

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Programa de Pós - Graduação em Zootecnia**

**NÍVEIS DE PROTEÍNA NA DIETA PARA FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM
TERMONEUTRALIDADE E ESTRESSE CÍCLICO POR CALOR**

Kamilla Ribas Soares

Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2014

Kamilla Ribas Soares

**NÍVEIS DE PROTEÍNA NA DIETA PARA FRANGOS DE CORTE CRIADOS
TERMONEUTRALIDADE E ESTRESSE CÍCLICO POR CALOR**

Tese apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Leonardo José Camargos Lara

Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2014

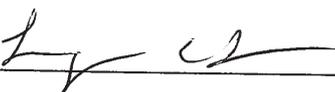
S676n Soares, Kamilla Ribas, 1978-
Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em termoneutralidade e estresse cíclico por calor / Kamilla Ribas Soares. – 2014.
164 p. : il.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Frango de corte – Alimentação e rações – Teses. 2. Frango de corte – Criação – Teses. 3. Dieta em veterinária – Teses. 4. Proteínas na nutrição animal – Teses.
5. Digestibilidade – Teses. I. Lara, Leonardo José Camargos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

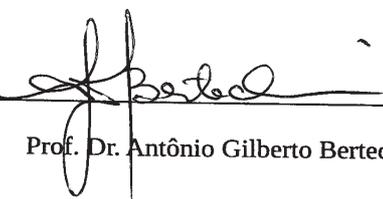
CDD – 636.513 085

Tese defendida e aprovada em 28 de março de 2014, pela Comissão Examinadora constituída pelos seguintes membros:

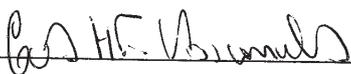


Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

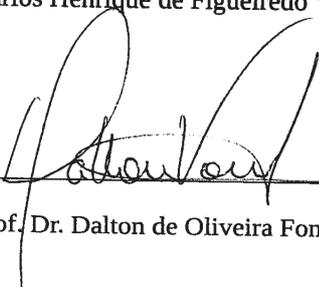
(Orientador)



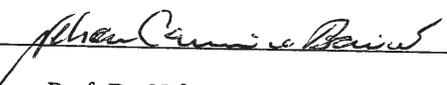
Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini



Prof. Dr. Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcellos



Prof. Dr. Dalton de Oliveira Fontes



Prof. Dr. Nelson Carneiro Baião

Dedico a minha família, em especial ao Davi, meu filhote sonhado e tão amado!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro ao projeto.

À MCassab, na pessoa de João Felipe, pelos aminoácidos sintéticos utilizados nas rações, gentilmente doados.

À PIF PAF Alimentos, na pessoa de Leonardo Ruiz, pela disponibilidade e apoio a esta pesquisa.

Em especial ao Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara, pela amizade, orientação, apoio e confiança, sempre presentes em todas as etapas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Néelson Carneiro Baião, pelo apoio e dedicação.

Ao Prof. Dr. Ricardo Reis pelo auxílio durante toda a execução do experimento e análise de dados da respirometria.

Ao Prof. Dr. Néelson Rodrigo da Silva Martins pela presença constante e ensinamentos práticos fundamentais na execução dos procedimentos de coletas sanguíneas e abate.

Aos Profs. Drs. Iran Borges e Ângela Maria Lana Quintão pelo apoio e disponibilidade em ajudar no que fosse preciso.

Aos Profs. Drs. Fabíola de Oliveira Paes Leme e Paulo Ricardo de Oliveira Paes, pelo apoio nas análises bioquímicas e ensinamentos preciosos.

À Profa. Rosilene e a colega Juliana Fortes pela disponibilidade e apoio nas análises laboratoriais. Muito obrigada!

Aos Profs. Drs. Elias Jorge Facury Filho e Antônio Último de Carvalho pelo apoio e disponibilidade para a realização das análises de hemogasometria.

Em especial, aos amigos Luiz Felipe Pinho Pereira, Maurício de Paula Ferreira Teixeira, Cristiano Werneck e Paula Costa Cardeal, pela colaboração e companheirismo incansáveis, em todos os momentos.

A todos os amigos da pós-graduação, em especial à Winnie Luiza, Marília Fernandes, Juliana Marques, Júlia Sampaio, Mariana Pompeu, Mariana Masseo, Raquel Andrade, Marilane Silva, André Luiz Machado, Thássia Ludmila, Edgard Onoda, Rodrigo Baião, Diogo Moraes, pela amizade e pela ajuda na condução deste trabalho.

Aos alunos de graduação Marcos, Fernanda, Adriano, Jeniffer e Carlos Eduardo, pela compreensão, paciência e importante auxílio no campo e no laboratório.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, em especial ao Toninho, Kelly, Marcos e Margot, pela preciosa colaboração e atenção ao experimento.

Aos funcionários da Fazenda e da fábrica de ração, pela prontidão e disposição em todas as horas.

A Rodrigo Colli, pelo amor, incentivo e compreensão nos momentos difíceis e por todos esses anos de convivência e cooperação. Obrigado!

Aos meus pais e irmãos, por acreditarem em mim e me apoiarem incondicionalmente em todas as minhas decisões.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, por tudo!

MUITO OBRIGADA!!

“Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos”. (Albert Einstein)

SUMÁRIO

RESUMO	14
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. Ambiência e desempenho na criação de frangos de corte	19
2.2. Fisiologia do estresse calórico nas aves	22
2.2.1. Respostas fisiológicas	22
2.2.2. Efeitos do estresse calórico na resposta imune de frangos	25
2.2.2.1. Leucócitos totais, heterófilos e linfócitos	26
2.2.3. Parâmetros bioquímicos em frangos de corte	28
2.2.3.1. Glicose	28
2.2.3.2. Lipídios sanguíneos	30
2.2.3.3. Proteína plasmática total	30
2.2.3.4. Albumina	31
2.2.3.5. Lactato	32
2.2.3.6. Enzimologia	33
2.2.3.7. Distúrbios no equilíbrio ácido-básico dos frangos	35
2.2.3.7.1. Hemogasometria	37
2.2.3.7.2. Íons Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻	42
2.3. Influência da temperatura sobre o desempenho de frangos de corte	43
2.4. Melhorias nas condições de ambiência na produção e artifícios nutricionais	45
2.4.1. Proteína na dieta de frangos de corte	45
2.4.2. Relação proteína e energia na dieta	50
2.4.3. Fatores que afetam a exigência de energia em frangos	54
3. MATERIAIS E MÉTODOS	59
3.1. Aves, instalações e manejo	59
3.2. Tratamentos e dietas	60
3.3. Variáveis analisadas	63
3.3.1. Parâmetros fisiológicos	63
3.3.1.1. Frequência respiratória e temperatura retal	63
3.3.1.2. Determinação de parâmetros de hemogasometria, bioquímicos e hematológicos	63
3.3.2. Digestibilidade de nutrientes e energia	64
3.3.3. Determinação da produção de calor, energia líquida e energia de manutenção	66
3.3.4. Avaliação de desempenho produtivo	68
3.3.4.1. Consumo de ração	68
3.3.4.2. Ganho de peso	68
3.3.4.3. Conversão alimentar	68
3.3.4.4. Índice de eficiência produtiva	68
3.3.4.5. Viabilidade	69
3.3.5. Peso relativo de órgãos	69
3.3.6. Análise de custos	69

