBr por ave</b> (g/dia)	$y = -7,683 + 0,7022 * T - 0,01230 * T^2$	Quad	<0,001	0,641	0,14
	$y = -60,87 + 1,654 * ITU - 0,01081 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,655	0,14

\*Residual Standard Deviation; Quad = Modelo de efeito quadrático.



**Tabela 4**

Efeito da temperatura e do ITU do ambiente sobre a energia metabolizável ingerida (EMI: kcal/dia e kcal/ PV<sup>0,75</sup>/dia), produção de calor (PC: kcal/dia e kcal/ PV<sup>0,75</sup>/dia) incremento de calor de produção (IC de produção: kcal/ave/dia) e energia metabolizável de manutenção (EMm: kcal/dia e kcal/ PV<sup>0,75</sup>/dia) de frangos de corte, na primeira semana de vida (1 a 7 dias).

Variáveis de Composição da EMm	Modelo	Efeito	P Valor	R <sup>2</sup>	RSD*
EMI (kcal/ave/dia)	$y = -68,72 + 9,569 * T - 0,1743 * T^2$	Quad	<0,01	0,358	3,32
	$y = -812,5 + 23,24 * ITU - 0,1543 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,356	3,33
EMI (kcal/PV <sup>0,75</sup> /dia)	NS	NS	NS	NS	NS
	NS	NS	NS	NS	NS
PC (kcal/ave/dia)	$y = 46,53 - 0,3079 * T$	Line	<0,05	0,229	2,24
	$y = 59,24 - 0,2805 * ITU$	Line	<0,05	0,219	2,26
PC (kcal/PV <sup>0,75</sup> /dia)	$y = 284,5 - 2,234 * T$	Line	<0,01	0,297	13,47
	$y = 382,5 - 2,111 * ITU$	Line	<0,01	0,305	13,40
IC de produção (kcal/ave/dia)	$y = -30,13 + 2,723 * T - 0,04730 * T^2$	Quad	<0,001	0,649	0,58
	$y = -234,1 + 6,339 * ITU - 0,04132 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,662	0,56
EMm (kcal/ave/dia)	$y = 39,62 - 0,3637 * T$	Line	<0,01	0,265	2,38
	$y = 55,36 - 0,3408 * ITU$	Line	<0,01	0,267	2,37
EMm (kcal/PV <sup>0,75</sup> /dia)	$y = 562,3 - 25,85 * T + 0,4192 * T^2$	Quad	<0,001	0,420	14,30
	$y = 2511 - 59,57 * ITU + 0,3780 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,439	14,07

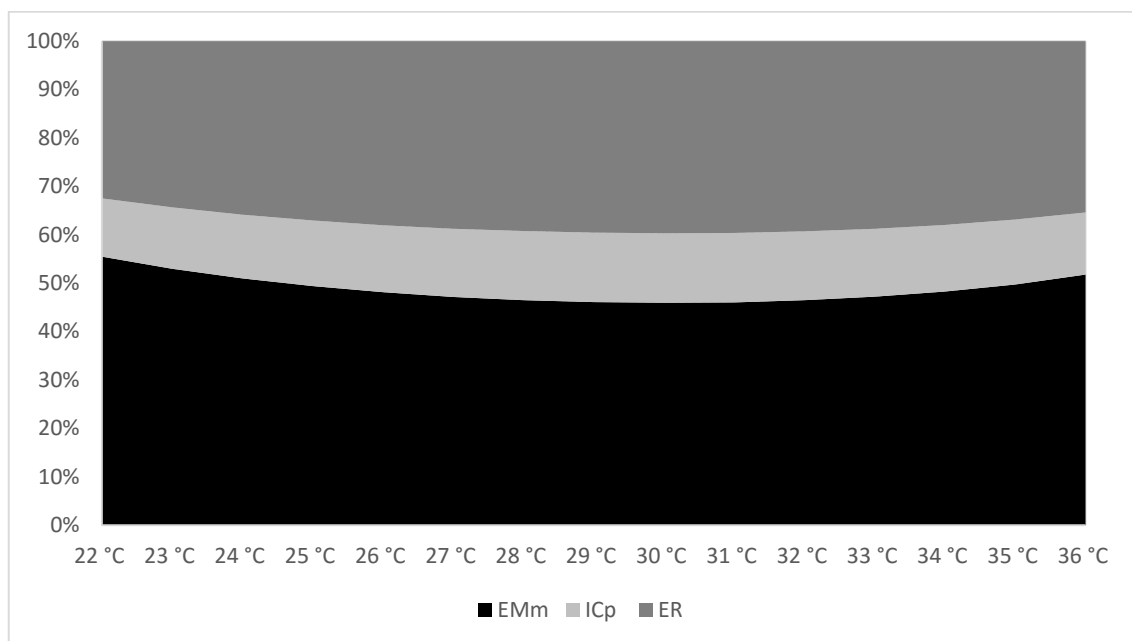
\*Desvio padrão residual; Line = Modelo de efeito linear; Quad = Modelo de efeito quadrático.

**Tabela 5**

Percentuais de EMI utilizados como energia metabolizável de manutenção (EMm), produção de calor (PC), energia bruta retida (EBr), gordura retida (EEr) e proteína bruta retida (PBr) e, percentuais de energia rerida (EBr) como gordura (EE) e proteína bruta (PB), de frangos de corte de 1 a 7 dias de idade, em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação.

<b>% de utilização</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>P Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
<b>% EMI como EMm</b>	$y = 207,7 - 11,09 * T + 0,1895 * T^2$	Quad	<0,001	0,4947	5,58
	$y = 1068 - 26,49 * ITU + 0,1716 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,529	3,46
<b>% EMI como PC</b>	$y = 170,8 - 7,460 * T + 0,1260 * T^2$	Quad	<0,001	0,547	2,41
	$y = 737,3 - 17,46 * ITU + 0,1126 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,572	2,34
<b>% EMI como EBr</b>	$y = -81,39 + 8,288 * T - 0,1414 * T^2$	Quad	<0,001	0,486	2,75
	$y = -720,1 + 19,69 * ITU - 0,1275 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,517	2,66
<b>% EMI como EEr</b>	$y = -57,40 + 5,079 * T - 0,08478 * T^2$	Quad	<0,001	0,432	2,16
	$y = -427,9 + 11,45 * ITU - 0,07339 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,444	2,13
<b>% EMI como PBr</b>	$y = -4,59 + 2,231 * T - 0,03742 * T^2$	Quad	<0,05	0,275	1,35
	$y = -187,8 + 5,579 * ITU - 0,03595 * ITU^2$	Quad	<0,05	0,304	1,32
<b>% EBr em EE</b>	$Y = 34,51 + 0,3807 * T$	Line	<0,05	0,163	3,21
	$Y = 17,79 + 0,3600 * ITU$	Line	<0,05	0,168	3,20
<b>% EBr em PB</b>	$Y = 65,49 - 0,3807 * T$	Line	<0,05	0,163	3,21
	$Y = 82,21 - 0,3600 * ITU$	Line	<0,05	0,168	3,20

\*Desvio padrão residual; Quad = Modelo de efeito quadrático.



**Figura 1**

Partição percentual da energia metabolizável ingerida (EMI), em energia retida (ER), incremento de calor de produção (ICp) e energia metabolizável de manutenção (EMm), de frangos de corte de 1 a 7 dias de idade, em função da temperatura ambiente.

### **CAPÍTULO III**

#### **Efeito da temperatura ambiente sobre as partições da energia metabolizável em frangos de corte na fase inicial**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação da  
**Poultry Science**

**Efeito da temperatura ambiente sobre as partições da energia metabolizável em frangos de corte na fase inicial**

Effect of environmental temperature on ME partitions of two-weeks-old broiler chickens.

R. Borille <sup>\*1</sup>, P. F. Moraes\*, K. M. Kardinal\*, M. S. Ceron\*, R. D. Gianluppi\*, and A. M. Kessler\*

*\*Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Avenida Bento Gonçalves, 7712. Cep: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.*

---

<sup>1</sup> Corresponding author: borille.r@hotmail.com

## RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da temperatura e do índice de temperatura e umidade (ITU) do ambiente, sobre as alterações provocadas nas partições da energia metabolizável ingerida (EMI) e sobre as exigências de manutenção (EMm), bem como sobre o desempenho de pintos de corte de 8 a 14 dias. Foram adquiridos 310 frangos (Cobb500®), onde 300 foram alojados em 30 boxes, sendo que cada box recebeu uma temperatura diferente entre 8 e 14 dias de idade. Os 10 pintos restantes foram abatidos e congelados como referência. Utilizando a técnica de abate comparativo, foram realizadas medições de retenção de energia no período para realizar os cálculos da partição da EMI, eficiência de utilização e determinação da exigência de EMm em função das médias de temperatura e do ITU de cada box. O consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA) e o ganho médio diário (GMD) também foram avaliados. Com base nos resultados estimados neste estudo, foi possível verificar que a média de temperatura de 24,6 °C entre 8 e 14 dias de idade proporcionou os melhores índices de desempenho. A média das exigências de manutenção, para frangos de 7 a 14 dias de vida, foram estimadas em 238 kcal/kg de PV<sup>0,75</sup>/dia, apresentando comportamento linear decrescente com o aumento da temperatura e do ITU. A temperatura em que as maiores proporções da EMI foram destinadas para as retenções de energia bruta (EB) e proteína bruta (PB) foi próxima a 26,4 °C. A proporção de PB que compõe a energia bruta retida (EBr) apresentou efeito linear decrescente e a proporção de EE aumentou linearmente com a temperatura e o ITU. Concluiu-se que frangos de corte de 8 a 14 dias de idade realizam ajustes metabólicos em função das variáveis ambientais, causando influência sobre as suas exigências de manutenção e desempenho zootécnico.

**Palavras-chave:** Energia retida, gordura, manutenção, produção de calor, proteína

## INTRODUÇÃO

Segundo Sakomura et al. (2014) a temperatura ambiente pode ser considerada como o fator físico de maior efeito no desempenho de frangos de corte, já que exerce grande influência no consumo de ração. A exigência de manutenção e a energia gasta na tentativa de regulação da temperatura corporal em resposta a variação na temperatura do ambiente, são denominadas como produção de calor na nutrição de aves, deste modo, quando a temperatura do meio se encontra elevada a influência se dá principalmente na manutenção da homeotermia, comprometendo o desempenho dos frangos devido a ineficiência destes animais em eliminar o calor corporal (Donkoh and Atuahene, 1988). Por outro lado, ambiente com temperatura ambiental baixa, induzirá o organismo a destinar parte da energia ingerida para a geração de calor, levando a redução de produtividade.

Há relatos, de que a temperatura ambiente também modifica a retenção de energia, proteína e gordura corporal nos frangos (De Oliveira et al., 2006) e, estes efeitos podem estar ligados ao consumo e a eficiência de utilização da energia metabolizável ingerida, porém, são poucos os estudos que utilizam equações para estimar a partição energética da energia em frangos de corte em função da variação da temperatura ambiente nas idades iniciais.

Deste modo, o estudo relacionado a equações que estimam o comportamento do metabolismo energético em função dos índices ambientais para animais de produção, se tornam uma necessidade na área de nutrição, pois o melhoramento nas linhagens comerciais vem buscando cada vez mais o ganho de peso acelerado com melhores taxas de conversão alimentar em curto espaço de tempo, dando pouca atenção ao efeito da temperatura do ambiente de criação sobre o desempenho destes animais. Estas equações podem ser utilizadas na prática, pois conseguem estimar parâmetros para ajustar a

formulação das rações de acordo com a temperatura do ambiente de criação, atendendo com maior precisão as exigências nutricionais das linhagens de alto desempenho.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do ambiente térmico de criação, sobre as retenções dos constituintes corporais e partições da energia metabolizável ingerida, bem como, a influência destas nas exigências de manutenção e no desempenho de pintos de corte de 8 a 14 dias de idade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Caracterização das instalações***

O experimento foi realizado em uma instalação experimental de produção de frangos de corte. Foram adquiridos em incubatório comercial (Cooperativa Languiru – Teutônia-RS, Brasil) 310 frangos de corte (linhagem Cobb 500<sup>®</sup>, desempenho superior), machos, com 7 dias de idade, com peso médio de 186,9 ( $\pm 1,10$ ) gramas, e alojados em 30 boxes (1 x 1 x 1 metros para comprimento, largura e altura, respectivamente), com densidade de 10 aves/m<sup>2</sup>. A cama dos boxes era composta de maravalha de madeira (pínus) com 10 cm de altura, e a iluminação da sala era feita por lâmpadas fluorescentes do tipo PL23 de 30W, sendo a mesma fornecida e distribuída constantemente (24 horas por dia) para todos os boxes. Os bebedouros eram do tipo níppele, e os comedouros no formato tubular manual com pratos adaptados de comedouros do tipo automático.

A sala experimental foi equipada com aquecedores a gás para gerar calor próximo a temperatura de 36 °C em uma extremidade e, na outra extremidade, com aparelho de ar condicionado (45.000 BTUs) para gerar frio em temperatura próxima a 18 °C.

### ***Pontos de observação e variáveis do ambiente térmico***

Esta formação permitiu gerar uma amplitude térmica que variou de 18,4 °C (box representando o ponto de menor média de temperatura, com 74 % de umidade relativa do



ar) até 35,2 °C (box representando o ponto de maior média de temperatura, com 21 % de umidade relativa do ar). Assim, ficaram distribuídas pela sala experimental diferentes temperaturas, de modo que cada box recebeu uma condição ambiental diferente dos demais, denominado ponto de observação. A partir dos dados de temperatura e umidade coletados em cada um dos boxes, foi calculada a média dos índices de temperatura e umidade - ITU – para cada um destes boxes, de acordo com a equação determinada por Buffington et al. (1982):  $ITU = 0,8 Tbs + UR (Tbs - 14,3) / 100 + 46,3$  em que ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional; Tbs = temperatura de bulbo seco, °C; UR = umidade relativa do ar, %. O ITU foi classificado, segundo a recomendação de Abreu e Abreu (2001), como situação de conforto para a segunda semana, com valores variando entre 68,4 e 76. As variáveis do ambiente térmico (temperatura e umidade) foram coletadas a cada duas horas em cada um dos boxes, durante todos os 7 dias de duração do experimento, e do mesmo modo foi estimado o ITU. Posteriormente estes dados foram utilizados para calcular as médias de temperatura e de ITU para os 7 dias de observação em cada um dos boxes, para serem utilizadas como variável independente nas análises estatísticas.

### ***Alimentação***

Todos os pintos receberam a mesma ração e água a vontade durante todo o período. A ração foi formulada levando em consideração as exigências nutricionais para pintos de corte em fase inicial (8-14d) de acordo com as recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011), conforme pode ser observado na Tabela 1.