3.4. Delineamento experimental	70
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4.1. Experimento I: “Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em termoneutralidade”	73
4.1.1. Frequência respiratória e temperatura retal	73
4.1.2. Hemogasometria sanguínea	75
4.1.3. Bioquímica sanguínea	81
4.1.4. Leucócitos totais, heterófilos e linfócitos	87
4.1.5. Digestibilidade	89
4.1.6. Produção de calor e incremento calórico	90
4.1.7. Valores de energia	93
4.1.8. Desempenho das aves	95
4.1.9. Peso relativo de órgãos	99
4.1.10. Índice de eficiência produtiva e análise de custo	101
4.2. Experimento II: “Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em estresse cíclico por calor”	103
4.2.1. Frequência respiratória e temperatura retal	103
4.2.2. Hemogasometria sanguínea	106
4.2.3. Bioquímica sanguínea	113
4.2.4. Leucócitos, heterófilos e linfócitos	121
4.2.5. Digestibilidade	123
4.2.6. Produção de calor e incremento calórico	125
4.2.7. Valores de energia	126
4.2.8. Desempenho nas aves	132
4.2.9. Peso relativo de órgãos	134
4.2.10. Índice de eficiência produtiva e análise de custos	139
5. CONCLUSÕES	141
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição da temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes termoneutro (ATN) e estresse térmico por calor (EPC)	60
Tabela 2 -	Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações utilizadas nos experimentos	62
Tabela 3 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre a temperatura retal de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	74
Tabela 4 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre a frequência respiratória de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	74
Tabela 5 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de pH, pressão de oxigênio (pO ₂), de pressão de gás carbônico (pCO ₂), tampão(HCO ₃ ⁻), hemoglobina total (THB) e hematócrito (HCT) no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	78
Tabela 6 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de sódio (Na ⁺) no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	79
Tabela 7 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de potássio (K ⁺) no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	80
Tabela 8 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de cloro (Cl ⁻) no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	80
Tabela 9 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de glicose (GLIC), triglicerídeo (TRIG), colesterol total (COL) e lipoproteína HDL no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	83
Tabela 10 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de proteína total no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	85
Tabela 11 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de albumina no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	85
Tabela 12 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de lactato no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	86
Tabela 13 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis enzimáticos da aspartato aminotransferase (AST) no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	87
Tabela 14 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de leucócitos totais (LEUC), heterófilos (HET), linfócitos (LINF) e heterófilos/linfócitos (H/L) no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade	88
Tabela 15 -	Coeficientes de digestibilidade (%) da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) das rações de acordo com o nível de proteína bruta da dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em termoneutralidade	90

Tabela 16 -	Produção de calor ($PC \text{ kcal/kg}^{PV}$ e $PC \text{ kcal/kg}^{0,75}$) e incremento calórico das rações ($IC \text{ kcal/kg}^{PV}$ e $IC \text{ kcal/kg}^{0,75}$) por dia, em função do peso vivo e do peso metabólico de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em termoneutralidade de acordo com o nível de proteína bruta da dieta	91
Tabela 17 -	Valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), energia metabolizável de manutenção e energia líquida (EL), na matéria seca de acordo com o nível de proteína bruta da dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em termoneutralidade	93
Tabela 18 -	Desempenho de frangos de corte, de 22 aos 42 dias de idade, criados em termoneutralidade, em função do nível de proteína bruta na dieta	95
Tabela 19 -	Peso relativo do baço, bursa e timo, em percentagem, de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em termoneutralidade e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta	100
Tabela 20 -	Peso relativo da moela, fígado, coração, intestino e gordura abdominal de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, em percentagem, criados em termoneutralidade e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta	100
Tabela 21 -	Índice de eficiência produtiva e custo de ração por quilo de frango vivo, criados em termoneutralidade, em função do nível de proteína bruta na dieta	102
Tabela 22 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre a temperatura retal de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	104
Tabela 23 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre a frequência respiratória de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	105
Tabela 24 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de pH, pressão de oxigênio (pO_2), pressão de gás carbônico (pCO_2), tampão (HCO_3^-), hemoglobina total (THB), hematócrito (HCT) do sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	109
Tabela 25 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de sódio (Na^+) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	110
Tabela 26 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de potássio (K^+) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	111
Tabela 27 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de cloro (Cl^-) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	112
Tabela 28 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta aclimatação sobre os níveis de glicose (GLIC), triglicerídeo (TRIG), colesterol total (COL), lipoproteína HDL do sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	114
Tabela 29 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de proteína	116

	total no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	
Tabela 30 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de albumina no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	117
Tabela 31 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de lactato no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	118
Tabela 32 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis enzimáticos da aspartato aminotransferase (AST) e creatina quinase (CK) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	120
Tabela 33 -	Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de e leucócitos totais (LEUC), heterófilos (HET), linfócitos (LINF) e a relação heterófilo/linfócito (H/L) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico	122
Tabela 34 -	Coeficientes de digestibilidade (%) da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) das rações de acordo com o nível de proteína bruta da dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico	124
Tabela 35 -	Produção de calor (PC kcal/kg ^{PV} e PC kcal/kg ^{0,75}) e incremento calórico das rações (IC kcal/kg ^{PV} e IC kcal/kg ^{0,75}) por dia em função do peso vivo e do peso metabólico de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse cíclico por calor de acordo com o nível de proteína bruta da dieta	125
Tabela 36 -	Valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) e energia líquida (EL), na matéria seca de acordo com o nível de proteína bruta da dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse cíclico por calor	128
Tabela 37 -	Desempenho de frangos de corte, de 22 aos 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico, em função do nível de proteína bruta na dieta	132
Tabela 38 -	Peso relativo do baço, bursa e timo, em percentagem, de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta	135
Tabela 39 -	Peso relativo da moela, fígado, coração, intestino e gordura abdominal de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, em percentagem, criados em estresse térmico e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta	137
Tabela 40 -	Índice de eficiência produtiva e custo de ração por quilo de frango vivo, criados em estresse térmico cíclico, em função do nível de proteína bruta na dieta	140

LISTA DE GRÁFICOS

Figura 1 -	Frequência respiratória em função da idade dos frangos de corte em crescimento submetidos à termoneutralidade	73
Figura 2 -	Pressão parcial de oxigênio (pO_2) no sangue em função do nível de proteína bruta na dieta das aves, criadas em termoneutralidade	76
Figura 3 -	Pressão parcial de oxigênio (pO_2) no sangue em função da idade das aves, criadas em termoneutralidade	76
Figura 4 -	Concentração de potássio no sangue de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína e criados em termoneutralidade	79
Figura 5 -	Teor de colesterol total em função da idade de coleta de sangue de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos à termoneutralidade	81
Figura 6 -	Coefficiente de digestibilidade do extrato etéreo de dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta para frangos criados em termoneutralidade	89
Figura 7 -	Incremento calórico, em função do peso vivo ou peso metabólico, de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta	93
Figura 8 -	Ganho de peso médio (kg) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em termoneutralidade	98
Figura 9 -	Conversão alimentar (kg ração/kg peso vivo) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em termoneutralidade	98
Figura 10 -	Peso relativo, em percentagem, da gordura abdominal de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em termoneutralidade e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína	99
Figura 11 -	Efeito da idade sobre a temperatura retal ($^{\circ}C$) de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em termoneutralidade e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína	103
Figura 12 -	Pressão parcial de gás carbônico (pCO_2) no sangue em função da idade dos frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico	106
Figura 13 -	Níveis de bicarbonato o (HCO_3^-) no sangue em função da idade de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico	107
Figura 14 -	Níveis de colesterol total no sangue em função da idade de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico	113
Figura 15 -	Níveis de lactato no sangue em função da idade dos frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico	118
Figura 16 -	Níveis de aspartato aminotransferase (AST) no sangue em função da idade dos frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico	119

Figura 17 - Energia metabolizável aparente (EMA) de rações formuladas com diferentes níveis de proteína para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade e criados em estresse térmico cíclico	127
Figura 18 - Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) de rações formuladas com diferentes níveis de proteína para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade e criados em estresse térmico cíclico	127
Figura 19 - Ganho de peso médio (kg) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico	131
Figura 20 - Conversão alimentar (kg ração/kg peso vivo) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade e criados em estresse térmico cíclico	132
Figura 21 - Peso relativo, em porcentagem, do coração de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína	136
Figura 22 - Peso relativo, em porcentagem, do fígado de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína	136
Figura 23 - Peso relativo, em porcentagem, da gordura abdominal em frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína	138
Figura 24 - Índice de eficiência produtiva (IEP) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico	139