A partir do 10 dia de idade, cinco boxes foram sorteados aleatoriamente para a análise da estimativa de metabolizabilidade da energia consumida. Para isto foram adicionados 0,14 % de óxido crômico por kg de ração fornecida, sendo determinada a média de energia

metabolizável aparente (EMA) da ração ingerida através da recuperação deste óxido crômico nas excretas que, foram coletas duas vezes ao dia (durante 5 dias) nos respectivos boxes conforme metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007). Esta avaliação EMA resultou no valor de 3233,02 kcal/kg de ração, e foi utilizada nos cálculos de partição da EM.

#### ***Avaliação de desempenho***

Durante os 7 dias do período experimental foram realizadas mensurações de desempenho zootécnico. O consumo de ração foi aferido por meio da pesagem das sobras dos comedouros entre o oitavo e o décimo quarto dia de criação, e expresso como CR: g/ave/dia; o ganho de peso foi aferido nos mesmos dias do consumo de ração, obtendo-se o peso total de cada box e expresso como GMD: g/ave/dia. A conversão alimentar foi medida pela divisão do consumo de ração pelo ganho de peso. Todas as variáveis foram corrigidas pela mortalidade.

#### ***Técnica de abate comparativo***

A técnica de abate comparativo foi realizada segundo metodologia descrita por Fuller et al. (1983) e MacLeod (1991), procedendo-se da seguinte forma: No primeiro dia do experimento (idade de 8 dias), dez pintos foram insensibilizados (eletronarcore) e abatidos por deslocamento cervical e congelados integralmente, para posteriores análises. Ao final dos sete dias do experimento (idade de 14 dias), cinco aves de cada box foram insensibilizadas e abatidas por deslocamento cervical, pesadas e acondicionadas em sacos plásticos e, congeladas integralmente. No dia seguinte, juntamente com as aves abatidas no primeiro dia, as carcaças congeladas foram serradas em pedaços em serra fita e moídas integralmente em moinho industrial de carne, formando uma pasta integral e homogênea, da qual foi retirada uma amostra representativa a ser encaminhada para o laboratório para

a realização das análises bromatológicas. Deste procedimento foram obtidos os laudos de matéria seca (MS, %), energia bruta (EB, kcal/kg de MS), proteína bruta (PB, %/kg de MS), extrato etéreo (EE, %/kg de MS).

#### ***Determinação da energia retida, produção de calor e EMm***

A partir dos laudos laboratoriais (teores de MS, EB, PB e EE) utilizou-se a metodologia para determinação da energia retida por período, proposta por Wolynetz and Sibbald (1987), Longo et al. (2006) e, Sakomura and Rostagno (2007), tomando-se como premissas básicas as equações propostas de energia bruta retida ( $EBr = EBr\ final - EBr\ inicial$ ), produção de calor ( $PC = EMI - EBr$ ), incremento de calor de produção ( $ICprodução = EBrPB / (1 - 0,66) + EBrEE / (1 - 0,86)$ ), energia metabolizável de manutenção ( $EMm = EMI - EBr - ICp$ ) e, deste modo, estimou-se as seguintes variáveis: extrato etéreo retido ( $EER = g/ave/dia$ ); proteína bruta retida ( $PBr = g/ave/dia$ ), energia bruta corporal retida ( $EBr = kcal/ave/dia$ , e por peso metabólico = kcal/kg  $PV^{0,75}/dia$ ), energia metabolizável ingerida ( $EMI = kcal/ave/dia$  e por peso metabólico = kcal/kg  $PV^{0,75}/dia$ ), produção de calor ( $PC = kcal/ave/dia$  e por peso metabólico = kcal/kg  $PV^{0,75}/dia$ ), incremento de calor de produção (kcal/ave/dia), energia metabolizável de manutenção ( $EMm = kcal/ave/dia$  e por peso metabólico = kcal/kg  $PV^{0,75}/dia$ ), percentual de EMI utilizado como EMm (%EMI em EMm), percentual de EMI utilizado como PC (%EMI em PC), percentual de EMI retida como EB na composição corporal (%EMI em EBr), percentual de EMI retida como EE corporal (%EMI em EE), percentual de EMI retida como PB corporal (%EMI em PB), percentual de ER como PB (%ER como PB) e, percentual de ER como EE (%ER como EE). Para calcular a energia retida como gordura bruta foi considerado 9,37 kcal/g de gordura corporal e, para energia retida como proteína corporal foi considerado 5,66 kcal/g de proteína (Sakomura et al. 2004; Longo, 2000).

Para as eficiências parciais de retenção dos constituintes corporais foram utilizados os valores de  $k_p = 0,66$  (para proteína) e  $k_g = 0,86$  (para gordura) conforme sugerido por Boekholt et al. (1994).

### *Análises estatísticas*

As equações de predição foram determinadas por análise de regressão utilizando-se o software estatístico Minitab 17<sup>®</sup>, onde a média semanal da temperatura e do ITU de cada box foi considerada como variável independente, e as variáveis de desempenho, de retenção e partição da energia e, ainda, de percentual de utilização da EMI e de ER, foram consideradas como dependentes. Foram testados os modelos de regressão linear e ou quadráticos e, considerados significativos aqueles que apresentaram valor de  $P < 0,05$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Variáveis de desempenho*

A utilização desta metodologia permitiu a avaliação de resultados que foram considerados satisfatórios em resposta aos objetivos propostos, demonstrando ser útil para avaliações práticas com diferentes condições ambientais em período simultâneo.

Os resultados das avaliações de desempenho (CR, CA, e GMD) são apresentados na Tabela 2. O consumo médio de ração (g/ave/dia) apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ) em função da temperatura e ITU do ambiente de criação. As equações estimam maior média de consumo de ração em 24,1 °C (com ITU igual a 71, que é considerado dentro da faixa ideal para a segunda semana – entre 68,4 e 76 – sugerida por Abreu e Abreu (2001)), sendo 61,7 g/ave/dia. Em temperatura de 18,4 °C é estimada uma redução de 13,7 % (53,2 g/ave/dia) no consumo de ração em relação ao ponto de maior consumo, assim também, com 35,2 °C a redução atinge 50,2 % (30,7 g/ave/dia) do consumo. Neste sentido, pode ser observado que os frangos de 8 a 14 dias ainda sofrem

uma pequena desvantagem no consumo de ração em temperatura próxima a 18 °C, devido à aglomeração para manterem a temperatura corporal constante. Já em situação inversa, é observado que a alta temperatura desestimula com muita intensidade os frangos a se alimentarem, podendo-se observar claramente a tentativa de evitar o incremento calórico advindo da alimentação.

O resultado obtido no ponto de maior consumo indica uma redução em cerca de 14,9 g/ave/semana em relação ao consumo estimado por Rostagno et al. (2011) para este período de vida, onde é indicado 446,8 g/ave/semana. Porém, o manual de desempenho da linhagem preconiza um consumo de ração muito semelhante ao observado neste estudo, sendo de 54,14 g/ave/dia, portanto, 7,56 g/ave/dia menor em relação ao ponto de maior consumo avaliado. Já, a estimativa do NRC (1994) é cerca de 20,16 g/ave/dia menor em relação aos dados de consumo estimados, porém este autor indica aves menores ao final do período, em função das linhagens disponíveis naquele ano, o que pode contribuir para a um resultado de menor consumo.

Os resultados de ganho médio diário (GMD em g/ave/dia) também apresentam comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ) em função das variáveis ambientais. Estes resultados indicam que a maior média de ganho de peso é estimada em 24,8 °C (ITU de 72, considerado ideal segundo Abreu e Abreu (2001)) com 42,01 g/ave/dia, atingindo peso médio por ave de 480,06  $\pm 8,38$  g. Em temperatura de 18,4 °C, observa-se redução de 23,7 % no GMD (32,04 g/ave/dia), porém, em temperatura de 35,2 °C esta redução é muito maior e atinge cerca de 61,33 % (16,24 g/ave/dia) do GMD. Em condições ambientais consideradas termoneutras, Rostagno et al. (2011) sugerem GMD de 45 g/ave/dia, que totalizam peso médio por ave de 502 g. A sugestão deste autor é, portanto, um GMD de 2,99 g/ave/dia maior do que os resultados obtidos no atual estudo. Já, a

indicação do manual de desempenho da linhagem Cobb500 (2014) que preconiza aves com peso médio de 470 g/ave nesta idade é, muito próxima, sendo o GMD apenas 1,3 g/ave/dia menor em relação a estas estimativas. Da mesma forma, o GMD preconizado pelo NRC (1994) indica peso corporal de 376 g/ave para a mesma idade, e totaliza um GMD de 32 g/ave/dia, sendo este, 10,01 g/ave/dia menor do que foi estimado em 24,8 °C.

O efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) também é observado na avaliação da conversão alimentar. O melhor índice de conversão alimentar (g/g, 1,43:1) é estimado em 24,9 °C, porém, em 18,4 °C, a estimativa da conversão alimentar cai para 1,71:1 e, em alta temperatura (35,2 °C) a conversão se torna ainda pior, totalizando 2,11:1. O ponto que apresenta a melhor conversão alimentar (1,43:1 em 24,9 °C), é muito semelhante a conversão de 1,41:1 sugerida por Rostagno et al. (2011), no entanto, ambas são piores do que a indicação de 1,33:1 preconizada pelo manual de desempenho da linhagem Cobb500 (2014).

As respostas quadráticas do desempenho já foram observadas em estudos anteriores. Yahav (2000) avaliou o desempenho de frangos de corte em diferentes situações do ambiente e encontrou resposta quadrática em função do aumento das variáveis térmicas do ambiente. Assim também, Sakomura (2014) apresenta resultados de frangos de corte, galinhas poedeiras e matrizes comerciais com resposta de efeito quadrático em função da temperatura ambiente.

Retratando a temperatura do ambiente de criação, Dozier et al. (2008) realizaram experimentos para determinar exigências de energia metabolizável aparente de frangos de corte, e consideraram as temperaturas de conforto térmico em 32 °C para 5 até 9 dias, e 29 °C para 10 a 15 dias de idade, ou seja, temperaturas superiores aos resultados

observados nos pontos de máxima do atual estudo. O manual de desempenho da linhagem Cobb500 (2014) também indicam temperaturas superiores ao observado neste período de vida, sendo a indicação de 31 °C aos 7 dias, decaindo até 27 °C aos 21 dias de idade, e umidade relativa variando entre 40 a 60%.

A alta temperatura é um fator conhecido por causar diminuição do consumo de ração (Baeta and Souza, 2010; Tinôco, 2001; Furlan, 2006; Koh and MacLeod, 1999), devido ao ajuste metabólico para reduzir a produção de calor interno. Já, a baixa temperatura geralmente é relatada como favorável ao aumento do consumo de ração, pela regulação metabólica na tentativa de gerar calor interno (Cassuce, 2011). Estes dois mecanismos de ajuste, porém, implicam em piora no índice de conversão alimentar (Cassuce, 2011; Tinôco, 2001).

#### ***Variáveis de retenção dos constituintes corporais***

Os resultados das avaliações de retenção dos constituintes corporais (EEr, g/ave/dia; PBr, g/ave/dia e; EBr, kcal/ave/dia e kcal/kg de PV<sup>0,75</sup>/dia) apresentam comportamento quadrático ( $P < 0,01$  e  $P < 0,001$ ) em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação, como pode ser observado na Tabela 3.

A retenção de extrato etéreo corporal com modelo de efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) para temperatura e para ITU ( $P < 0,001$ ), indica o maior índice de retenção estimado em 26,9 °C (com ITU de 76, que é considerado segundo Abreu e Abreu (2001) o limite superior suportado pelos frangos na segunda semana de idade), que totalizam 4,83 g/ave/dia. Dentro do intervalo ambiental avaliado, é possível estimar que o EEr atinge uma redução de 41,5 % em 18,4 °C (2,82 g/ave/dia) e, 38,2 % em temperatura de 35,2 °C (2,98 g/ave/dia). Neste sentido, pode-se notar que o frio tende a penalizar mais a deposição deste tecido.

Puvadolpirod and Thaxton (2000) citam que o estresse por calor pode diminuir a digestibilidade da matéria seca, da proteína, e carboidratos, enquanto que a digestibilidade da gordura se mantém relativamente inalterada, indicando a maior predisposição em reter gordura no ambiente quente. Outro fato que justifica este comportamento é a capacidade de gerar menor incremento de calor em sua deposição (Musharaf and Latshaw, 1999), o que facilitaria o processo em situação de calor, e não seria prioridade em situação de frio.

Também com comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ), a retenção corporal de proteína (PBr) demonstrou a maior deposição estimada em 25,2 °C (ITU próximo a 72, ou seja, dentro da faixa recomendada pela literatura), com 5,49 g/ave/dia. A estimativa em 18,4 °C demonstra uma redução de 27,3 % na retenção proteica, já, em 35,2 °C, a redução chega a 58,8 %. Este fato dá indícios de que a retenção proteica é severamente afetada pela condição térmica ambiental, especialmente em ambiente quente. A redução em ambiente quente pode estar relacionada. Além disso, segundo MacLeod (1997), à produção de calor que, normalmente aumenta com o aumento da deposição de proteína, o que justificaria uma maior prioridade em depositar proteína em situação de frio, ao invés de gordura, que por sua vez possui um menor incremento de calor na deposição e não beneficiaria o aquecimento corporal.

A retenção de energia bruta corporal (EBr, kcal/ave/dia) apresentou efeito quadrático em função do aumento da temperatura ( $P < 0,001$ ), e do ITU ( $P < 0,01$ ). Estes resultados indicam que, nesta fase de vida, os frangos atingem a máxima EBr (77,8 kcal/ave/dia) com 25,7 °C (ITU próximo a 73, considerado pela literatura dentro da faixa suportada). Quando expressa na unidade metabólica (kcal/kg de  $PV^{0,75}$ /dia), a EBr apresenta o mesmo comportamento. Neste caso a maior retenção abrange 197,93 kcal/kg de  $PV^{0,75}$ /dia na temperatura de 26,02 °C.



Conforme Lopez e Leeson (2005), o consumo de energia metabolizável é bastante debatido na literatura por influenciar a composição corporal. Sakomura et al. (2004) encontraram evidências de que a composição da dieta e a ingestão de nutrientes afeta a retenção de energia como proteína e como gordura. Alguns autores também sugerem que a temperatura ambiente causa efeito negativo no aparelho digestivo e este, por sua vez, influencia na absorção e metabolismo.

Mitchell and Carlisle (1992) observaram 23 % de redução no desenvolvimento do intestino delgado e 19 % de redução na área de absorção em aves mantidas a 35 °C. Garriga et al. (2006) observaram redução de 27,2 % no peso e de 3,8 % no comprimento do jejuno de aves que eram expostas a alta temperatura. Estas afirmações de redução de tamanho do TGI, entretanto, podem indicar uma influência da redução da produção do hormônio T3 (Mitchell and Carlisle, 1992; Garriga et al., 2006) das aves em estresse por calor, pois os hormônios da tireoide estimulam o crescimento dos intestinos (Levin, 1994; McNabb, 2007). Geraert et al. (1996b) também relataram que a utilização metabólica dos nutrientes é alterada sob exposição ao calor em resposta ao controle endócrino.

Outro fator importante é a redução na eficiência de retenção, que pode ser influenciada pela utilização metabólica dos nutrientes (proteína e gordura) em cada situação térmica diferente, bem como pela produção de calor (Baziz et al., 1996; Geraert et al., 1996a). Deste modo, Boekholt et al. (1994) cita que a eficiência energética na retenção corporal da proteína é de 66 %, e a da gordura é de 86 %.

#### ***Variáveis de composição da EMm***

Na Tabela 4 são apresentadas as variáveis de composição da energia metabolizável de manutenção em função do aumento da temperatura e do ITU do ambiente, assim também

pode ser observado na Figura 1, a partição da energia metabolizável ingerida em uma representação gráfica em função do aumento da temperatura ambiente.

Quando relacionada com as variáveis térmicas do ambiente, a EMI (kcal/ave/dia) apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,001$ ), sendo que a máxima ingestão de EM ocorreu 24,16 °C atingindo 199,1 kcal/ave/dia. Em 18,4 °C a ingestão é estimada de 171,7 kcal/ave/dia, representando redução de 13,7 % e em 35,2 °C é de 98,7 kcal/ave/dia que representa redução de 50,4 %. Os resultados de maior EMI obtidos nesta estimativa estão de acordo com os valores sugeridos por Rostagno et al. (2011), que preconizam consumo de EM de 194,65 kcal/ave/dia para a mesma idade, porém, são 33,4 % superiores ao preconizado pelo NRC (1994), que estima consumo de EM de 132,57 kcal/ave/dia. Em relação a esta última comparação, vale ressaltar que desde o ano de sua publicação o melhoramento genético tem provocado grandes mudanças no metabolismo das linhagens comerciais que hoje possuem maior ganho de peso, melhor conversão alimentar em um espaço mais curto de tempo.

As equações de predição geradas para EMI em unidade metabólica (comportamento quadrático,  $P < 0,001$ ), indicam o maior favorecimento na ingestão de EM em 23,39 °C (ponto de máxima), totalizando 506,25 kcal/kg PV<sup>0,75</sup>/dia. Nesta expressão, a ingestão sofre pouca influência da temperatura mais fria (18,4 °C) do ambiente, sendo reduzida em apenas 5,7 % em relação ao ponto de maior consumo. O mesmo não ocorre em situação de calor (35,2 °C), onde a EMI atinge 343,4 kcal/kg de PV<sup>0,75</sup>/dia, representando uma redução de 32,1 % no consumo. Estimativas de exigências de EMm determinadas por Longo et al. (2006) para avaliar o efeito da temperatura ambiente indicaram média de consumo de EM de 204,25 kcal/kg de PV<sup>0,75</sup>/dia para fragos de 7 a 14 dias de idade. A avaliação realizada por estes autores, no entanto, foi realizada com frangos de 1 a 21 dias

de idade, o que demonstra uma discrepância de 59 % em relação aos resultados observados neste estudo.

A relação entre as variáveis térmicas do ambiente com a produção de calor (PC, kcal/ave/dia), apresentou efeito linear decrescente, tanto para a temperatura ( $P < 0,01$ ), como para o ITU ( $P < 0,05$ ). A diferença provocada pelo aumento da temperatura entre o ponto de maior (129,79 kcal/ave/dia, com 18,4 °C) e de menor (97,61 kcal/ave/dia, com 35,2 °C) produção de calor foi de 21,79 %. Assim também, na expressão da PC por peso metabólico, o efeito foi linear decrescente tanto para temperatura ( $P < 0,001$ ), como para o ITU ( $P < 0,01$ ). Nesta expressão, entretanto, a diferença provocada pelo aumento da temperatura entre o ponto de maior (337,41 kcal/kg de  $PV^{0,75}$ /dia, com 18,4 °C) e o de menor (254,26 kcal/kg de  $PV^{0,75}$ /dia, com 35,2 °C) produção de calor chegou a 24,64 %. Estes resultados permitem afirmar que, a variação de 18 até 35 °C de temperatura provocou uma alteração de 20 % na produção de calor metabólico.

O incremento de calor de produção (kcal/ave/dia), é uma variável que está associada com a deposição dos constituintes corporais (proteína e gordura), pois ela corresponde ao calor gasto para a deposição de cada tecido e assim, seguiu a mesma tendência quadrática ( $P < 0,001$ ) com o aumento das variáveis térmicas do ambiente. Este fato se justifica pela utilização de coeficientes de eficiência para as estimativas de deposição de proteína e gordura corporal pré-fixados. Seu ponto de máxima aparece em 25,76 °C (ITU próximo a 72) com utilização de 24,6 kcal/ave/dia de incremento na deposição dos tecidos. As estimativas para 18,4 °C totalizam redução de 31,6 %, e em relação ao calor (35,2 °C) chegam a 52,04 % para esta fase de vida.

Acompanhando o mesmo comportamento linear ( $P < 0,001$ ) observado na produção de calor, a energia metabolizável de manutenção (EMm, kcal/ave/dia) decresce em função do

aumento da temperatura e do ITU. A maior exigência de energia para manutenção é estimada em temperatura fria (18,4 °C), totalizando 109,20 kcal/ave/dia, sendo esta considerada 35,19 % maior do que a exigência estimada para a temperatura quente (35,2 °C), que foi de 70,77 kcal/ave/dia. Para fins de comparação, a média da energia metabolizável entre os dois extremos da faixa de temperatura estudada ficaria em 89,98 kcal/ave/dia. Já a expressão da EMm por peso metabólico, também com efeito linear decrescente ( $P < 0,01$ ), apresentou uma diferença entre a maior exigência (279,4 kcal/kg de  $PV^{0,75}$ /dia em 18,4 °C) e a menor exigência (196,6 kcal/kg de  $PV^{0,75}$ /dia em 35,2 °C), de 29,6 %. Neste sentido, a média entre estes dois extremos de temperatura estimados seria de 238 kcal/kg de  $PV^{0,75}$ /dia. Estes resultados possibilitam afirmar que a variação de 18 até 35 °C de temperatura provocou uma mudança de aproximadamente 30 % na EMm. Carré e Juin (2015) determinaram a exigência de EMm de 3 A 5 semanas de idade em 163,2 kcal/kg  $PM^{0,70}$ /dia (0,683 MJ/kg  $PM^{0,70}$ /dia), sendo esta estimativa 31,4 % inferior à média observada no atual estudo. Vale ressaltar que estes autores utilizaram expoente de 0,70 na composição do peso metabólico, diferente de 0,75 utilizado no atual estudo, implicando em diferente estimativa de exigência. Longo et al (2006) determinaram o efeito da temperatura ambiente sobre a exigência de energia metabolizável para manutenção pela seguinte equação  $EMm \text{ (kcal/kg}^{0,75}\text{/dia)} = 300,14 - 14,607 * T + 0,2876 * T^2$ , para frangos de 1 a 21 dias de idade. Os resultados desta equação, utilizando o peso médio constante de 481 g e os dois extremos de temperatura 18,4 e 35,2 °C obtidos no atual estudo, demonstram que as exigências de EMm seriam, respectivamente, 128,74 e 142,32 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia. Esta estimativa daria uma média de 135,53 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia, sendo 43 % inferior aos resultados observados neste estudo.

O efeito linear decrescente da EMm de frangos de corte em função do aumento da temperatura também foi descrito por (Emmans, 1974; Waldroup et al., 1976; Sakomura et al., 1993; NRC, 1994), e para aves de postura em produção e matrizes pesadas em crescimento por Sakomura et al. (2014), porém, Sakomura et al. (2005) encontraram efeito quadrático das respostas de EMm de frangos a partir de 21 dias de idade, em função da temperatura do ambiente (13, 23 e 32 °C), e observaram que a menor exigência aparece próximo aos 26 °C, do mesmo modo que Hurwitz et al. (1980) observaram em efeito quadrático, menor exigência de EMm em 27 °C.

O o efeito linear observado na EMm e na produção de calor podem estar associados ao comportamento da tireóide. É conhecido que o seu tamanho é relativo à sua produção de hormônios, e estes por si, dão suporte a maioria dos processos de ingestão e metabolismo no organismo. Hoffman and Schaffner (1950) relataram que a atividade funcional da tireóide é maior durante a exposição a temperatura ambiente mais baixas. Keshavarz and Fuller (1980) observaram efeito semelhante em frangos de corte, onde o maior tamanho de tireóide foi verificado em aves mantidas à temperatura mais baixa (~ 12,8 °C) e a menor em temperatura mais alta (~ 35 °C). Donkoh (1989) explica que, a glândula, através da secreção de tiroxina, tem um efeito direto sobre a produção de calor, assim, segundo Brody (1945) e Kleiber (1975) a redução da sua atividade estaria associada a redução da produção de calor metabólico em ambientes de alta temperatura.

#### ***Avaliação das partições da EMI e da ER em índices percentuais***

Na Tabela 5, são apresentados os resultados das avaliações percentuais da EMI que foram destinados para EMm, PC, EBr, EEr e PBr, e dos percentuais da EBr que foram convertidos em PB e EE, de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação. O índice percentual de utilização da EMI

em EMm em modelo quadrático para temperatura ( $P < 0,001$ ) e para ITU ( $P < 0,01$ ), indica que a temperatura de 26,7 °C representou o menor gasto energético com a manutenção (47,2 %). Mesmo a EMm tendo se comportado de forma linear com o aumento das variáveis ambientais, a avaliação deste índice percentual é puxada pela forte tendência da ingestão de EM e pela EBr. Chama a atenção também, nesta estimativa, que os dois extremos de temperatura avaliados aqui apresentaram 60,2 e 60,7 % de utilização da EMI em EMm (18,4 e 35,2 °C, respectivamente), possibilitando inferir que na situação extrema da temperatura ambiente que foi testada (18,4 e 35,2 °C), aproximadamente 40 % da EMI ficaria disponível para a produção. Estes dados estão de acordo com Sakomura et al. (2014), que já haviam confirmado que em ambiente termoneutro aproximadamente 40 % da EMI era destinada para a manutenção, mas que este valor poderia chegar a 60 % em situações de ambiente fora das faixas de termoneutralidade.

Os índices percentuais de EMI que são utilizados tanto na produção de calor (PC), como na energia bruta corporal retida (EBr) apresentam efeito quadrático semelhante (para temperatura:  $P < 0,001$  e para ITU:  $P < 0,01$ ), porém representam o inverso uma da outra, e deste modo, demonstram seus ápices em 26,6 °C. Este é o ponto de menor utilização de EMI para produção de calor, estimando que 60,01 % da mesma foi utilizada na PC da ave. O seu inverso, é o ponto de maior utilização da EMI atribuído para a EBr, que estima 39,99 % de utilização na retenção de energia. O intervalo observado entre estas últimas duas variáveis com o percentual de EMI que foi destinado para a manutenção representa o incremento de calor de produção.

O percentual de EMI que foi retido como EE apresentou efeito linear crescente ( $P < 0,001$ ) em função das variáveis térmicas do ambiente. O aumento da temperatura de 18,4 para 35,2 °C, aumentou linearmente de 17,6 para 27,7 % a proporção da EMI que é

destinada para retenção de EE. Já o percentual de EMI que foi retido como proteína, em efeito quadrático ( $P < 0,001$ ), apresentou maior destinação de energia (15,94 % da EMI) para a retenção de proteína em 26,18 °C.

A avaliação do percentual do total de EBr que foi destinada como gordura e proteína corporal apresentou efeito linear ( $P < 0,001$ ), porém com uma diferenciação entre as deposições teciduais devido as suas características. A variável % EBr como EE tem efeito crescente com o aumento das variáveis ambientais, e estima que em 18,4 °C foram destinados 54,2 % da EBr para a deposição de EE e, em 35,2 °C foram 65,3 %. Já a variável % EBr como PB tem efeito decrescente, e estima que em 18,4 °C foram destinados 45,7 % da EBr para a deposição de PB e, em 35,2 °C foram apenas 34,6 %. Estes dados reafirmam a maior predisposição na retenção de tecido magro em situação de temperatura mais baixa, e a maior retenção de gordura na temperatura mais elevada, corroborando com Zuprizal et al. (1993) e Baziz et al. (1990).

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados estimados neste estudo, foi possível concluir que a média de temperatura de 24,6 °C proporcionou os melhores índices de desempenho e a média da exigência de manutenção, para frangos de 8 a 14 dias de vida, foi estimada em 238 kcal/kg  $PV^{0,75}$ /dia, em comportamento linear decrescente com o aumento das variáveis térmicas do ambiente. Estes resultados evidenciam que frangos de corte de 8 a 14 dias de idade realizam ajustes metabólicos em função das variáveis ambientais, causando influência sobre as suas exigências de manutenção e desempenho zootécnico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, V. M. N., and P. G. Abreu. 2001. Diagnóstico bioclimático para a produção de aves no Oeste paranaense. CD-ROM in Proceedings: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, 30. UNIOESTE/SBEA. Foz do Iguaçu, Brasil.
- Ain Baziz, H., P. A. Geraert, J. C. F. Padilha, and S. Guillaumin. 1996. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat repartition in broiler carcasses. *Poult. Sci.* 75:505–513.
- Baêta, F. C., and C. F. Souza. 2010. *Ambiência em edificações rurais – conforto animal*. ed. UFV, Viçosa.
- Baziz, H. A., P. A. Geraert, and S. Guillaumin. 1990. Effects of high temperature and dietary composition on growth, body composition and retention in broilers. Pages 626-629 in Proc. VHIth European Poultry Conference, Vol. 1. Worlds Poult. Sci. Association, Barcelona, Spain.
- Baziz, H.A., P. A. Geraert, and S. Guillaumin. 1996. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poult. Sci.* 75:505-513.
- Boekholt, H. A., P. H. Van Der Grinten, V. V. A. M. Schreurs, M. J. N. Los, and C. P. Leffering. 1994. Effect of dietary energy restriction on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 35:603-614
- Brody, S. 1945. *Bioenergetics and growth*, 1st edn. Reinhold, New York.
- Buffington, D. E., R. J. Robert, and G. H. Canton. 1983. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Transactions of the ASAE* 26:1798-1802.