RESUMO

Dois experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar a influência de dietas proteicas (16%, 18%, 20% e 22% PB) sobre parâmetros fisiológicos, metabolismo e desempenho de frangos de corte criados em ambiente termoneutro ($23 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR) ou estresse por calor ($32 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR). Foram utilizados 360 frangos machos, Cobb, dos 22 aos 42 dias de idade para cada ensaio. As aves foram instaladas em sala climatizada. Os parâmetros fisiológicos avaliados foram frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), hemogasometria, bioquímica sanguínea e relação heterófilo/linfócito. Foram determinados também os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), do extrato etéreo (CDEE), os valores da EMA, EMAn, EMm e EL, além dos parâmetros de desempenho: consumo de ração, GP, CA e viabilidade. Em ambos os ensaios, o delineamento experimental adotado para os parâmetros fisiológicos foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial com parcela subdividida, sendo a dieta a parcela e a idade de avaliação, a subparcela. Para as determinações de digestibilidade, energia e desempenho utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. No experimento I (termoneutro), a TR não foi influenciada pelos níveis de PB da dieta, mas sim pela idade das aves. Já a FR das aves foi afetada pela dieta, sendo que o nível de 22% de PB na dieta provocou aumento significativo na FR em relação aos níveis de 16 e 18% de PB. Para os parâmetros bioquímicos avaliados, observou-se apenas aumento dos níveis de colesterol total em aves mais velhas, não havendo efeito significativo das dietas para estas variáveis. Os níveis de PB da dieta não influenciaram os níveis de leucócitos totais, heterófilos e linfócitos, conseqüentemente a relação heterófilo/linfócito também não foi afetada. Houve melhor digestibilidade da PB com as rações mais proteicas (20 e 22% PB) em relação às demais (16 e 18% PB), o que refletiu nos valores de EMA e EL, melhorando o desempenho das aves em GP e CA aos 42 dias de idade. No experimento II (estresse térmico), Os resultados mostraram influencia da elevada temperatura ambiente sobre a FR e a TR, independente da dieta. Os níveis de leucócitos totais não foram influenciados pelos teores de proteína bruta na dieta. Porém, a idade das aves em função do tempo de exposição ao calor cíclico, refletiu em maior produção de leucócitos totais nas aves com 32 dias de idade e com maior tempo de exposição ao estresse, demonstrando uma reação imunológica ao agente estressor. Em relação aos parâmetros de metabólicos e de desempenho, a redução dos níveis de proteína bruta da dieta, de 22% para 16%, com suplementação aminoácídica, prejudicou o

CDPB e o CDEE, diminuindo a disponibilização de energia para a ave, demonstrada através dos piores resultados de GP e CA aos 42 dias de idade, criados no estresse por calor. Conclui-se que a correção aminoacídica utilizada na ração de 16% PB, não refletiu o mesmo desempenho nas aves em relação à dieta com 22% de PB no calor.

Palavras-chave: nutrição; fisiologia; avicultura; desempenho; digestibilidade

ABSTRACT

Two experiments were conducted in order to evaluate the influence of protein diets (16%, 18%, 20% and 22% CP) on physiological parameters, metabolism and performance of broilers raised in thermoneutral environment ($23 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ RH) or heat stress ($32 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ RH). 360 male broilers were used, Cobb, from 22 to 42 days years old. Birds were installed in a climatically room. The physiological parameters evaluated were respiratory rate (RR), rectal temperature (RT), blood gas analysis, blood biochemistry and heterophil / lymphocyte. Were used to estimate the dry matter digestibility coefficients (DMDC), crude protein (CPDC), fat (EEDC), the values of AME, AMEn, MEm, and NE, beyond the performance parameters: feed intake, weight gain (BW), feed conversion (CF) and viability. In both trials, the experimental design with split plot, being the diet of the plot and the age of evaluation, the subplot. For the digestibility determinations, power and performance we used the completely randomized design with four trataments and six repetitions with 15 birds / each. In the first experiment (thermoneutral), the RT was not affected by CP levels of the diet, but by the age of the birds. Since the RR of the broilers was affected by diet, and the level of 22% CP in the diet caused a significant increase in RR from 16 and 18% CP. For biochemical parameters, there was only an increase in total cholesterol levels in olders broilers chickens, there was no significant effect of diets for these variables. The crude protein levels in the diet did not influence the total leukocytes levels, heterophilis, lymphocytes and consequently the heterophilis / lymphocytes rate was also not affected. There was better digestibility of CP with the most protein diets (20 and 22% CP) relative to the order (16 and 18% CP), with reflected the values of AME and NE, improving performance of the birds in BW and CF at 42 days years old. In the second experiment (heat stress), the results showed influence of high ambient temperature on the RR and RT, regardless of diet. The levels of total leukocytes were not affected by crude protein in the diet. But the age of the birds due to the cyclical heat exposure time, reflected in increased production of total leukocytes in broilers with 32 days of age and more to stress exposure time, showing a reaction of the immune system to the stressor. With respect to metabolic parameters and performance, reduced levels of crude protein diet, from 22% to 16% with the amino acid supplementation, and impaired the CPDC, EEDC, decreasing the energy available to the broilers, demonstrated by the worst results of BW and CF at 42 days years old on cyclic heat stress from 30°C to 34°C . Thus, it was concluded that the amino acid correction used in

the feed of 16% CP, was not able to reflect the same performance in poultry in relation to the diet with 22% CP in the heat.

Keywords: nutrition; physiology; poultry science; performance; digestibility

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira se destaca mundialmente, por sua organização, capacidade de produção e elevada produtividade. O segmento avançou em aproximadamente 7% a produção em relação ao ano anterior e se mantém na liderança mundial de exportação de carne de frango desde 2004, refletindo a importância deste agronegócio para a economia do país (ABEF, 2014). Todavia, o potencial produtivo deste setor poderia ainda ser melhorado caso alternativas fossem adotadas na tentativa de se reduzir o impacto negativo, ocasionado pelas condições climáticas, sobre o desempenho e viabilidade dos lotes de frangos de corte.

A alta produtividade de frangos inicia-se primeiramente com um bom manejo. O ambiente em que são criadas as aves é determinante na obtenção de ótimos resultados zootécnicos e econômicos. Neste aspecto, os avicultores e profissionais envolvidos com o setor precisam estar atentos sobre a necessidade de se adequar os projetos relativos ao ambiente avícola, de tal forma que esses propiciem condições de conforto às aves e, conseqüentemente, potencialize a produtividade.

A quantidade de calor produzido por uma linhagem de frango de corte está relacionada com alguns fatores como seu tamanho corporal, a taxa de crescimento, o grau de cobertura de pena, a temperatura ambiente e a quantidade de incremento calórico dos alimentos consumidos. Considerando que a taxa de crescimento de frangos de corte foi substancialmente aumentada nas últimas décadas por meio da seleção genética, o frango de corte moderno cresce mais rápido, produz mais calor, além de ser mais pesado em qualquer idade, quando comparado com o frango de corte do passado. Isto tem forte influência sobre os problemas que os produtores enfrentam em regiões com altas temperaturas.

A alimentação, por sua vez, é responsável por mais de 60 a 65 % do custo de produção de aves. Os teores de proteína e energia da dieta são determinantes no desempenho das aves. Existe uma vasta gama de alimentos à disposição da indústria de rações e a decisão de usar um alimento específico frequentemente depende do preço, que por sua vez depende, entre outros fatores, da sua composição nutricional. Níveis inadequados de proteína e energia, bem como suas relações conduzirão a redução no desempenho e aumento nos custos de produção.

As técnicas de controle das condições de ambiente são frequentemente empregadas para a redução do impacto negativo do estresse calórico sobre o desempenho das aves, além disso, o manejo nutricional adequado também tem demonstrado ser efetivo como medida preventiva para o estresse calórico (Borges *et al*, 2003). De modo geral, verifica-se que muitos fatores podem alterar as exigências nutricionais dos frangos no estresse calórico, através de mudanças no metabolismo e nas respostas fisiológicas.

Assim, ainda são muitas as dificuldades para se determinar as reais necessidades nutricionais dos frangos criados nestas condições, principalmente em relação à energia, proteína e aminoácidos. As altas temperaturas são prevalentes na maioria das regiões brasileiras, principalmente na região semiárida, durante a maior parte do ano e, por isso torna-se importante o estímulo a novas pesquisas e informações técnicas mais detalhadas, na determinação da otimização da criação nestas condições de estresse. Dessa forma, conhecer melhor as alterações no comportamento fisiológico destas aves criadas em estresse calórico e as interações com os nutrientes, pode auxiliar na busca de soluções que minimizem o impacto sobre os índices de produção.

Dentro desse contexto, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis proteicos da dieta com a suplementação de aminoácidos sobre os parâmetros fisiológicos, metabólicos e de desempenho de frangos de corte submetidos a ambiente termoneutro e ao estresse cíclico por calor, com a finalidade de determinar a dieta que proporcione melhores resultados de desempenho e custo em condições de clima quente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ambiência e desempenho na criação de frangos de corte

Ambiência significa o espaço arquitetônico organizado e animado e, ao mesmo tempo psicológico, preparado para prover o melhor desempenho de quem o habita. Nesse conceito englobam-se os diferentes ambientes que atuam sobre o desempenho dos frangos: térmico, aéreo, biológico, físico, acústico e social (Pereira, 2011).

O conceito de bem estar das aves está diretamente relacionado com a forma de alojamento, mensurado através dos índices de mortalidade, agressões individuais, canibalismo e o aparecimento de doenças. Um alojamento inadequado leva a um desequilíbrio social e limitações de movimento e liderança, ocasionando estresse (Miragliotta *et al.*, 2006).

O frango de corte é um animal doméstico geneticamente melhorado para rápido crescimento e deposição de tecido muscular. O desempenho produtivo dessas aves atingiu índices impressionantes com os avanços genéticos e nutricionais, resultando em animais com metabolismo mais acelerado (Laganá *et al.*, 2007). Entretanto, o sistema de criação intensivo, que geralmente é adotado na produção, afeta diretamente a condição de bem estar das aves influenciando ainda o desenvolvimento e o desempenho (Ponciano *et al.*, 2011).

O ambiente que envolve os animais compreende todos os elementos físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que influenciam o seu desenvolvimento e crescimento. 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 e Souza, 2010).

Segundo Moura (2001), as aves adultas são animais homeotermos, apresentando a capacidade de manter a temperatura interna constante. Entretanto, este processo só é eficiente quando a temperatura ambiente estiver dentro dos limites de termoneutralidade. Em condições de temperatura e umidade do ar elevadas, as aves terão dificuldade na transferência do excedente

de calor para o ambiente, ocasionando a elevação de temperatura corporal e, como consequência, o desconforto térmico e a queda de produção.

A zona de conforto térmico pode ser considerada como a faixa de temperatura ambiente na qual o esforço termorregulatório é mínimo. Nesta faixa de temperatura não há sensação de frio ou calor e o desempenho do animal é otimizado (Ferreira *et al.*, 2000). Fora da zona de conforto ocorre decréscimo do desempenho produtivo, reprodutivo e imunidade do organismo, sendo que extremos num e noutro sentido podem vir a ser letais. Dessa forma, se o conforto térmico não é atingido e a ave é exposta ao estresse calórico, situação muito frequente em boa parte do ano, especialmente no verão, ocorrerá queda no consumo de ração, no ganho de peso, além de levar a piores valores de conversão alimentar e maior mortalidade (Tinôco, 2001).

A zona de termoneutralidade é limitada em ambos os extremos pela temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS), sendo esta zona de conforto térmico dependente de diversos fatores, sendo alguns ligados ao animal, como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética e outros ligados ao ambiente - como temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar, tipo de piso. Quando a temperatura ambiente encontra-se abaixo da temperatura de conforto, as aves precisam produzir calor corporal para manter-se em equilíbrio térmico, e quando a temperatura ambiente encontra-se acima da zona de conforto térmico, há necessidade de perder calor para o ambiente. Em ambos os casos haverá maior demanda de energia para manutenção térmica, ou energia de manutenção, diminuindo o aporte energético para as funções produtivas. Abaixo da TCI, as aves não conseguem aporte de energia térmica suficiente para compensar as perdas, e acima de TCS, o organismo é incapaz de impedir a elevação de sua temperatura interna, ocorrendo hipotermia ou hipertermia, respectivamente (Belay e Teeter, 1993).

De uma maneira geral, os intervalos de temperatura considerados confortáveis para a criação de frangos de corte é de 31°C a 33°C para pintos de um a sete dias de idade e de 15-18°C a 22-25°C para aves adultas. A umidade relativa do ar considerada ideal varia de 50 a 70% (Tinôco, 2001) e a velocidade do ar recomendado por Medeiros *et al.* (2005) pode variar de 1,5 a 3,5m s⁻¹ para aves adultas. Esses valores, especialmente no que tange à temperatura, dificilmente são obtidos nas condições do clima brasileiro, sobretudo no verão. Temperaturas

abaixo e, principalmente, acima da termoneutra podem resultar em alterações metabólicas, com conseqüente queda do desempenho das aves (Laganá *et al.*, 2007).

No estresse térmico, os dois elementos climáticos: temperatura e umidade são altamente correlacionadas, uma vez que, em temperaturas muito elevadas (acima de 35°C), o principal meio de dissipação de calor das aves é a evapotranspiração que depende da umidade relativa do ar (Baêta e Souza, 2010). Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave tem de remover calor interno pelas vias aéreas, o que leva ao aumento da frequência respiratória, promovendo modificações fisiológicas que podem comprometer seu desempenho (Oliveira *et al.*, 2006).

Em situação de estresse por frio, pintos na fase pré-inicial, sofrem inibição do consumo de alimento, gastando reservas para a termogênese e influenciando negativamente no desenvolvimento anatômico-fisiológico. Isso reflete no desenvolvimento dos animais, durante as demais fases em redução de produtividade, lotes desuniformes, perda de peso e piora na conversão alimentar. Em aves em crescimento ou adultos, o estresse por frio mantém o consumo de alimento, gerando incremento calórico, porém a energia que serviria para deposição tecidual, em grande parte é utilizada para manutenção, diminuindo assim o desempenho (Almeida, 2010).

As variáveis ambientais tanto podem ter efeitos positivos como negativos sobre a produção dos frangos de corte. De forma que em altas temperaturas as aves tendem a reduzir o consumo de alimento prejudicando o seu desempenho. Já baixas temperaturas, podem melhorar o ganho de peso, mas à custa de piora da conversão alimentar. A condição ambiental deve ser manejada, na medida do possível, para evitar um efeito negativo sobre o desempenho produtivo dos frangos; uma vez que pode afetar o metabolismo (produção de calor corporal em temperaturas baixas e dissipação de calor corporal em temperaturas altas), com conseqüente efeito sobre os índices de produção e a incidência de doenças metabólicas como a síndrome da hipertensão pulmonar (ascite) (Furlan, 1999).

Um estudo realizado por Sevegnani *et al.* (2005) avaliou o comportamento de frangos de corte submetidos a diversas combinações de temperatura e umidade em quatro câmaras climáticas, monitorados por câmeras de vídeo, possibilitando o monitoramento individual das aves no

estudo de seu comportamento ingestivo. As condições de estresse térmico foram as seguintes: 28°C e 60%; 31°C e 65%; 34°C e 70%; 37°C e 75% de temperatura (°C) e umidade relativa do ar, para cada sala respectivamente. Os resultados mostraram que, quanto maior a temperatura e mais velha a ave, maior foi a ingestão de água e menor a de ração, demonstrando as mudanças comportamentais e adaptativas das aves ao estresse.