- Carré, B., and H. Juin. 2015. Partition of metabolizable energy, and prediction of growth performance and lipid deposition in broiler chickens. *Poult. Sci.* pev081.
- Cassuce, D. C. 2011. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. PhD Thesys. Univ. Federal de Viçosa, Viçosa.
- Cobb-Vantress Brasil, Ltda. 2014. Manual de manejo de frangos de corte. L-1020-02 Pt. Dez, 2014.
- De Oliveira, G. A. D., R. F. M. D. Oliveira, J. L. Donzele, P. R. Cecon, R. G. M. V. Vaz, and U. A. D. Orlando. 2006. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. *Rev. Bras. Zoot.* 35:1398-1405.
- Donkoh, A. 1989. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. *Int. J. Biometeorol.* 33:259-265.
- Donkoh, A., and C. C. Atuahene. 1988. Management of environmental temperature and rations for poultry production in the hot and humid tropics. *Int. J. Biometeorol.* 32:247-253.
- Dozier, W. A., A. Corzo, and M. T. Kidd. 2008. Apparent metabolizable energy needs of broiler chicks subjected to diverse ambient temperature regimens. *J. Appl. Poult. Res.* 17:134-140.
- Emmans, G. 1987. Growth, body composition and feed intake. *Worlds Poult. Sci. J.* 43:208-227.
- Fuller, H. L., Dale, N. M. and C. F. Smith. 1983. Comparison of heat production of chickens measured by energy balance and by gaseous exchange. *J. Nutr.* 113:1403-1408.

- Furlan, R.L. 2006. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. in Proc. Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Chapecó, Brasil. (CD-ROM).
- Garriga, C., R. R. Hunter, C. Amat, J. M. Planas, M. A. Mitchell, and M. Moreto. 2006. Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 290:R195-201.
- Geraert, P. A., J. C. F. Padilha, and S. Guillaumin. 1996 (a). Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens. 1. Growth performance, body composition and energy retention. *Br. J. Nutr.* 75:195-204.
- Geraert, P. A., J. C. F. Padilha, and S. Guillaumin. 1996 (b). Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: biological and endocrinological variables. *Br. J. Nutr.* 75:205-216.
- Hoffmann, E., and C. Shaffner. 1950. Thyroid weight and function as influenced by environmental temperature. *Poult. Sci.* 29:365-376.
- Hurwitz, S., M. Weiselberg, U. Eisner, I. Bartov, G. Riesenfeld, M. Sharvit, A. Niv, and S. Bornstein. 1980. The energy requirements and performance of growing chickens and turkeys as affected by environmental temperature. *Poult. Sci.* 59:2290-2299.
- Kleiber, M. 1975. *The fire of life*, 2nd edn. Wiley, New York.
- Koh, K., and M. G. Macleod. 1999. Effects of ambient temperature on heat increment of feeding and energy retention in growing broilers maintained at different food intakes. *Br. Poult. Sci.* 40:511-516.
- Levin, R. J. 1994. Digestion and absorption of carbohydrates - From molecules and membranes to humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 59:690S.
- Longo, F. A. 2000. Estudo do metabolismo energético e do crescimento em frangos de corte. Master Diss. Univ. Estadual Paulista, Jaboticabal.

- Longo, F. A., N. K. Sakomura, C. B. V. Rabello, A. N. Figueiredo, and J. B. K. Fernandes. 2006. Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. *Rev. Bras. Zoot.* 35:119-125.
- Lopez, G., and S. Leeson. 2005. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. *Poult. Sci.* 84:1069-1076.
- MacLeod, M. G. 1991. Fat deposition and heat production as responses to surplus dietary energy in fowls given a wide range of metabolizable energy: protein ratios. *Br. Poult. Sci.* 32:1097-1108.
- MacLeod, M. G. 1997. Effects of amino acid balance and energy:protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 38:405-411.
- McNabb, F. M. A. 2007. The hypothalamic-pituitary-thyroid (HPT) axis in birds and its role in bird development and reproduction. *Crit. Rev. Toxicol.* 37:163-193.
- Mitchell, M. A., and A. J. Carlisle. 1992. The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 101A: 137-142.
- Musharaf, N. A., and J. D. Latshaw. 1999. Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. *Worlds Poult. Sci. J.* 55:233-240.
- National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Puvadolpirod, S., and J. P. Thaxton. 2000. Model of physiological stress in chickens 4. Digestion and metabolism. *Poult. Sci.* 79:383-390.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. de Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. de T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. *Tabelas*

- brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3rd ed. Universidade Federal de Viçosa, MG, Brazil.
- Sakomura, N. K., and H. S. Rostagno. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. ed. Funep, Jaboticabal.
- Sakomura, N. K., F. A. Longo, C. B. Rabello, K. Watanabe, K. Pelícia, and E. R. Freitas. 2004. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. *Rev. Bras. Zoot.* 33:1758-1767.
- Sakomura, N. K., F. A. Longo, E. O. Oviedo-Rondon, C. Boa-Viagem, and A. Ferraudo. 2005. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. *Poult. Sci.* 84:1363-1369.
- Sakomura, N. K., H. S. Rostagno, and J. B. Fonseca. 1993. Determinação das equações de predição da exigência nutricional de energia para matrizes pesadas e galinhas poedeiras. *Rev. Bras. Zoot.* 22:723-31.
- Sakomura, N. K., L. Hauschild, and M. A. Bonato. 2014. Modelagem da Utilização da Energia nas Aves. Pages 594-620 in *Nutrição de não-ruminantes*. Sakomura, N.K., J. H. V. da Silva, F. G. Perazzocosta, J. B. K.Fernandes, and L. Hauschild. ed. Funep, Jaboticabal.
- Tinôco, I. F. F. 2001. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Braz. J. Poult. Sci.* 3:1-26,
- Waldroup, P. W., K. R. Hazen, W. D. Bussell, and Z. B. Johnson. 1976. Studies on the daily protein and amino acid needs of broiler breeders hens. *Poult. Sci.* 55:2342-2347.

- Wolynetz, M. S., and I. R. Sibbald. 1987. Need for comparative slaughter experiments in poultry research. *Poult. Sci.* 66:1961-1972.
- Yahav, S. 2000. Relative humidity at moderate ambient temperatures: its effect on male broiler chickens and turkeys. *Br. Poult. Sci.* 41:94-100.
- Zuprizal, L. M., A. M. Chagneau, and P. A. Geraert. 1993. Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals in broilers. *Poult. Sci.* 72:289-295.

**Tabela 1**

Ingredientes e valor nutricional das dietas pré-inicial e inicial utilizadas conforme as idades em dias.

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>1 a 7 dias</b>	<b>8 a 14 dias</b>
Milho	59,29	55,69
Farelo de soja (45%PB)	31,15	36,89
Glúten de milho (60%)	4	-
Fosfato bicálcico	1,95	1,58
Óleo de soja	1,09	3,6
Calcário calcítico	1	0,99
Sal	0,4	0,48
L-Lisina	0,4	0,21
DL-Metionina	0,29	0,21
MHA Metionina (84%)	-	0,11
L-Treonina	0,06	0,06
Bicarbonato de Na	0,11	-
Cloreto de Colina (60%)	0,07	0,04
Premix mineral <sup>1</sup>	0,07	0,07
Premix vitamínico <sup>2</sup>	0,04	0,04
Monensina (40%)	0,025	0,025
<b>Valor nutricional</b>		
Energia Metabolizável (kcal)	3000	3050
Proteína Bruta (%)	22	21,41
Ca (%)	0,92	0,84
P disponível (%)	0,46	0,41
Na (%)	0,21	0,21
Lisina dig. (%)	1,39	1,22
Metionina dig (%)	0,64	0,59
Metionina + Cistina dig. (%)	0,99	0,88
Treonina dig. (%)	0,93	0,79
Triptofano dig. (%)	0,25	0,24
Arginina dig.l (%)	1,36	1,36
Valina dig. (%)	1,1	0,91
Colina (mg/kg)	1500	1550
Na + K + Cl (mEq/kg)	200	222

<sup>1</sup>Composição premix mineral (mg/kg de ração) = mangênes: 88; zinco: 81,3; ferro: 62,5; cobre: 12,5; iodo: 1,25; selênio: 0,375.

<sup>2</sup>Composição premix vitamínico (por kg de ração) = Vitamina A: 9375 UI; Vitamina D3: 2375 UI; Vitamina E: 35 UI, Vitamina K3: 1,88 mg; Vitamina B1: 2,50 mg; Vitamina B2: 6,25 mg; Vitamina B6: 3,5 mg; Vitamina B12: 0,015 mg; Ácido Pantotênico: 12,5 mg; Ácido Nicotínico: 37,5 mg; Ácido Fólico: 0,875 mg; Biotina: 0,088 mg.

**Tabela 2**

Consumo de ração (CR), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA), de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação.

<b>Variáveis de Desempenho</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>P Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
<b>Consumo de Ração (g/ave/dia)</b>	$y = -87,33+12,33*T-0,2550*T^2$	Quad	<0,001	0,750	3,73
	$y = 1126+33,54*ITU-0,2367*ITU^2$	Quad	<0,001	0,532	5,10
<b>Ganho Médio Diário (g/ave/dia)</b>	$y = -106,3+11,94*T-0,2403*T^2$	Quad	<0,001	0,748	3,20
	$y = -755,2+22,14*ITU-0,1539*ITU^2$	Quad	<0,001	0,492	3,20
<b>Conversão Alimentar</b>	$y = 5,434-0,3203*T+0,006417*T^2$	Quad	<0,001	0,623	0,11
	$y = 15,68-0,3883*ITU+0,002651*ITU^2$	Quad	<0,01	0,300	0,09

\*Desvio padrão residual. Quad = Modelo de efeito quadrático.

**Tabela 3**

Gordura retida (EEr, g/ave/dia), proteína bruta retida (PBr, g/ave/dia) e energia bruta retida (EBr, kcal/ave/dia e kcal/kg de PV<sup>0,75</sup>/dia), de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU de criação.

Variáveis de Retenção	Modelo	Efeito	P Valor	R <sup>2</sup>	RSD*
<b>EEr</b> (g/ave/dia)	$y = -15,05 + 1,474 * T - 0,02732 * T^2$	Quad	<0,001	0,476	0,62
	$y = -63,15 + 1,776 * ITU - 0,01161 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,417	0,58
<b>PBr</b> (g/ave/dia)	$y = -15,11 + 1,635 * T - 0,03243 * T^2$	Quad	<0,001	0,724	0,43
	$y = -96,82 + 2,820 * ITU - 0,01946 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,494	0,39
<b>EBr</b> (kcal/ave/dia)	$y = -234,9 + 24,27 * T - 0,4709 * T^2$	Quad	<0,001	0,669	6,74
	$y = -1286 + 37,04 * ITU - 0,2520 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,456	6,31
<b>EBr</b> (kcal/PV <sup>0,75</sup> /dia)	$y = -413,9 + 47,01 * T - 0,9030 * T^2$	Quad	<0,001	0,561	16,14
	$y = -1886 + 55,69 * ITU - 0,3729 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,392	15,64

\*Desvio padrão residual. Quad = Modelo de efeito quadrático.



**Tabela 4**

Energia metabolizável ingerida (EMI), produção de calor (PC) e energia metabolizável de manutenção (EMm) em g/ave/dia e kcal/kg de PV<sup>0,75</sup>/dia, e incremento de calor de produção (IC de produção: kcal/ave/dia) de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU de criação.

<b>Variáveis de Composição da EMm</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>P Valor</b>	<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	<b>RSD*</b>
<b>EMI kcal/ave/dia</b>	$y = -282,3 + 39,85 * T - 0,8246 * T^2$	Quad	<0,001	0,750	12,06
	$y = -3640 + 108,4 * ITU - 0,7652 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,532	16,51
<b>EMI (kcal/PV<sup>0,75</sup>/dia)</b>	$y = -133,0 + 54,65 * T - 1,168 * T^2$	Quad	<0,001	0,666	24,59
	$y = -4833 + 152,5 * ITU - 1,088 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,488	30,47
<b>PC (kcal/ave/dia)</b>	$y = 165 - 1,915 * T$	Line	<0,01	0,292	12,52
	$y = 224,1 - 1,482 * ITU$	Line	<0,05	0,189	13,40
<b>PC (kcal/PV<sup>0,75</sup>/dia)</b>	$y = 428,5 - 4,949 * T$	Line	<0,001	0,319	31,36
	$y = 627,5 - 4,467 * ITU$	Line	<0,01	0,283	32,17
<b>IC de produção (kcal/ave/dia)</b>	$y = -70,95 + 7,420 * T - 0,1440 * T^2$	Quad	<0,001	0,678	2,02
	$y = -399,5 + 11,53 * ITU - 0,07850 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,489	1,82
<b>EMm (kcal/ave/dia)</b>	$y = 151,3 - 2,287 * T$	Line	<0,001	0,375	12,81
	$y = 237,6 - 1,988 * ITU$	Line	<0,001	0,309	13,47
<b>EMm kcal/PV<sup>0,75</sup>/dia</b>	$y = 370,1 - 4,930 * T$	Line	<0,01	0,303	32,40
	$y = 582,6 - 4,646 * ITU$	Line	<0,01	0,294	32,62

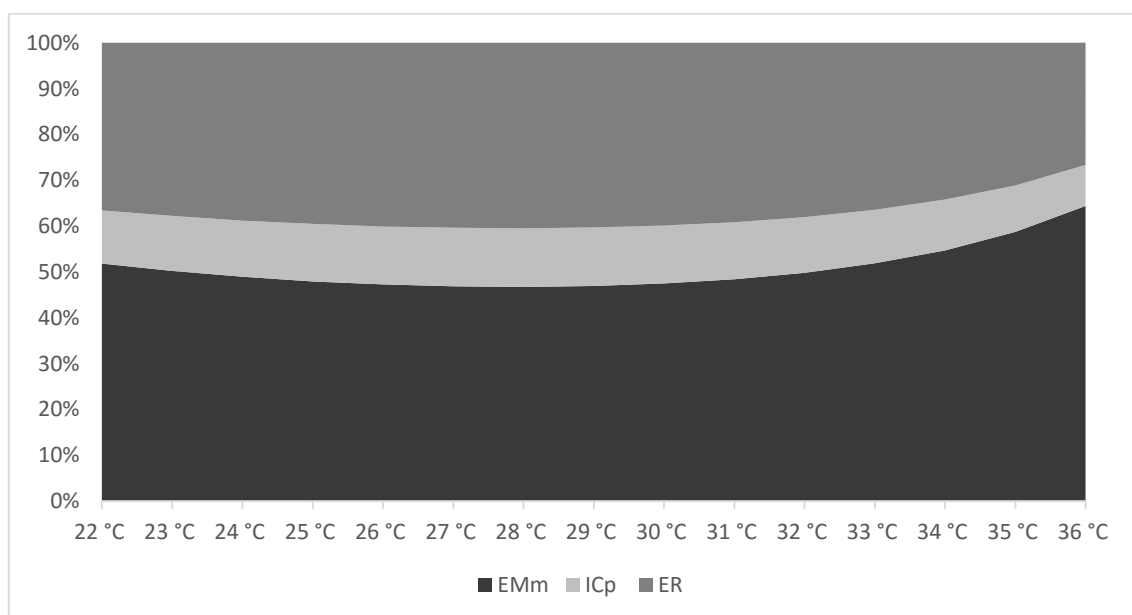
\*Desvio padrão residual; Line = Modelo de efeito linear; Quad = Modelo de efeito quadrático.