De maneira geral, hoje, se tem conhecimento que animais mantidos nas suas zonas de termoneutralidade evitam o desperdício de energia, seja ela na forma de energia metabólica contida na ração e gasta na manutenção da temperatura corporal, seja na forma de energia elétrica que é utilizada no funcionamento dos sistemas de climatização que são acionados indevidamente nos galpões, fato que pode auxiliar na busca de soluções que minimizem o impacto sobre os índices de produção, refletindo nas tomadas de decisão para lucratividade do setor (Ponciano *et al.*, 2011).

2.2. Fisiologia do Estresse Calórico nas Aves

2.2.1. Respostas fisiológicas

Durante o estresse térmico, os frangos alteram seu comportamento para auxiliar na manutenção da temperatura corporal dentro dos limites normais. Ajustes de comportamento podem ocorrer rapidamente e a um custo energético menor do que os ajustes fisiológicos (Pereira *et al.*, 2002).

Segundo Borges *et al.*, (2003), as alterações fisiológicas e comportamentais dos frangos frente a modificações de temperatura estão intensamente relacionadas com respostas provocadas pelo sistema nervoso autônomo, na qual o principal termorregulador do organismo é o hipotálamo. Guahyba (2000) descreve que, quando as aves são submetidas a condições adversas, são desencadeados mecanismos de estímulo hormonal com o intuito de preparar e disponibilizar os recursos necessários ao organismo para enfrentar essas demandas emergenciais compensatórias, mantendo a homeostase.

A glândula adrenal tem papel chave nas reações hormonais ao estresse, uma vez que está envolvida no eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HPA) e no sistema simpato-

adrenomedular (Donin *et al.*, 2007). O mecanismo da produção de corticosteróides é desencadeado pela estimulação do hipotálamo pelo fator de liberação de corticotropina (CRH) que, atuando sobre a adenohipófise, promoverá a secreção do hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), que por sua vez, estimulará a adrenal a produzir corticosteroides.

O efeito dos glicocorticóides sobre seus diversos tecidos-alvo constituem uma resposta apropriada para contrabalancear estímulos estressantes, visto que aumentam a taxa de gliconeogênese (formação de glicose a partir de compostos não glicídicos) pelo fígado e aumentam a taxa de mobilização de ácidos graxos do tecido lipídico. Aliado a isto, a síntese proteica é reduzida na musculatura esquelética e a degradação proteica é aumentada, o que significa mais aminoácidos disponíveis para a gliconeogênese pelo fígado (Donin *et al.*, 2007).

Quando um animal homeotermo é exposto ao estresse pelo calor, a resposta inicial é a vasodilatação periférica, que aumenta o fluxo sanguíneo na pele e nos membros, no caso das aves, como cristas e barbelas. A resultante elevação da temperatura na pele e a projeção da temperatura central em direção aos membros aumentam o gradiente térmico entre a pele e o ambiente, promovendo maior perda de calor por irradiação e convecção. Se apenas a vasodilatação for insuficiente para manter a temperatura normal, aumenta-se o resfriamento por evaporação. Esse resfriamento evaporativo é o único processo de perda de calor disponível quando a temperatura ambiente excede a temperatura da pele. Dentre as mudanças comportamentais estão alterações na postura corporal, de modo que tal reação possibilite maior dissipação de calor para o ambiente. Assim, a ave consegue aumentar a área superficial, mantendo as asas afastadas do corpo, eriçando as penas e intensificando a circulação periférica. A perda de calor não evaporativo pode também ocorrer com o aumento da produção de urina, se esta perda de água for compensada pelo maior consumo de água fria. Elevações na temperatura ambiental estimulam os frangos a consumirem maior quantidade de água. Em condições ambientes superiores a 25°C, o aumento no consumo de água aumenta cerca de 6% a cada 1°C a mais na temperatura (Borges *et al.*, 2003).

O frango de corte é muito sensível à temperatura ambiente elevada, tendo seu desempenho prejudicado além desta causar aumento na temperatura retal e na frequência respiratória (Silva *et al.*, 2003). Macari e Furlan (2001) consideram o valor de 41,1°C de temperatura retal das

aves como limite inferior da condição de estresse térmico, ou seja, quando este limite é ultrapassado, são desencadeados mecanismos fisiológicos para manutenção da temperatura corpórea, o que caracteriza a condição de estresse térmico. A temperatura retal de 46,3°C foi considerada como limite superior da condição de estresse térmico, uma vez que, quando a ave apresentou essa temperatura retal, ocorreu o óbito. Em estudo com frangos de corte mantidos em diferentes temperaturas ambientais (23 e 32°C), Oliveira Neto (1999) observou valores de temperatura retal superiores nas aves mantidas em temperatura elevada, sugerindo que os mecanismos termorregulatórios não foram suficientes para impedir a variação da temperatura retal das aves. Siqueira *et al.* (2007) relatou aumento linear da temperatura retal de frangos de corte com o aumento da temperatura ambiente (aumento de 0,03°C na temperatura retal para cada aumento de 1°C na temperatura ambiente), no intervalo de temperatura testado (18,5 e 27°C).

Quando a frequência respiratória está elevada, acima de 40 mov/ min⁻¹ (Hoffman e Volker, 1969) admite-se que a temperatura do ar ultrapassa o limite crítico superior para as aves, o calor é armazenado no organismo e o valor da temperatura corporal aumenta acima dos valores normais. Esta resposta decorre do estímulo direto no hipotálamo, que envia impulso ao sistema cardiorrespiratório, na tentativa de eliminar calor por evaporação por meio da respiração, que neste caso, apresenta um aumento marcante em todos os sistemas de criação. Segundo Rosário *et al.* (2000) e Silva *et al.* (2003), um outro aspecto importante é que a frequência respiratória é influenciada pela idade da ave, pois quanto maior a idade maior o número de vezes que a ave inspira ar por minuto.

Kassim e Sykes (1982) relataram valores de frequência respiratória de 150 a 260 movimentos por minuto em temperaturas ambientais mais elevadas (35°C). Enquanto Macari e Furlan (2001) consideraram os valores de frequência respiratória de 83 e 150 movimentos por minuto como limites da condição inferior de estresse e da condição superior de estresse, respectivamente. De acordo com Macari e Luquetti (2002), a frequência respiratória aumenta durante o estresse por calor para estimular a perda evaporativa e manter o equilíbrio térmico corporal, ou seja, resfriar melhor o corpo. Este aumento constitui a principal e mais eficiente forma de dissipar calor em aves submetidas a altas temperaturas e podendo resultar em alcalose respiratória, provocando piora de desempenho zootécnico.

2.2.2. Efeitos do estresse calórico na resposta imune de frangos

Um aspecto relevante é a influência do estresse térmico sobre a resposta imunológica das aves e os seus efeitos sobre o desempenho. De acordo com Bermudez (2003), as doenças causadas por agentes infecciosos são complexas e dependentes de vários fatores, como: hospedeiro, agente infeccioso e condição ambiental da granja. Períodos de estresse estão sempre relacionados com a duração e a severidade das doenças, sejam elas de origem genética, metabólica ou infecciosa.

Temperaturas ambientes elevadas podem causar várias mudanças fisiológicas adaptativas, como a modificação na temperatura retal, na frequência respiratória e no tamanho dos órgãos. Quinteiro Filho (2008) constatou menor peso relativo à carcaça de órgãos linfóides, timo e bursa, de frangos de corte aos 42 dias de idade, submetidos a altas temperaturas, quando comparados a animais mantidos em ambiente termoneutro. Segundo ele, a redução dos órgãos linfóides pode causar comprometimento do sistema imune dos animais. Estes resultados se assemelham ao dos estudos realizados por Rosales *et al.* (1989), a liberação de corticosterona pode ocasionar a involução do tecido linfóide (timo, bursa e baço) e a supressão da imunidade humoral e celular.