**Tabela 5**

Percentuais de EMI utilizados como energia metabolizável de manutenção (EMm), produção de calor (PC), energia bruta retida (EBr), gordura retida (EEr) e proteína bruta retida (PBr) e, percentual de energia retida (EBr) como proteína (PB) e como gordura (EE) de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função da temperatura e do ITU do ambiente de criação.

<b>% de EMI</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>P Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
<b>Utilizado como EMm</b>	$y = 181,8 - 10,07 * T + 0,1884 * T^2$	Quad	<0,001	0,463	4,28
	$y = 847,8 - 21,76 * ITU + 0,1479 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,323	4,81
<b>Utilizado como PC</b>	$y = 164,9 - 7,872 * T + 0,1477 * T^2$	Quad	<0,001	0,454	3,39
	$y = 691,6 - 17,19 * ITU + 0,1170 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,316	3,80
<b>Retido como EB</b>	$y = -64,89 + 7,872 * T - 0,1477 * T^2$	Quad	<0,001	0,454	3,39
	$y = -591,6 + 17,19 * ITU - 0,1170 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,316	3,80
<b>Retido como EE</b>	$y = 6,533 + 0,6032 * T$	Line	<0,001	0,378	3,35
	$y = -21,69 + 0,5989 * ITU$	Line	<0,001	0,406	3,27
<b>Retido como PB</b>	$y = -17,66 + 2,567 * T - 0,04902 * T^2$	Quad	<0,001	0,394	1,22
	ITU	NS	NS	NS	NS
<b>% EBr como EE</b>	$y = 41,99 + 0,6641 * T$	Line	<0,001	0,483	2,98
	$y = 15,18 + 0,6009 * ITU$	Line	<0,001	0,431	3,12
<b>% EBr como PB</b>	$y = 58,01 - 0,6641 * T$	Line	<0,001	0,483	2,98
	$y = 84,82 - 0,6009 * ITU$	Line	<0,001	0,431	3,12

\*Desvio padrão residual; Line = Modelo de efeito linear; Quad = Modelo de efeito quadrático.



**Figura 1**

Partição percentual da energia metabolizável ingerida (EMI), em energia retida (ER), incremento de calor de produção (ICp) e energia metabolizável de manutenção (EMm), de frangos de corte de 8 a 14 dias de idade, em função do aumento da temperatura ambiente.

## **CAPÍTULO IV**

### **Desempenho e rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte submetidos a diferentes temperaturas nas idades iniciais**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas de publicação da **Brazilian Journal of Poultry Science**.

## **Desempenho e rendimento de carcaça e cortes de frangos submetidos a diferentes temperaturas nas idades iniciais**

Rodrigo Borille<sup>1a</sup>, Priscila de Oliveira Moraes<sup>a</sup>, Kátia Maria Cardinal<sup>a</sup>, Marcos Speroni Ceron<sup>a</sup>, Rafael Dal Forno Gianluppi<sup>a</sup>, Alexandre de Mello Kessler<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Federal University of Rio Grande do Sul, Department of Animal Science, PO Box 7712, 91540-000 Porto Alegre, RS, Brazil

---

<sup>1</sup> Corresponding author e-mail address: borille.r@hotmail.com  
P.O. Borille  
Departament of Animal Science,  
Federal University of Rio Grande do Sul  
Porto Alegre, RS, Brazil  
Phone: +55 51 3308 6854

## **Resumo**

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da temperatura e do índice de temperatura e umidade (ITU) na criação de frangos de corte de 1 e 14 dias de idade sobre o seu desempenho subsequente e composição de carcaça e cortes. Foram utilizados 300 frangos, machos, de linhagem Cobb500, alojados em 30 boxes, onde cada box recebeu uma temperatura diferente até os 14 dias de idade. Após os 14 dias, todos receberam a mesma temperatura até os 39 dias. O desempenho foi medido pelas variáveis de consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP) e peso médio (PM). Ao final do experimento (39d) foi avaliado o rendimento de carcaça e cortes. Os dados foram submetidos a análise de regressão, e as médias de temperatura e de ITU dos 14 dias iniciais de cada um dos boxes foram consideradas como variáveis independentes. Os resultados de desempenho de 1 a 21 e de 1 a 28 dias permitiram estimar que o CR, GP e PM foram maiores para os frangos que receberam temperatura entre 23,8 e 24 °C até os 14 dias de idade, porém a CA demonstrou seu pior índice (1 a 28 dias) em 24 °C. Nas idades de 1 a 35 e de 1 a 39 dias, foi possível estimar que o CR, GP e PM foram maiores para os frangos que receberam temperatura entre 22,6 e 23,7 °C até os 14 dias de idade. Os pesos de carcaça, de perna, de coxa e de peito, apresentaram sua maior estimativa em 23,8 °C, 24,9 °C, 23,1 °C e, 23,7 °C de temperatura, respectivamente, nas idades iniciais. Concluiu-se que, as temperaturas entre 22,6 e 24 °C até os 14 dias de idade se mostraram mais favoráveis para o desempenho produtivo e rendimentos de corte dos frangos.

Palavras-chave: ambiente térmico, consumo de ração, ganho de peso, ITU

## **Introdução**

O alojamento em ambiente termoneutro favorece a melhor absorção do saco vitelínico e aumenta a ingestão precoce de ração, que são processos considerados fundamentais para melhorar o desempenho também nas fases subsequentes destes animais.

O ambiente que envolve os animais compreende todos os elementos físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que influenciam o seu desenvolvimento e crescimento (Cassuce, 2011). Dentre estes, os elementos climáticos componentes do ambiente térmico do animal incluem temperatura, umidade relativa, movimentação do ar e radiação e são tidos entre os mais relevantes, por exercerem ação direta e imediata sobre as respostas comportamentais, produtivas e reprodutivas dos animais (Baêta & Souza, 2010). O ambiente térmico influencia a produtividade dos animais por alterar sua troca de calor com o ambiente e pode modificar a taxa de consumo de alimentos, a taxa de ganho de peso corporal e, conseqüentemente, as exigências nutricionais (Curtis, 1983).

A alta temperatura influencia a manutenção da homeotermia, com o conseqüente comprometimento do desempenho, atribuído, principalmente, à ineficiência das aves em eliminar o excesso de calor corporal (De Oliveira 2006; Donkoh & Atuahene, 1988). Entretanto, em situação ambiental abaixo da zona de conforto, o frango destina parte da energia ingerida para gerar calor, na tentativa de manutenção da temperatura corporal, levando à redução da produtividade (McDowell, 1974), alteração na retenção dos constituintes corporais e provocar diversas mudanças adaptativas e fisiológicas (De Oliveira, 2006), entre elas a modificação no tamanho dos órgãos, e dos membros do corpo como peito, pernas, e coxa, além da gordura abdominal e quantidade de penas.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho subsequente e a composição de carcaça e cortes, de frangos que foram criados em diferentes temperaturas nas idades iniciais (1 a 14 dias).

### **Material e métodos**

O experimento foi realizado em uma instalação experimental de produção de frangos de corte. Foram adquiridos em incubatório comercial (Cooperativa Languiru – Teutônia-RS, Brasil) 300 frangos de corte (linhagem Cobb 500<sup>®</sup>, desempenho superior), machos,

com 1 dias de idade, e alojados em 30 boxes (1 x 1 x 1 metros para comprimento, largura e altura, respectivamente), com densidade de 10 aves/m<sup>2</sup>. A cama dos boxes era composta de maravalha de madeira (pínus) com 10 cm de altura, e a iluminação da sala era feita por lâmpadas fluorescentes do tipo PL23 de 30W, sendo a mesma fornecida e distribuída de acordo com a recomendação do manual da linhagem (Cobb500) para todos os boxes. Os bebedouros eram do tipo níppe, e os comedouros no formato tubular manual com pratos adaptados de comedouros do tipo automático.

A sala experimental foi equipada com aquecedores a gás para gerar calor próximo a temperatura de 36 °C em uma extremidade e, na outra extremidade com aparelho de ar condicionado (45.000 BTUs) para gerar frio em temperatura próxima a 18 °C. Esta formação permitiu gerar uma amplitude térmica que variou de 18,4 °C (box representando o ponto de menor média de temperatura, com 68 % de umidade relativa do ar) até 35,2 °C (box representando o ponto de maior média de temperatura, com 39 % de umidade relativa do ar). Assim, ficaram distribuídas pela sala experimental diferentes temperaturas, de modo que cada box recebeu uma condição ambiental diferente dos demais, denominado ponto de observação, perdurando de 1 a 14 dias de idade dos frangos. A partir dos dados de temperatura e umidade coletados em cada um dos boxes, foi calculada a média dos índices de temperatura e umidade - ITU – para cada um destes boxes, de acordo com a equação determinada por Buffington et al. (1982):  $ITU = 0,8 Tbs + UR (Tbs - 14,3) / 100 + 46,3$  em que ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional; Tbs = temperatura de bulbo seco, °C; UR = umidade relativa do ar, %. O ITU foi classificado, segundo a recomendação de Abreu e Abreu (2001), como situação de conforto para a primeira semana valores variando entre 72,4 e 80 e para a segunda semana valores variando entre 68,4 e 76. As variáveis do ambiente térmico



(temperatura e umidade) foram coletadas a cada duas horas (para todos os dias durante os 14 dias iniciais) em cada um dos boxes, e do mesmo modo foi estimado o ITU. Posteriormente estes dados foram utilizados para calcular as médias de temperatura e de ITU para os 14 dias de observação em cada um dos boxes, para serem utilizadas como variável independente nas análises estatísticas. Após os 14 dias, todos os boxes passaram a receber a mesma temperatura e umidade do ambiente, de acordo com as recomendações do manual da linhagem até o final dos 39 dias, conforme pode ser observado na Tabela 1. Todos os pintos receberam a mesma ração e água a vontade durante todo o período. A ração foi formulada levando em consideração as exigências nutricionais para pintos de corte conforme as fases de vida, seguindo as recomendações das tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2011), conforme pode ser observado na Tabela 2.

Durante todo o período de criação foram realizadas mensurações de desempenho zootécnico. O consumo de ração foi aferido por meio da pesagem das sobras dos comedouros entre o primeiro e o último dia de cada período, e expresso como consumo (g) por ave por período; o ganho de peso foi aferido nos mesmos dias do consumo de ração, obtendo-se o peso total de cada box, calculado assim o ganho médio do período (g/ave/período). A conversão alimentar foi estimada pela relação entre o consumo e o ganho de cada período e expressa em g/g. Ao final dos 39 dias, cinco frangos de cada box foram selecionados pelo peso médio, insensibilizados e abatidos por deslocamento cervical. Em seguida, foram depenados e pesados novamente e, por diferença foi estimado o peso absoluto de penas. Posteriormente uma equipe devidamente treinada fez a retirada das cabeças, pés e vísceras, para obtenção do peso absoluto de carcaça, e realizaram os procedimentos para obtenção dos índices de rendimento de cortes: separação da gordura abdominal, corte de perna, corte de coxa, e corte peito.

As equações de predição foram determinadas por análise de regressão utilizando-se o software estatístico Minitab 17<sup>®</sup>, onde a média semanal da temperatura e do ITU de cada box até os 14 dias foi considerada como variável independente, e as variáveis de desempenho e, de avaliação de carcaça e cortes, foram consideradas como dependentes em função das variáveis ambientais. Foram considerados significativos os modelos que apresentaram diferença significativa com  $p < 0,05$ .

### **Resultados e discussão**

O consumo de ração (CR, g/ave), o ganho de peso (GP, g/ave), e o peso médio (PM, g/ave) para o período de 1 a 21 dias de idade (Tabela 3) apresentaram comportamento quadrático ( $p < 0,001$ ) quando relacionados em função da temperatura e do ITU ao qual foram submetidos até os 14 dias de idade. A conversão alimentar de 1 a 21 dias não apresentou relação significativa ( $p > 0,05$ ) em função da temperatura e do ITU em estudo.

O consumo de ração foi maior em 23,8 °C (com ITU próximo a 70 que seria caracterizado abaixo da zona termoneutra para a primeira semana, porém dentro dos limites suportados para a segunda semana, conforme sugerido por Abreu e Abreus (2001)), totalizando ingestão de 1279,9 g/ave, e a estimativa para a temperatura mais baixa atingida (18,4 °C) é uma pequena redução de 7,7 %. Porém, em temperatura alta (35,2 °C) a estimativa é uma redução de 33,1 %. A variável GP posicionou-se de forma muito semelhante ao consumo, onde atingiu seu ápice em 23,9 °C (com ITU próximo a 70 considerado semelhante ao consumo de ração) totalizando 942,7 g/ave. Deste modo, é estimada uma penalização semelhante no ganho de peso em ambiente mais frio (18,4 °C) chegando a 7,6 %, porém, em ambiente quente (35,2 °C) a penalização no ganho pode atingir 30 %. O maior PM é estimado em 992,73 g/ave na temperatura de 24 °C (ITU próximo a 70, considerado ideal para a segunda semana, e muito baixo para a primeira

semana conforme Abreu e Abreu (2001)), este valor é reduzido pelo efeito do frio em 7,3 % (18,4 °C) e pelo efeito do calor em 29,2 % (35,2 °C) nas idades iniciais.

Silva et al. (2009) avaliando diferentes temperaturas com três tratamentos (alta temperatura 35 °C, 34 °C e 32 °C; Controle, 32 °C, 31 °C e 28 °C e; baixa temperatura 28 °C, 26 °C e 22 °C, para 1 a 3, 4 a 7 e 8 a 14 dias de idade, respectivamente), encontraram efeito significativo da temperatura ambiente sobre o consumo de ração no período de 1 a 21 dias de idade, sendo menor no ambiente de temperatura alta em relação aos demais. Os autores indicaram ainda que a baixa temperatura provocou o pior resultado de conversão alimentar, seguida pela temperatura controle. Lana et al. (2000) testaram duas temperaturas e verificaram que a estas influenciaram significativamente o consumo alimentar e o peso corporal, porém, não afetaram a conversão alimentar. Resultados semelhantes foram encontrados por Perrault & Leeson (1992), que verificaram efeito significativo da temperatura sobre o peso corporal e o consumo de ração em frangos de corte.

Faria Filho (2003) testou três tratamentos (ambiente frio 21,1 °C de 7 a 14 dias e, 18,3 °C de 15 a 21 dias; ambiente termoneutro 29 °C de 7 a 14 dias e 26,3 °C de 15 a 21 dias e; ambiente quente 33,6 °C de 7 a 14 e 33,3 °C 15 a 21 dias) e observou que aos 21 dias de idade os pintos criados em temperatura quente apresentaram menor CR (788 g) em relação aos criados em temperatura fria (1006 g) e termoneutra (991 g). Observou também que o GP foi melhor no tratamento termoneutro (720 g), intermediário no frio (667 g) e, pior no quente (540 g). Assim também, observaram que o PM diferiu significativamente da mesma forma que o GP, com 882 g no termoneutro, 829 g no frio, e 702 g no quente.

Os resultados de desempenho do período de 1 a 28 dias são apresentados na Tabela 4. O consumo de ração (CR, g/ave), o ganho de peso (GP, g/ave), e o peso médio (PM,

g/ave) apresentaram comportamento quadrático quando relacionados em função da temperatura e do ITU ( $p < 0,001$ ) das idades iniciais. A conversão alimentar de 1 a 28 dias foi significativa ( $p < 0,05$ ) em função da temperatura, mas não apresentou relação significância ( $p > 0,05$ ) em função do ITU do ambiente nas idades iniciais.

As estimativas para CR no período de 1 a 28 dias demonstram que o maior consumo ocorre quando os frangos são alojados em 24 °C (ITU próximo a 70) nos primeiros 14 dias de idade. Esta observação permite estimar um consumo de 2314,9 g/ave no período para esta condição ambiental, porém, resulta em decréscimo de 6,7 % quando alojado em temperatura mais fria (18,4 °C), e decaindo ainda mais (26,9 %) quando em temperatura de 35,2 °C. A variável GP acompanha semelhantemente o CR, obtendo estimativa de maior GP (1591,7 g/ave) com 23,9 °C (ITU próximo a 70) nas idades iniciais. Sua redução esperada na situação de frio (18,4 °C) é de 5,05 %, e na situação de calor 20,7 % (35,2 °C). Assim também, a CA ( $p < 0,05$ ) apresenta seu maior resultado (1,44:1) em 28 dias quando os frangos foram submetidos a 24 °C nas idades iniciais, indicando uma maior ineficiência no processo de converter a ração em ganho de peso. Como o seu comportamento é quadrático, as estimativas de melhor conversão alimentar aparecem com o aumento ou com a diminuição da temperatura de criação nas fases iniciais. Conforme foi estimado, em temperatura mais baixa (18,4 °C) a conversão seria de 1,42:1 (melhora de 1,7 %) e, em temperatura mais alta (35,2 °C) seria de 1,35:1 (representando melhora de 6,6 %).

Já a variável de PM tem seu ápice em 1639,2 g/ave com 23,9 °C (ITU próximo a 70). A influência do frio (18,4 °C) e do calor (35,2 °C) nas idades iniciais, causou reduções estimadas de 4,8 % e 20,03 % no PM, respectivamente.

Os resultados de desempenho do período de 1 a 35 dias são apresentados na Tabela 5. O consumo de ração (CR, g/ave), o ganho de peso (GP, g/ave), a conversão alimentar (CA) e o peso médio (PM, g/ave) apresentaram comportamento quadrático quando relacionados em função da temperatura ( $p < 0,001$ ) e do ITU ( $p < 0,01$ ) das idades iniciais. Quando receberam temperatura de 23,7 °C (ITU na faixa de 70) na idade de 1 a 14 dias, os frangos apresentam maior consumo de ração estimado (3538,8 g/ave) no final dos 35 dias de idade. Se criados em 18,4 °C o consumo de ração tende a cair em 4,5 %, porém, em temperaturas de 35,2 °C o consumo é afetado em 20,6 % no final do período de 35 dias. O mesmo ocorre com o GP, que em 23,6 °C (ITU na faixa de 70) apresenta sua maior estimativa (2314,4 g/ave), resultando em uma pequena redução de 3,1 % quando criados em temperatura fria (18,4 °C), porém, afetado em 15,1 % quando criados em temperatura quente (35,2 °C).

A estimativa da CA, entretanto, demonstra maior ineficiência dos animais criados em temperatura de 23,1 °C (69,6 de ITU) nas idades iniciais, pois neste ponto aparece o pior índice para esta variável (1,52:1) em 35 dias de idade. Ocorre neste caso, semelhantemente a fase anterior, uma melhora dos índices de conversão nos extremos das variáveis ambientais avaliadas, onde é estimado que a CA atinja 1,50:1 (melhora de 1,5 %) em 18,4 °C e 1,41:1 (melhora de 7,4 %) em 35,2 °C. Com uma temperatura muito semelhante (23,6 °C, e ITU próximo a 70) de criação, estimou-se que o PM apresentou o seu maior resultado, sendo de 2361,9 g/ave. Este desempenho é reduzido em 3 % e em 14,7 % em temperatura de 18,4 e 35,2 °C, respectivamente.

Os resultados de desempenho do período de 1 a 39 dias são apresentados na Tabela 6. O consumo de ração (CR, g/ave), o ganho de peso (GP, g/ave), a conversão alimentar

(CA) e o peso médio (PM, g/ave) apresentaram comportamento quadrático ( $p < 0,01$ ) quando relacionados em função da temperatura e do ITU das idades iniciais.

A variável de CR aos 39 dias se mostrou mais alta nas estimativas quando os frangos foram submetidos a uma temperatura de 23,5 °C (com ITU próximo a 69) nas idades iniciais, estimando consumo médio de ração para o período em 4181,1 g/ave. Observa-se uma redução de 3,5 % quando os mesmos são criados com temperatura média de 18,4 °C entre as idades de 1 a 14 dias, mas quando criados com média de temperatura mais alta (35,2 °C) nesta idade, a redução no consumo de ração atinge 18,2 % ao final dos 39 dias. A redução do consumo voluntário dos frangos de corte mantidos sob ambiente de estresse por calor em relação àqueles sob conforto térmico tem sido relatada por vários autores (Charles et al., 1981; Howlider & Rose, 1987; Baziz et al., 1996; Cheng et al., 1997).

As estimativas demonstram maior GP em 23,1 °C (ITU de aproximadamente 69) de temperatura (2591,4 g/ave), este valor sofre pequena redução (2,1 %) em relação a temperatura mais baixa (18,4 °C), entretanto, quando criados em temperatura mais alta (35,2 °C) nas idades iniciais, a queda no GP chega a 13,99 % (2228,8 g/ave).

Lana et al. (2000) concluíram que a temperatura ambiente e a restrição alimentar influenciaram negativamente o desempenho produtivo dos frangos ao final do experimento. Os autores observaram diminuição de 15 % no consumo de ração e no ganho de peso, no entanto, não observaram influência sobre a conversão alimentar.

Na mesma tendência que a CA já vinha apresentando nas avaliações anteriores, suas estimativas para o período total de 39 dias também demonstram uma piora em seu índice (1,61:1) na temperatura de 23,6 °C (ponto de estimativa máxima da equação) na fase inicial. Neste caso, a temperatura mais baixa (18,4 °C) provocou uma melhora de 2,6 % (1,57:1) e a temperatura mais alta (35,2 °C) melhorou em 6,3 % (1,51:1) a conversão

alimentar. Estes resultados indicam que os frangos que passaram por temperaturas mais altas nas idades iniciais se tornaram mais eficientes com o passar da idade, já aqueles que receberam temperaturas mais baixas, apesar de saírem na frente no desempenho e o mantendo até o final, passam a converter pior a ração em ganho de peso. Sartori et al. (2001) também observaram que as aves criadas em ambiente frio e termoneutro apresentaram um índice de conversão alimentar maior que as criadas no ambiente quente. Desta forma, Dagher (1995) relata que a eficiência alimentar para frangos de corte é máxima aos 27 °C, sendo sempre reduzida em temperaturas abaixo de 21 °C, resultado semelhante foi observado neste experimento, porém aos 23,6 °C de temperatura.

O maior peso médio aos 39 dias é estimado quando os frangos foram submetidos a temperatura de 22,6 °C (ITU próximo a 68,5), apresentando 2626,4 g/ave. Nesta equação a redução da temperatura para 18,4 °C o PM causa uma redução de 1,5 % (2584,9 g/ave), porém, o aumento da temperatura para 35,2 °C a redução chegaria a 13,46 % (2272,9 g/ave).

Sartori et al. (2001) verificaram menor PM e GP nos frangos criados em ambiente quente quando comparados ao ambiente termoneutro e frio. Os autores associaram este resultado ao menor consumo de ração do grupo que estava em ambiente quente. Os autores indicaram ainda que as aves em ambiente frio consumiram mais ração, ao final do período, do que o grupo que estava em ambiente termoneutro. Vários autores têm relatado queda de desempenho em lotes de frangos de corte criados em períodos quentes, em decorrência de menor consumo de ração, com menores ganhos de peso e peso final (Teeter et al., 1989; May & Lott, 1992), como foi observado no atual estudo. De Oliveira et al. (2006) testaram 16, 20, 25 e 32 °C após os 21 dias de idade e constataram que os tratamentos influenciaram de forma quadrática o ganho de peso (GP) das aves, que

aumentou até a temperatura estimada de 24,4 °C. O GP das aves mantidas a 32 °C foi 21,3% menor que o das aves mantidas em temperatura ambiente de 25 °C. Oliveira Neto et al. (2000), por sua vez, trabalhando com frangos de corte em ambientes de conforto (23 °C) e de calor (32 °C) recebendo quantidades iguais de ração, constataram diminuição de 16% no crescimento das aves com o aumento da temperatura ambiente.

Nas avaliações de composição de carcaça e cortes (Tabela 7), as variáveis de gordura abdominal (g/ave) e peso de penas (g/ave) não apresentaram relações significativas ( $p>0,05$ ) tanto para temperatura quanto para o ITU de criação nas idades de 1 a 14 dias. Assim também, as variáveis de peso de perna (g/ave) e peso de coxa (g/ave) não apresentaram relação significativa ( $p>0,05$ ) apenas em função do ITU. As demais avaliações apresentadas na Tabela 8 demonstraram efeito quadrático ( $p<0,05$ ) em função do aumento das variáveis ambientais.

O maior peso de carcaça (2022,6 g/ave) foi estimado nos frangos que foram submetidos a temperatura de 23,8 °C (ITU próximo a 70) nas idades iniciais. Com a diminuição desta temperatura para 18,4 °C a estimativa é de redução de 3 % no peso da carcaça, porém, aqueles frangos que foram criados em temperatura mais alta (35,2 °C) apresentaram redução de 13,16 % em relação ao maior peso.

O peso de pernas apresenta maior resultado em 24,9 °C com 241,8 g/ave. Este valor sofre um decréscimo de 4 % quando os frangos são criados em temperatura de 18,4 °C, porém, em situação de calor (35,2 °C) a redução atinge cerca de 10,1 % do seu peso. Efeito semelhante é estimado com o peso de coxas, porém, a temperatura nas idades iniciais que mais favoreceu o seu peso (337,5 g/ave) foi de 23,1 °C, com diminuição esperada de 1,1 % em 18,4 °C e 10,1 % em 35,2 °C nas idades iniciais. No desdobramento da interação entre temperatura ambiente e idade para peso do músculo da perna direita,



Sartori et al. (2001) observaram que o peso do músculo foi menor no ambiente quente do que no termoneutro aos 28 dias de idade. Porém, não observaram diferenças no peso do músculo em função da temperatura aos 7, 21, 35 e 42 dias de idade.

Na avaliação, o ápice do peso de peito demonstrou que o mesmo atinge 806 g/ave em 39 dias quando os frangos são submetidos a uma temperatura de 23,7 °C (ITU de 70,4) nas idades iniciais. Este valor fica 3,5 % menor quando a temperatura das idades iniciais for de 18,4 °C e 16,32 % menor quando a temperatura for de 35,2 °C. Efeito negativo da alta temperatura sobre o peso absoluto e o rendimento de peito das aves também foi verificado por Alleman & Leclerq (1997) e Oliveira Neto et al. (2000). No trabalho de De Oliveira et al. (2006) o efeito negativo da alta temperatura (32 °C) sobre o peso absoluto de peito foi maior que o da baixa temperatura (16 °C). Segundo estes autores, as reduções no peso absoluto do peito nas temperaturas de 32 e 16 °C corresponderam a 20,3 e 14,3 % em relação à observada na temperatura de 25 °C. Estes estudos, apesar de serem em idades diferentes, corroboram com o atual resultado no sentido de que a temperatura quente afetou mais o peso do peito do que a temperatura fria.

Lana et al. (2000) encontraram diferenças significativas para peso ao abate, peso da carcaça, peso de peito, peso de perna e coxa entre as duas temperaturas que avaliaram. Estes autores verificaram que os pesos de carcaça, peito, perna e coxa foram, em média, 14% menor para as aves criadas em altas temperaturas. Resultados semelhantes foram observados por Kubena et al. (1972), que verificaram diferenças significativas nos pesos de carcaça, peito, perna e coxa em frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade, quando criados em ambiente com altas temperaturas. Porém, são discordantes daqueles obtidos por Perrault & Leeson (1992), que não encontraram diferenças significativas sobre os

pesos de peito, perna e coxa em frangos de corte, aos 42 dias de idade, quando variaram a temperatura ambiente.

As variáveis de percentual de carcaça por ave, percentual de gordura abdominal por carcaça, percentual de penas por ave e, percentual de penas por carcaça, percentual de perna por carcaça, percentual de coxa por carcaça e, percentual de peito por carcaça, não apresentaram relação significativa ( $p>0,05$ ) em função da temperatura e do ITU de criação nas idades iniciais.

O peso de gordura abdominal por ave e o seu percentual relativo ao peso da carcaça, assim como o peso e o percentual de penas por ave não apresentaram relação significativa ( $p>0,05$ ) neste estudo, porém é comum o conhecimento do aumento da deposição de gordura e diminuição da quantidade de penas em ambientes quentes (Baziz et al., 1996). Já, Kessler et al. (2000) afirmaram que, à medida que as aves atingem a maturidade, depositam mais gordura corporal, uma característica relacionada à maturidade relativa, comum na maioria dos animais. Segundo Furlan (2006) alguns trabalhos têm mostrado uma relação entre o empenamento e a temperatura ambiente, de modo que o menor empenamento em aves estaria associado ao estresse por calor (Geraert et al., 1993). Cooper & Washburn (1998) também verificaram redução na cobertura das penas em altas temperaturas.