Laganá *et al.* (2007) avaliaram dietas com diferentes níveis de PB e gordura e seus efeitos sobre o empenamento e os parâmetros hematológicos e bioquímicos de frangos de corte submetidos a estresse cíclico por calor (EPC) dos 21 aos 42 dias de idade ou em ambiente termoneutro (ATN). Foi adotado esquema fatorial 2 x 2 + 2, com dois ambientes - ATN (21-25°C e UR 73%) e EPC (25-32°C e UR 65%) e duas dietas (D) - controle (2,4% gordura e 19,5% proteína) e verão (DV) (4,0% de gordura e 18,5% de proteína com suplementação de lisina e metionina + cistina no nível da dieta controle. Foram realizadas análises bioquímicas e hematológicas em seis aves/tratamento, aos 42 dias de idade, e pesados a bursa e baço. Os resultados demonstraram que nas aves com consumo à vontade, o peso relativo da bursa não foi diferente para os dois ambientes, mas o baço foi 22,5% menor para o grupo sob EPC. Já em relação ao efeito das dietas, nenhum dos órgãos linfóides pesados foi influenciado. Não foi observado efeito do ambiente nem das dietas para os parâmetros bioquímicos séricos.

Oliveira Neto *et al.* (2000) estudaram o efeito do calor sobre o peso relativo dos órgãos de frangos de corte e verificaram redução no peso absoluto de coração, fígado, moela, proventrículo, intestino e pulmões e no peso relativo de coração, fígado, moela e intestinos em razão do estresse de calor. Lana *et al.* (2000) encontraram redução de 4,4% no peso do fígado de aves mantidas em ambiente quente (32°C), em comparação às aves mantidas em ambiente termoneutro. Ogbe *et al.* (2008) avaliaram frangos de corte de elevado potencial de desempenho, mensurando a taxa de desenvolvimento de órgãos em relação à idade, através dos pesos do intestino, moela, fígado e coração no 4º e 21º dia de idade. Os autores observaram redução no peso relativo dos órgãos em relação ao peso corporal de todos os órgãos avaliados, sendo na média de 3,68%, sendo justificado pela maior representatividade do crescimento do tecido muscular.

Quinteiro Filho *et al.* (2010) estudaram o efeito do estresse por calor, em frangos de corte de 35 a 42 dias de idade, sobre o desempenho, a integridade intestinal, os níveis séricos de corticosterona e a imunidade inata e concluíram que o estresse térmico influenciou todas as variáveis estudadas, sugerindo que as alterações na resposta imunológica das aves poderiam resultar em modificações da microbiota intestinal, como observado pelo aumento de processos inflamatórios. Com isso, o aproveitamento nutricional estaria comprometido repercutindo sobre o desempenho.

2.2.2.1. Leucócitos totais, heterófilos e linfócitos

O sangue é um dos principais responsáveis pela defesa orgânica, por transportar células de defesa anticorpos e outros componentes que podem atuar de forma direta ou indireta na defesa (Junqueira e Carneiro, 1999).

O sistema sanguíneo é particularmente sensível às mudanças de temperatura e se constitui em importante indicador das respostas fisiológicas na ave. Alterações quantitativas e morfológicas nas células sanguíneas são associadas ao estresse calórico, traduzidas por variações nos valores do hematócrito, número de leucócitos circulantes, conteúdo de eritrócitos e teor de hemoglobina no eritrócito (Macari *et al.*, 1994).

De acordo com Macari e Luquetti (2002), o número de leucócitos no sangue dos frangos pode variar de 12.000 a 30.000 e pode ser influenciado pelo sexo, idade, condições de estresse e doenças. A contagem diferencial de células no sangue tem mostrado que, do total de

leucócitos, 60 a 65% são linfócitos, 25 a 30% são heterófilos, 2% são eosinófilos, 1,7% são basófilos e 10% são monócitos. Os achados de contagem diferencial mostram que a proporção normal de heterófilo/linfócito (H/L) está em torno de 1:2. Entretanto, essa relação aumenta quando os frangos são submetidos a condições de estresse, devido ao aumento da quantidade de heterófilos na circulação.

O heterófilo é uma espécie leucocitária não encontrada em mamíferos, mas é o granulócito mais frequente nos esfregaços sanguíneos de aves e se relaciona primariamente a defesa do organismo frente às invasões bacterianas (Campbell, 1995) e nas respostas inflamatórias (Harmon, 1998). O heterófilo é um fagócito por excelência, desempenhando o importante papel de mediadores da imunidade inata, além da defesa respiratória nas aves (Morgulis, 2002). Os linfócitos são os leucócitos responsáveis pela imunidade específica (produção de anticorpos) e iniciam as reações de adaptação frente aos microrganismos, tornando os mecanismos de defesa mais eficientes com o avançar da idade. Os linfócitos das aves podem ser classificados em B e T, derivados da bursa e do timo, respectivamente (Morgulis, 2002).

A heterofilia pode ser induzida pela liberação de hormônios adrenais endógenos, assim como pela administração de corticosteróides por via oral ou injetável. O estresse fisiológico, incluindo fome, frio, calor, dor, transporte e anestesia, causa heterofilia, assim como outros eventos que induzam atividade adrenal como conflito entre os animais, mudança de ambiente e contenção física. Estudos controlados em frangos sugerem que a proporção entre heterófilos e linfócitos pode ser uma medida de estresse fisiológico ainda mais confiável que a corticosterona (Landers *et al.*, 2007).

No estresse calórico, ocorre aumento no hematócrito, podendo ser justificado por acréscimo no número de hemácias. A relação heterófilo/linfócito é alterada como consequência do aumento de heterófilo e redução de linfócito, sendo que a relação heterófilo/linfócito tem sido proposta como um índice sensível de estresse crônico em frangos de corte. Outra resposta é o aumento da concentração de glicose em resposta direta à maior secreção de adrenalina, noradrenalina e glicocorticóides (Borges, 1997; Borges, 2001).

Cardoso *et al.* (2003) determinaram níveis de parâmetros hematológicos no sangue de frangos de corte criados de um a 52 dias de idade. As coletas de sangue foram realizadas com um, 10, 24, 26, 31, 38, 45 e 52 dias de idade. Os valores de leucócitos observados nas aves aos 45 e

52 dias de idade, hematócrito (34,4 e 37,0%) hemoglobina (8,39 e 8,39g/dL), proteínas plasmáticas (3,40 e 3,04g/dL), linfócitos (56,8 e 59,6%), heterófilos (38,0 e 35,0%), monócitos (4,8 e 5,0%), basófilos (0,2 e 0,2%) e eosinófilos (0,2 e 0,2%) foram similares aos valores de referências considerados normais. Os valores de leucócitos observados nas aves com 10, 24, 26, 31 e 32 dias de idade (18900; 17320; 13920; 15880 e 19820 cel/ μ L) e concentração de hemoglobina (7,99; 8,39; 8,46; 8,39 e 8,46 g/dL) foram inferiores aos valores de referências, considerando as respectivas idades. Este estudo demonstrou que a idade das aves, condições ambientais e diferentes regiões ou países são fatores que podem afetar o estudo dos parâmetros hematológicos.

Borsa *et al.*(2009) determinaram valores hematológicos de frangos de corte, machos, criados em sistema industrial, aos sete, 14, 28, 35 e 42 dias de idade. Os resultados demonstraram que o número total de hemácias (Hm) ficou entre 1,69 e 2,03 x 10⁶/ μ L e o volume globular (VG) entre 29,6 e 33,2%. A taxa de hemoglobina entre 8,26 e 10,38g/dL. O número total de leucócitos variou entre 11.900 e 18.500 cél/ μ L. Contudo, as variações dos valores destes parâmetros entre as diferentes faixas etárias não foram significativas (p<0,05). Os autores concluíram que há a necessidade de realização de mais pesquisas na área para melhor estabelecer e discutir os valores hematológicos de referência para frangos de corte no Brasil.