### **Conclusões**

Concluiu-se que, as temperaturas entre 22,6 e 24 °C até os 14 dias de idade se mostraram mais favoráveis para o desempenho produtivo subsequente e rendimentos de corte dos frangos aos 39 dias de idade, apesar de ter piorado a conversão alimentar.

A exposição de pintos de corte a temperaturas acima ou abaixo de 22,6 °C mostram efeito depressivo persistente no crescimento dos frangos até a idade de abate (39d).

### **Referências bibliográficas**

- Abreu, V. M. N., and P. G. Abreu. 2001. Diagnóstico bioclimático para a produção de aves no Oeste paranaense. CD-ROM in Proceedings: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, 30. UNIOESTE/SBEA. Foz do Iguaçu, Brasil.
- Alleman F, Leclercq B. Effects of dietary protein and environmental temperature on growth performance and water consumption of male broiler chickens. *British of Poultry Science* 1997; 38(05): 607-610.
- Baêta FC, Souza CF. *Ambiência em edificações rurais – conforto animal*. Viçosa: UFV; 2010.
- Baziz HA, Geraert PA, Padilha JCF, Guillaumin S. Chronic heat exposure enhance fat deposition and modifies muscles and fat partition in broiler carcasses. *Poultry Science* 1996; 75(04): 505-513.
- Buffington, D. E., R. J. Robert, and G. H. Canton. 1983. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Transactions of the ASAE* 26:1798-1802.
- Cassuce DC. *Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil*. [Tese de Doutorado]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- Charles DR, Groom CM, Bray TS. The effects of temperature on broilers: interactions between temperature and feeding regime. *British Poultry Science* 1981; 22(06): 475-481.
- Cheng TK, Hamre ML, Coon CN. Effect of environmental temperature, dietary protein, and energy on broiler performance. *Journal Applied of Poultry Science* 1997; 6(01): 1-17.

- Cooper MA, Washburn KW. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poultry Science* 1998; 77(02): 237-242.
- Curtis SE. Environmental management in animal agriculture. Ames: The Iowa State University, 1983.
- De Oliveira GA, de Oliveira RFM, Donzele JL, Cecon PR, Vaz RGMV, Orlando UAD. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2006; 35(04): 1398-1405.
- Donkoh A, Atuahene CC. Management of environmental temperature and rations for poultry production in the hot and humid tropics. *International Journal of Biometeorology* 1988; 32(04):247-253.
- Faria Filho DE de. Efeito de dietas com baixo teor proteico, formuladas usando o conceito de proteína ideal, para frangos de corte criados em temperaturas fria, termoneutra e quente. [Dissertação de Mestrado]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista, 2003.
- Furlan RL. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: *Simpósio Brasil Sul de Avicultura* 2006; 7(04).
- Geraert PA, Guillaumin S, Leclercq B. Are genetically lean broilers more resistant to hot climate? *British Poultry Science* 1993; 34(04): 643-653.
- Howlider MAR, Rose SP. Temperature and growth of broiler. *World Poultry Science* 1987; 43(03): 228-237.
- Kessler AM, Snizek PN, Brugalli I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: *Fundação de ciência e tecnologia avícolas* 2000; Anais...; p.107-133.

- Kubena LF, Lott BD, Deaton JW, Reece FN, May JD. Body composition of chicks as influenced by environmental temperature and selected dietary factors. *Poultry Science* 1972; 51(02): 517-522.
- Lana GRQ, Rostagno HS, Albino LFT, Lana AMQ. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição da carcaça de frangos de corte. *Revista Brasileira de zootecnia* 2000; 29(04): 1117-1123.
- May JD, Lott BD. Feed and water consumption patterns of broilers at high environmental temperatures. *Poultry Science* 1992; 71(02): 331-336.
- Mc Dowell RE. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. Zaragoza: Acribia, 1974. p.692.
- Oliveira Neto ARD, Oliveira RFMD, Donzele JL, Rostagno HS, Ferreira RA, Maximiano HDC, Gasparino E. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas controlada e dois níveis de energia metabolizável. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2000; 29(01): 183-190.
- Perrault N, Leeson S. Effect of environmental temperature, dietary energy, and feeding level on growth carcass composition of male broiler chickens to 35 days of age. *Canadian Journal of Animal Science* 1992; 72(04): 695-702.
- Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição dos alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV; 2011.
- Sartori JR, Gonzales E, Dal Pai V, Oliveira HND, Macari M. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e composição de fibras musculares esqueléticas de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2001; 30(06): 1779-1790.

Silva VK, Silva JDT, Gravena RA, Marques RH, Hada FH, Moraes VMB. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo extrato de leveduras e prebiótico e criados em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2009; 38(04): 690-696.

Teeter RG, Wiernusz C, Berlay T. Broilers exposed to acute heat distress are manageable. *Feedstuffs* 1989; 61:18-25.

Tabela 1. Distribuição das temperaturas conforme a idade

Idade (dias)	Temperatura (°C)
1 – 14	Cada box com sua temperatura diferente (18,4 ~ 35,2 °C)
14 – 16	28
16 – 21	26
21 – 39	23

Tabela 2. Ingredientes e valor nutricional das dietas experimentais utilizadas conforme as idades (dias) dos frangos.

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>1 a 7 d</b>	<b>08 a 21 d</b>	<b>22 a 35 d</b>	<b>36 a 39 d</b>
Milho	59.29	55.3	58.13	60.99
Farelo de soja (45%PB)	31.15	37.24	33.92	31.41
Gluten de milho (60%)	4			
Óleo de soja	1.09	3.61	4.53	4.67
Calcário calcítico	1	1.06	0.9	0.79
Fosfato bicálcico	1.95	1.56	1.35	1.09
Sal	0.4	0.48	0.46	0.43
Bicarbonato de Na	0.11			
L-Lisina	0.4	0.19	0.19	0.17
DL-Metionina	0.29	0.29	0.28	0.24
L-Treonina	0.06	0.06	0.05	0.02
Cloreto de Colina (60%)	0.07	0.05	0.05	0.05
Premix Mineral <sup>1</sup>	0.07	0.07	0.07	0.07
Premix Vitamínico <sup>2</sup>	0.04	0.04	0.04	0.04
Monensina (40%)	0.025	0.025	0.025	
<b>Valor nutricional</b>				
Energia Metabolizável (kcal)	3000	3050	3150	3200
Proteína Bruta (%)	22	21.2	19.92	19.01
Ca (%)	0.92	0.84	0.77	0.66
P disponível (%)	0.46	0.4	0.36	0.31
Na (%)	0.21	0.21	0.2	0.19
Lisina dig. (%)	1.39	1.21	1.13	1.06
Metionina dig. (%)	0.64	0.58	0.55	0.5
Metionina + Cistina dig. (%)	0.99	0.87	0.83	0.77
Treonina dig. (%)	0.93	0.79	0.74	0.68
Triptofano dig. (%)	0.25	0.2	0.23	0.21
Arginina dig. (%)	1.36	1.37	1.27	1.2
Colina (mg/kg)	1500	1500	1500	
Na + K + Cl (mEq/kg)	200	222	198	195

<sup>1</sup>Composição premix mineral (mg/kg de ração) = mangênes: 88; zinco: 81,3; ferro: 62,5; cobre: 12,5; iodo: 1,25; selênio: 0,375.

<sup>2</sup>Composição premix vitamínico (por kg de ração) = Vit. A: 9375 UI; Vit. D3: 2375 UI; Vit. E: 35 UI, Vit. K3: 1,88 mg; Vit. B1: 2,50 mg; Vit. B2: 6,25 mg; Vit. B6: 3,5 mg; Vit. B12: 0,015 mg; Ácido Pantotênico: 12,5 mg; Ácido Nicotínico: 37,5 mg; Ácido Fólico: 0,875 mg; Biotina: 0,088 mg.



Tabela 3. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade submetidos a diferentes temperaturas e ITU no ambiente de criação até os 14 dias.

<b>Variáveis de Desempenho</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>P Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
Consumo de Ração (g) de 1 a 21 dias	$y = -597,4 + 157,3 * T - 3,295 * T^2$	Quad	<0,001	0,646	64,57
	$y = -11710 + 370,8 * ITU - 2,646 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,550	72,87
Ganho de Peso (g) de 1 a 21 dias	$y = -393,4 + 111,4 * T - 2,322 * T^2$	Quad	<0,001	0,577	52,02
	$y = -8325 + 264,0 * ITU - 1,880 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,503	56,44
Peso Médio aos 21 dias	$y = -340,8 + 111,1 * T - 2,314 * T^2$	Quad	<0,001	0,575	52,10
	$y = -8246 + 263,1 * ITU - 1,874 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,501	56,48

\*Desvio padrão residual; T = média de temperatura do ambiente de criação de 1 a 14 dias; ITU = média de índice de temperatura e umidade do ambiente de criação de 1 a 14 dias de idade.

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte de 1 a 28 dias de idade submetidos a diferentes temperaturas e ITU do ambiente de criação até os 14 dias.

<b>Variáveis de Desempenho</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>P Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
Consumo de Ração (g) de 1 a 28 dias	$y = -560,5 + 239,5 * T - 4,987 * T^2$	Quad	<0,001	0,626	100,87
	$y = -17573 + 566,5 * ITU - 4,033 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,544	111,35
Ganho de Peso (g) de 1 a 28 dias	$y = 100,1 + 124,6 * T - 2,602 * T^2$	Quad	<0,001	0,482	71,05
	$y = -8810 + 296,7 * ITU - 2,116 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,423	74,96
Conversão Alimentar de 1 a 28 dias	$y = 1,033 + 0,03436 * T - 0,000715 * T^2$	Quad	<0,05	0,271	0,03
Peso Médio aos 28 dias	$y = 152,6 + 124,2 * T - 2,594 * T^2$	Quad	<0,001	0,479	71,12
	$y = -8731 + 295,8 * ITU - 2,109 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,421	75,00

\* Desvio padrão residual; T = média de temperatura do ambiente de criação de 1 a 14 dias; ITU = média de índice de temperatura e umidade do ambiente de criação de 1 a 14 dias de idade.

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte de 1 a 35 dias de idade submetidos a diferentes temperaturas e ITU do ambiente de criação até os 14 dias.

<b>Variáveis de Desempenho</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>P Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
Consumo de Ração de 1 a 35 dias	$y = 392,1+264,9*T-5,575*T^2$	Quad	<0,001	0,549	135,19
	$y = -18723+636,7*ITU-4,551*ITU^2$	Quad	<0,001	0,481	145,15
Ganho de Peso de 1 a 35 dias	$y = 835,5+124,9*T-2,637*T^2$	Quad	<0,001	0,400	87,27
	$y = -8335+305,1*ITU-2,185*ITU^2$	Quad	<0,01	0,361	90,02
Conversão Alimentar de 1 a 35 dias	$y = 1,106+0,03618*T-0,000783*T^2$	Quad	<0,001	0,416	0,02
	$y = -1,817+0,09651*ITU-0,000696*ITU^2$	Quad	<0,01	0,392	0,02
Peso Médio aos 35 dias	$y = 888,0+124,5*T-2,629*T^2$	Quad	<0,001	0,397	87,40
	$y = -8256+304,2*ITU-2,178*ITU^2$	Quad	<0,01	0,359	90,12

\* Desvio padrão residual; T = média de temperatura do ambiente de criação de 1 a 14 dias; ITU = média de índice de temperatura e umidade do ambiente de criação de 1 a 14 dias de idade.

Tabela 6. Desempenho de frangos de corte de 1 a 39 dias de idade submetidos a diferentes temperaturas e ITU do ambiente de criação até os 14 dias.

<b>Variáveis de Desempenho</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>P Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
Consumo de Ração de 1 a 39 dias	$y = 1094 + 262,5 * T - 5,580 * T^2$	Quad	<0,001	0,482	159,31
	$y = -17522 + 622,9 * ITU - 4,468 * ITU^2$	Quad	<0,001	0,401	171,26
Ganho de Peso de 1 a 39 dias	$y = 1270 + 114,4 * T - 2,476 * T^2$	Quad	<0,001	0,412	87,08
	$y = -7147 + 281,4 * ITU - 2,031 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,355	91,26
Conversão Alimentar de 1 a 39 dias	$y = 1,184 + 0,03621 * T - 0,000765 * T^2$	Quad	<0,01	0,372	0,02
	$y = -1,670 + 0,09407 * ITU - 0,000673 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,355	0,02
Peso Médio aos 39 dias	$y = 1465 + 102,4 * T - 2,257 * T^2$	Quad	<0,001	0,425	83,34
	$y = -6174 + 255,9 * ITU - 1,860 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,368	87,36

\*Desvio padrão residual; T = média de temperatura do ambiente de criação de 1 a 14 dias; ITU = média de índice de temperatura e umidade do ambiente de criação de 1 a 14 dias de idade.

Tabela 7. Peso da carcaça, peso de perna, peso de coxa e peso de peito de frangos de corte submetidos a diferentes temperaturas e ITU no ambiente de criação até os 14 dias de idade.

<b>Variáveis</b>	<b>Modelo</b>	<b>Efeito</b>	<b>p Valor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RSD*</b>
<b>De carcaça e cortes</b>					
Peso de Carcaça (g)	$y = 847,4 + 98,60 * T - 2,068 * T^2$	Quad	<0,01	0,345	75,65
	$y = -6104 + 232,1 * ITU - 1,658 * ITU^2$	Quad	<0,01	0,293	78,59
Peso de Pernas (g)	$y = 96,47 + 11,67 * T - 0,2342 * T^2$	Quad	<0,05	0,229	11,02
Peso de Coxas (g)	$y = 166,6 + 14,77 * T - 0,3191 * T^2$	Quad	<0,05	0,236	14,71
Peito (g)	$y = 243,6 + 47,41 * T - 0,9990 * T^2$	Quad	<0,01	0,303	40,70
	$y = -2997 + 108,9 * ITU - 0,7790 * ITU^2$	Quad	<0,05	0,243	42,41

\* Desvio padrão residual; T = média de temperatura do ambiente de criação de 1 a 14 dias; ITU = média de índice de temperatura e umidade do ambiente de criação de 1 a 14 dias de idade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha dos valores de eficiência (valores de  $K_g$  e  $K_p$ ) de retenção para composição dos cálculos de energia retida e constituintes corporais pode influenciar as exigências de manutenção. A existência de vários valores de  $K$  na literatura pode ser considerado um indicativo de que estes valores de eficiência ainda não foram totalmente elucidados pela pesquisa científica. Neste sentido este trabalho levou em consideração valores pré-estabelecidos que são amplamente conhecidos pela literatura.