2.2.3. Parâmetros bioquímicos no sangue de frangos de corte

2.2.3.1. Glicose

A glicemia é regulada por um complexo e eficiente mecanismo de retroalimentação e controle hormonal, com o objetivo de assegurar concentrações constantes de glicose, independente do estado de abundância ou carência. Durante circunstâncias normais do dia-a-dia, o glucagon e o hormônio do crescimento são responsáveis pela manutenção das concentrações adequadas de glicose, enquanto que em estados anormais, como jejum prolongado ou estresse, os glicocorticóides e adrenalina, são particularmente importantes. Em contraste aos múltiplos fatores atuando para aumentar a glicose, há somente um hormônio responsável pela sua redução, que é a insulina (Kerr, 2002).

Em caso de exposição das aves ao estresse, o sistema neuroendócrino é ativado, e as catecolaminas, epinefrina e norepinefrina, são liberadas. Destes, a epinefrina tem maior efeito sobre o metabolismo, ao se ligar a receptores adrenérgicos que ativam enzimas proteicas de

membrana celular e promovem de forma indireta e trópica a glicogenólise e gliconeogênese. Já a norepinefrina tem a função de induzir a termogênese a partir de tecido adiposo no fornecimento de energia aos músculos esqueléticos, uma vez que a maior parte da energia a partir da glicose já estaria sendo direcionada a outros tecidos (Siegel, 1980).

Após a ativação do sistema hipotalâmico-hipofisário-adrenal ocorre à secreção subsequente de corticosterona (CS), ocasionando mais alterações metabólicas, que incidem sobre a produção de glicose e sua mobilização. Uma das principais funções metabólicas de CS é promover a gliconeogênese. Do ponto de vista da produção de carne, o efeito mais prejudicial desta ação é o catabolismo de proteína estrutural de aminoácidos livres para serem utilizados como substratos gliconeogênicos ao invés de serem utilizados na síntese proteica e muscular. Ensaio envolvendo aves tratadas com CS ou hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) demonstraram aumentos do nitrogênio não proteico circulante, a diminuição da incorporação de proteína, e o aumento da excreção de ácido úrico (Puvadolpirod e Thaxton, 2000).

Considerando o fato de que frangos preferem metabolizar a glicose, o aumento da glicose, alimentar ou medicamentosa, ou a inclusão de carboidratos ou aminoácidos que possam ser convertidos em glicose parecem ter efeito na redução do estresse. Além do seu efeito sobre o metabolismo de carboidratos, a corticosterona influencia o metabolismo de proteínas. Pesquisa relacionada ao tecido muscular de galinhas demonstrou que a síntese de proteínas nestes tecidos foi reduzida pela administração de glicocorticóides. Esta redução na síntese de proteínas parece ocorrer especificamente à custa do tecido do músculo esquelético, uma vez que os corticosteróides têm sido utilizados para estimular a síntese de proteínas no fígado. Entretanto, o músculo cardíaco não seria susceptível ao catabolismo induzido por glicocorticóides (Klasing *et al.*, 1987).

Thrall *et al.* (2012) relatam que em aves saudáveis os níveis de glicose podem variar entre 200 a 500 mg/dL. A hipoglicemia, segundo Campbell (2004), é observada quando os teores de glicose caem para menos que 200 mg/dL de sangue e resulta de jejum prolongado, doença hepática severa, septicemia ou distúrbios endócrinos. Já a hiperglicemia é caracterizada por concentrações de glicose acima de 500 mg/dL de sangue e ocorre em *diabetes mellitus*. A diabetes em aves pode apresentar-se por excesso de glucagon por tumores pancreáticos,

liberação em excesso de glicocorticóides por estresse ou administração de corticosteróides (Campbell, 2004).

2.2.3.2. Lipídios sanguíneos

As frações dos lipídios no plasma sanguíneo das aves constituem uma mistura complexa e classificadas como ácidos graxos livres, gorduras neutras, fosfolipídios e ésteres de colesterol. Na clínica aviária usa-se principalmente a avaliação dos ésteres de colesterol. O colesterol é o esteróide mais comum nos tecidos corporais e atua como precursor na síntese de hormônios esteróides e de sais biliares. Também é componente estrutural das membranas celulares e as bainhas de mielina (Duncan, 2000).

O colesterol circula no plasma em forma livre e esterificada, sendo que comumente se determina a soma de ambos ou colesterol total. A utilidade da determinação do colesterol como marcador de doença hepática é limitada porque sua concentração pode diminuir, aumentar ou permanecer normal, de acordo com o tipo de doença hepática e da ingestão diária de colesterol. Esta fração também pode ser modificada pela idade, o estado nutricional e a quantidade das gorduras saturadas e insaturadas na dieta. Para Lumeij (1997), as concentrações plasmáticas de colesterol para a maioria das espécies de aves variam de 100 a 250 mg/dL. Mas segundo Swenson e O'Reece, (1996) e Kaneko *et al.* (2008), os níveis normais de colesterol nas galinhas estão entre 125 a 200 mg/dL.

2.2.3.3. Proteína plasmática total

As proteínas plasmáticas estão agrupadas em duas grandes categorias, albumina e globulinas as quais têm muitas funções. Elas são essenciais para a regulação da pressão coloidosmótica e incluem fatores da coagulação para a homeostasia, enzimas, hormônios, crescimento e reparo dos tecidos e tampões de pH, além de atuarem como anticorpos e transportarem componentes sanguíneos (bilirrubina, cálcio, esteróides, hormônios tireóideos, lipídios, metais, oxigênio e vitaminas) (Swenson e O'Reece, 1996).

Alterações na concentração de proteínas plasmáticas podem ocorrer de forma secundária, em grande número de doenças, e como principal achado anormal, em algumas delas. A mensuração da concentração de proteínas plasmáticas, muitas vezes fornece informações

importantes, as quais podem ser úteis para estreitar as possibilidades diagnósticas e algumas vezes, para revelar a presença de doença específica (Thrall *et al.*, 2012). A concentração das proteínas está na dependência dos equilíbrios hídrico e hormonal, estado nutricional e outros fatores envolvidos em condições de saúde (Jain, 1993). Valores de referência considerados por Thrall *et al.* (2012) para proteína total estão em torno de 2,5 a 4,5 g/dL de sangue. De forma geral, os principais fatores que afetam as concentrações das proteínas totais nas aves são: idade, sazonalidade, condições de criação (manejo) e doenças (Lumeij, 1997).

2.2.3.4. Albumina

A albumina é sintetizada no fígado e catabolizada por vários tecidos, onde sua síntese é influenciada pela nutrição, balanço hormonal, estado geral do fígado, estresse e concentração extravascular. Suas funções estão relacionadas com o transporte de substâncias e com a regulação e manutenção da pressão coloidosmótica sanguínea (Jain, 1993).

Em doenças agudas ou crônicas (processos inflamatórios) se observa aumento das proteínas plasmáticas totais porque se elevam as globulinas e ocasionalmente diminui a albumina causando diminuição na relação albumina/globulinas. Em aves desidratadas observa-se aumento da albumina. Em contraste, na falha hepática as proteínas totais estão muito baixas e a relação albumina/globulinas também (Lumeij, 1997).

Nas aves a maior fração proteica (40-60%) é de albumina que é sintetizada 100% no fígado, por isso sua medição pode estar relacionada ao diagnóstico de doenças hepáticas. A concentração da proteína sérica total (ou plasmática) nas aves é menor quando comparada a dos mamíferos, variando entre 3,0 e 6,0 g/dL (Campbell e Dein, 1984). Normalmente, resultados abaixo de 3,0 g/dL significam hipoalbuminemia, porque a albumina é a maior fração proteica individual do plasma. A hipoproteinemia pode ocorrer na doença renal crônica ou hepática, má nutrição e absorção ou perda sanguínea crônica. Os valores menores que 2,5 g/dL indicam prognóstico grave, e na hipoproteinemia severa raramente as aves sobrevivem. Os valores acima de 6,0 g/dL ocorrem nos quadros de desidratação ou devido ao aumento nas globulinas totais e a hiperglobulinemia pode estar associada a doenças, tais como: tuberculose, aspergilose, clamidiose, septicemias bacterianas ou infecção bacteriana crônica

(Campbell e Coles, 1986). Já para Schmidt *et al.*, (2007) e Kaneko *et al.*, (2008), os níveis normais de albumina variam de 1,6 a 2,0 g/dL de sangue.