A determinação do peso metabólico é um tema que sempre está em pauta nas pesquisas que envolvem exigências energéticas. Recentemente (2015) um grupo de pesquisadores do INRA (França), coordenados pelo renomado pesquisador J. Noblet, publicaram o estudo intitulado "Fasting heat production and metabolic BW in group-housed broilers", demonstrando que o expoente de 0,60 é mais preciso do que o 0,75 amplamente utilizado pela literatura, quando se tratando de animais mais jovens. A escolha deste expoente pelo pesquisador pode influenciar as exigências de manutenção, principalmente quando os estudos envolvem variáveis ambientais, pois ele está relacionado com a área de superfície animal, que pode influenciar a perda e a dissipação de calor metabólico ao ambiente. Levando em consideração que este trabalho teve sua execução iniciada antes da citada publicação, estes resultados poderão sofrer alterações impactantes nas conclusões se transformados para peso metabólico com expoente 0,60.

As respostas observadas no atual estudo demonstraram que frangos de idades de 1 a 7 e de 8 a 14 dias realizam ajustes metabólicos a fim de controlar a temperatura corporal em função das mudanças nas variáveis do ambiente térmico a que foram submetidos. Estes ajustes metabólicos causam efeitos nas retenções dos constituintes corporais, e conseqüentemente nas exigências de manutenção. Estes ajustes realizados pelos frangos nas idades iniciais em função das variáveis do ambiente térmico causam influências no desempenho em idades subsequentes. Em parte, este assunto já foi estudado anteriormente. Yahav e colaboradores publicaram diversos estudos demonstrando que a aclimação dos frangos causa influência no seu desempenho.

A indústria poderá se beneficiar deste estudo pois a determinação de um ajuste mais preciso na exigência de manutenção em função da variação ambiental poderá acarretar em maior lucratividade. Assim também pode acontecer ao produtor de frangos que, com base nestes resultados poderá utilizar aquecimento dos pinteiros a uma temperatura mais baixa do que é popularmente recomendado para as idades até 14 dias, obtendo desempenho semelhante ao final do período de criação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2015**. São Paulo, [2015]. 248p.
- AIRES, M. D. M. **Fisiologia**. 3. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2008.
- ARMSBY, H. P. **The nutrition of farm animals**. New York: Macmillan, 1917.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: Ed. UFV, 2010.
- BALDWIN, R. L.; BYWATER, A. C. Nutritional energetics of animals. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 4, p. 101-114, 1984.
- BALDWIN, R. L.; SAINZ, R. D. Energy partitioning and modeling in animal nutrition. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 15, p. 191-211, 1995.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006.
- BLAXTER, K. L. **Energy metabolism in animals and man**. Cambridge: University Press, 1989. 336 p.
- BLAXTER, K. L. Fasting metabolism and energy requirement by animals for maintenance. In: FESTSKRIFT til knud Breirem. [S.I.]: Gjovik, Norge, 1972. p. 19-36.
- BOCKOR, L. **Metabolismo energético de frangos de corte efeito da fibra e proteína da dieta e da frequência alimentar**. 167 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2013.
- BOEKHOLT, H. A. et al. Effect of dietary energy restriction on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 35, n. 4, p. 603-614, 1994.
- BONNET, S. et al. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 857-863, 1997.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Hafner Publishing Company, INC., 1945.
- CHWALIBOG, A. Energetics of animal production. **Acta Agriculturae Scandinavica**, London, v. 41, n. 2, p. 147-160, 1991.

CLOSE, W. H. The evaluation of feeds through calorimetry studies. In: WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. (Ed.). **Feedstuff evaluation**. Butterworths Cambridge, UK: The University Press, 1990. p. 21-39

DALE, N.; FULLER, H. Effect of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. II. Constant vs. cycling temperatures. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 7, p. 1434-1441, 1980.

DÄNICKE, S., et al. Effect of energy source and xylanase addition on energy metabolism, performance, chemical body composition and total body electrical conductivity (TOBEC) of broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [Berlim], v. 85, n. 9-10, p. 301-313, 2001.

DE GROOTE, G. Utilization of metabolizable energy. In: MORRIS, T. R.; FREEMAN, B. M. (Ed.). **Energy requirements of poultry**. Edinburgh: British Poultry Science, 1974. p. 113-133.

DE OLIVEIRA, G. A. D. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1398-1405, 2006.

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

EMMANS, G. Growth, body composition and feed intake. **World's Poultry Science Journal**, [Netherlands]. v. 43, n. 03, p. 208-227, 1987.

FARREL, D. J. General principles and assumptions of calorimetry. In: MORRIS, T. R.; FREEMAN, B. M. (Ed.). **Energy requirements of poultry**. Edinburgh: British Poultry Science, 1974. p. 1-23.

FERNANDES, M. H. M. R.; TORO-VELASQUEZ, P. A. Metabolismo Energético. In. SAKOMURA, N.K. et al. (Ed.) **Nutrição de não-ruminantes**, Jaboticabal: FUNEP, 2014. p. 594-620.

FRAPS, G. S. Relation of the protein, fat, and energy of the ration to the composition of chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 22, n. 6, p. 421-424, 1943.

FUKAYAMA, E. H., et al. Efeito da temperatura ambiente e do empenamento sobre o desempenho de frangos leves e semipesadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1272-1280, 2005.

FULLER, H. L.; DALE, N. M.; SMITH, C. F. Comparison of heat production of chickens measured by energy balance and by gaseous exchange. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v.113, p. 1403-1408, 1983.



FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 7., 2006, Chapecó. [Anais]. Chapecó, 2006. p. 104

FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V. D.; TINÔCO, I. D. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n.3, p.559-564, set. 2003.

GUILLAUME, J.; SUMMERS, J. D. Maintenance energy requirement of the rooster and influence of plane of nutrition on metabolizable energy. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 50, n. 2, p. 363-369, 1970.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 11. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2006.

HAI, L.; RONG, D.; ZHANG, Z. Y. The effect of thermal environment on the digestion of broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [Berlim], v. 83, n. 2, p. 57-64, 2000.

HOFFMANN, E.; SHAFFNER, C. Thyroid weight and function as influenced by environmental temperature. **Poultry Science**, Champaign, v. 29, n. 3, p. 365-376, 1950.

HORST, P.; MATHUR, P. K. Feathering and adaptation to tropical climates. In: EUROPEAN POULTRY CONFERENCE, 9., 1994, Glasgow. **Abstract...** Glasgow, 1994. p. 79-82.

HUSTON, T. M.; EDWARDS, H. M.; WILLIAMS, J. J. The effects of high environmental temperature on thyroid secretion rate of domestic fowl. **Poultry Science**, Champaign, v. 41, n. 2, p. 640-645, 1962.

JOINER, W. P.; HUSTON, T. M. The influence of high environmental temperature on immature domestic fowl. **Poultry Science**, Champaign, v. 36, n. 5, p. 973-978, 1957.

JUST, A.; FERNANDEZ, J. A.; JORGENSEN, H. Nitrogen balance studies and nitrogen retention. In: **PHYSIOLOGIE Digestive chez le Pore**, les Colloques de l'Inra, France: Ed. Jouy-en-Josas, 1982. p.111-122.

KESHAVARZ, K.; FULLER, H. The influence of widely fluctuating temperatures on heat production and energetic efficiency of broilers. **Poultry science**, Champaign, v. 59, n. 9, p. 2121-2128, 1980.

KESSLER, A. M.; WARPECHOWSKI, M. B.; BRUGALLI, I. Metabolismo energético em aves. In: **CURSO de Fisiologia da Digestão e Metabolismo de Nutrientes em Aves**. Jaboticabal: Unesp. 2004. p. 1-34

KIELANOWSKI J. Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals. In: SYMPOSIUM ON ENERGY METABOLISM, 3., 1965, London. Proceedings... London: Academic Press, 1965. p. 13-20.

KLEIBER, M. **The fire of life**: an introduction to animal energetics. New York: John Wiley and Sons Inc., 1961.

LATSHAW, J. D.; MORITZ, J. S. The partitioning of metabolizable energy by broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, p. 98–105, 2009.

LAWRENCE, T. L. L.; FOWLER, V. R. Efficiency and growth. In: LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. (Eds). **Growth of farm animals**. New York, NY: CABI Publishing, 2002. P. 216-228.

LE GOFF, G. et al. Digestibility and metabolic utilisation of dietary energy in adult sows: influence of addition and origin of dietary fibre. **British Journal of Nutrition**, London, v. 87, n. 04, p. 325-335, 2002.

LEESON, S.; CASTON, L.; SUMMERS, J. Broiler response to diet energy. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 4, p. 529-535, 1996.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Energy. In: LESSON, S.; SUMMERS, J. D. (Ed.). **Nutrition of the chicken**. 4th. ed. Guelph: University Book, 2001. cap. 2, p. 35-49

LONGO, F. A. et al. Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 119-125, 2006.

LONGO, F. A. **Estudo do metabolismo energético e do crescimento em frangos de corte**. 2000. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

LOPEZ, G.; DE LANGE, K.; LEESON, S. Partitioning of retained energy in broilers and birds with intermediate growth rate. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, p. 2162–2171, 2007.

LOPEZ, G.; LEESON, S. Review: energy partitioning in broiler chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 88, n. 2, p. 205-212, 2008.

LOPEZ, G.; LEESON, S. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 1069-1076, 2005.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Funep/Unesp, 1994.

MacLEOD, M. Fat deposition and heat production as responses to surplus dietary energy in fowls given a wide range of metabolizable energy: protein ratios. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 32, n. 5, p. 1097-1108, 1991.

MBAJIORJU, C. A.; NG'AMBI, J. W.; NORRIS, D. D. Voluntary feed intake and nutrient composition in chickens. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 6, n. 1, p. 20-28, 2011.

McDONALD, P. **Animal nutrition**. 6th ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2002. 693 p.

MILLER, M. R.; REINECKE, K. J. Proper expression of metabolizable energy in avian energetics. **The Condor**, Berkeley, v. 86, n. 4, p. 396-400, 1984.

MOEHN, S.; ATAKORA, J.; BALL, R. O. Using net energy for diet formulation: potential for the canadian pig industry. **Advances in Pork Production**, Alberta, v. 16, p. 119, 2005.

MOURA, D.; SILVA, I. Ambiência na avicultura de corte. In: SILVA, IJO (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 75-149

NAZARENO, A. C. et al. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 802-808, 2009.

NEHRING, K.; HAENLEIN, G. F. W. Feed evaluation and ration calculation based on net energyfat. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 36, n. 5, p. 949-964, 1973.

NEME, R. et al. Modelling energy utilization for laying type pullets. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 39-46, 2005.

NIETO, R. et al. Effect of dietary protein quality on energy metabolism in growing chickens. **British Journal of Nutrition**, London, v. 74, n. 2, p. 163-172, 1995.

NOBLET, J. et al. Effect of body weight and dietary crude protein on energy utilization in growing pigs and broilers. In: PROGRESS in research on energy and protein metabolism. Wageningen: Academic Publishers, 2003. p. 205-208 (EAAP Publ. no 109)

NOBLET, J., et al. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: effects of sex and genotype. **Animal Science**, Penicuik, v.77, p.1208-1216, 1999.

NOBLET, J. et al. Fasting heat production and metabolic BW in group-housed broilers. **Animal**, Cambridge, v.9, p.1138-1144, 2015.

NRC – National Research Council. **Nutrient requirements of swine**. 10th ed. Washington: National Academic Press, 1998. 189 p.

OLIVEIRA NETO, A. R. D. et al. Níveis de energia metabolizável para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade mantidos em condições de estresse de calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, p. 1054-1062, 1999.

OLIVEIRA NETO, A. R. D. et al. Níveis de energia metabolizável para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1132-1140, 2000.

PEGURI, A.; COON, C. Effect of feather coverage and temperature on layer performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 7, p. 1318-1329, 1993.

POMAR, C. D.; HARRIS, L.; MINVIELLE, F. Computer simulation model of swine production systems. 1. Modeling the growth of young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 1468-1488, 1991.

RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. Usando a energia: enfrentando desafios ambientais. In: RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. (Ed.). **Fisiologia animal: mecanismos e adaptações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. Cap. 16, p. 619-674.

RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A.; FERNANDES, M. H. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. São Paulo: FUNEP, 2006. p. 311-332.

SAKOMURA, N. K. et al. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1758-1767, 2004.

SAKOMURA, N. K. et al. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 9, p. 1363-1369, 2005.

SAKOMURA, N. K. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2004.

SAKOMURA, N. K.; HAUSCHILD, L.; BONATO, M. A. Modelagem da Utilização da Energia nas Aves. In: NUTRIÇÃO de não-ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 594-620.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAVORY, C. J. Feeding Behavior. In: BOORMAN, K.N.; FREEMAN, B. M. **Food intake regulation in Poultry**. Edinburgh: LTD, 1986. p.277-323.

SIBBALD, I. R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 62, p. 983-1048, 1982.

SILVA, I.J.; SEVEGNANI, K.B. Ambiência e instalações na avicultura de postura. In: SILVA, I.J.O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001.

SOUTHGATE, B. A. The maintenance requirement of the fattening cockerel with a note on a proposed new method for the determination of the surface area of birds. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 20, n. 02, p. 206-212, 1930.

TEETER, R. G. et al. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 6, p. 1060-1064, 1985.

TINÔCO, I. D. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 3, 2001.

VAN MILGEN, J. et al Utilization of metabolizable energy in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, suppl.1 p. 170, 2001.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 14 suppl 2, p. 86-93, 2003.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J.; DUBOIS, S. Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 4, p. 1309-1318. 2001.

WALDROUP, P. Energy levels for broilers. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 309-313, 1981.

WOLYNETZ, M. S.; SIBBALD, I. R. Prediction of initial carcass composition in comparative slaughter experiments. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 4, p. 681-687, 1985.

YAHAV, S.; MCMURTRY, J. P. Thermotolerance Acquisition in Broiler Chickens by Temperature Conditioning Early in Life—The Effect of Timing and Ambient Temperature. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 12, p. 1662-1666, 2001.

YAHAV, S.; RATH, R. S.; SHINDER, D. The effect of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chicks (*Gallus domesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch. **Journal of Thermal Biology**, London, v. 29, n. 4, p. 245-250, 2004.

ZANUSSO, J. T. et al. Níveis de energia metabolizável para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.5, p.1068-1074, 1999.