2.2.3.5. Lactato

O lactato é produzido por células de diversos órgãos e tecidos em situação de anaerobiose. A musculatura esquelética, cérebro, coração, pele, trato gastrointestinal e hemácias, são seus maiores produtores sob condições normais. Hiperlactatemia é elevação na concentração de lactato, acompanhada por diminuição no pH sanguíneo. A principal fonte de produção de lactato é a quebra de glicogênio. O glicogênio por sua vez se quebra em piruvato e produz energia em situação de aerobiose. Se o piruvato não se quebra, este geralmente é transformado em lactato. Assim, normalmente, a acidose láctica é produzida como resultado de hipoperfusão tecidual e hipóxia, as quais podem ocorrer em casos de choque, anemia grave e afecções respiratórias. Outras causas que podem dar origem a acidose láctica são drogas ou toxinas, defeitos mitocondriais e enfermidades que resultem em septicemia, que irão levar o comprometimento da produção aeróbica de energia e consumo de lactato (Allen e Holm, 2008).

No passado, o lactato produzido durante o esforço físico era considerado um metabólito final da glicólise anaeróbia e, que se acumulado durante o esforço, induziria à fadiga e também ao débito de oxigênio. Atualmente, de forma contrária, acredita-se que a formação, troca e utilização de lactato representam um importante meio de distribuição da energia fornecida após a ingestão de carboidrato e durante o esforço físico sustentado (Mello e Luciano, 2000). O lactato é um vantajoso metabólito intermediário entre a forma armazenada de carboidrato e os produtos metabólicos finais, pois promove a rápida troca entre os compartimentos teciduais, possui baixo peso molecular, não requer insulina para seu transporte e atravessa a barreira celular da membrana através de transporte facilitado. Além disso, pode-se dizer, ainda, que o lactato sanguíneo é um bom indicador da intensidade do esforço físico (Brooks, 1991).

Em seres humanos, sob condições normais, são produzidos por volta de 15 a 30 mmol/kg/dia de lactato, com os níveis sanguíneos mantidos entre 0,5 e 1,0 mol/L, obedecendo-se a um equilíbrio entre a produção e o consumo (Luft, 2001).

Em aves, valores de referência do lactato em torno de 46,1 mg/dL de sangue foram descritos por Ross *et al.* (1978).

2.2.3.6. Enzimologia

A enzimologia estuda e testa atividade enzimática no soro, plasma, urina ou outros fluídos corporais, com o propósito de ajudar a estabelecer o diagnóstico e prognóstico e fazer uma triagem para anormalidades nas funções dos órgãos (Kaneko *et al.*, 2008).

Para isso, alguns princípios básicos devem ser considerados. Órgãos, tecidos ou células distintas, irão conter enzimas diferentes. Em alguns casos, somente poucos órgãos ou tecidos são responsáveis por produzir determinada enzima. Essa especificidade tissular tende a ser uma ferramenta diagnóstica mais útil. A detecção de atividade enzimática sérica aumentada sugere lesão das células de origem ou estímulo da produção celular da referida enzima. Assim, o diagnóstico enzimológico é uma forma de se localizar em qual tecido ocorreu a lesão ou estímulo à produção enzimática aumentada (Thrall *et al.*, 2012).

De acordo com Lumeij (1997), a avaliação das enzimas pode ajudar no diagnóstico de condições anormais nas aves. A distribuição das enzimas pode mudar conforme o órgão e a espécie e são produzidas em diferentes partes da célula. As enzimas que estão normalmente no citoplasma são aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT) e lactato desidrogenase (LDH). Elas são liberadas quando ocorre degeneração celular temporária. As enzimas na mitocôndria como a glutamato desidrogenase (GLDH), são liberadas depois de um dano severo à célula. As enzimas em membranas são a fosfatase alcalina (FA) e a gama glutamil transferase (GGT). Swenson e O'Reece (1996), Lumeij (1997) e Kaneko *et al.* (2008) apontam os valores de referência para a AST de 174,8 U/L e de 0 a 350 U/L para a CK em frangos de corte.

As transaminases (aminotransferases) correspondem a um importante grupo de enzimas que catalisam a transferência de um grupo amino de um aminoácido para um cetoácido. Alanina aminotransferase e aspartato aminotransferase são as transaminases mais importantes no diagnóstico clínico de diversas alterações metabólicas (Coles, 1974). Possuem ampla distribuição em tecidos, especialmente cérebro, coração, rim e fígado. A atividade da aspartato aminotransferase (AST) é relativamente alta nos hepatócitos, musculatura

esquelética e cardíaca de todas as espécies, embora possa haver variação entre elas. Desta forma, a mesma não é considerada uma enzima hepato-específica e sua distribuição pode variar em função da espécie. No fígado, essas enzimas desempenham um importante papel no metabolismo de aminoácidos. Devido a sua importância, trabalhos têm sido realizados no intuito de quantificar a atividade dessas enzimas no fígado de frangos e porcos (Amubode e Fetuga, 1984).

A determinação da aspartato aminotransferase (AST) pode ser usada como índice de alteração de células hepáticas e musculares em conjunto com outros indicadores, como por exemplo, a creatina quinase (CK), que é uma enzima músculo-específica, como para que seja possível diferenciar dano hepático ou muscular (Schmidt *et al.*, 2007; Thrall *et al.*, 2012). Em geral, considera-se aumento na atividade da AST, valores acima de 275 UI/L e muito elevada com valores acima de 800 UI/L, sendo decorrentes de lesão moderada a grave de hepatócitos ou células musculares (Thrall *et al.*, 2012).

A creatina quinase (CK) tem como principais atividades aquelas relacionadas com o tecido muscular (esquelético ou cardíaco), sua função é fosforilar de forma reversível a creatina à custa do ATP, como forma adicional de conservação de energia em ligações fosfatadas. Além de tecido muscular, a CK pode estar localizada em menor quantidade no rim, cérebro, trato gastrointestinal e útero. Em mamíferos, especialmente em humanos, a CK é amplamente usada para diagnosticar transtornos musculares. Esta enzima é citosólica ou associada às estruturas das miofibrilas. Seu nível está aumentado em danos musculares como isquemia muscular, decúbito, convulsões, tremores, traumas excesso de exercício, necrose e miopatias nutricionais (González e Silva, 2006).

Segundo Lumeij (1997) e Kaneko *et al.* (2008), na clínica aviária esta enzima está sendo utilizada para a avaliação de condições onde se apresenta degeneração do miócito como em intoxicações com furazolidone e ionóforos, em miopatias por deficiência de selênio e vitamina E, manipulação errada de indivíduos (manejo excessivo), injeção muscular e algumas doenças da origem infecciosa que podem causar dano muscular (vírus da bronquite infecciosa). O perfil das enzimas foi estudado em pombos e papagaios, mensurando os níveis nos músculos peitorais, quadríceps e cardíaco. A CK foi a mais importante das enzimas, nos três músculos; a seguir estiveram LDH, AST e ALT.

Thrall *et al.* (2012) relatam que o aumento na atividade plasmática da CK pode se originar devido à lesão de célula muscular ou esforço físico exagerado; frequentemente notado em aves que se debatem durante a apanha. Segundo a autora os valores de referência podem variar de 100 a 500 UI/L.

2.2.3.7. Distúrbios no equilíbrio ácido-básico dos frangos

O balanço ácido-básico refere-se aos mecanismos homeostáticos que mantem o pH constante. Toda e qualquer alteração capaz de romper a homeostase orgânica possivelmente levará a desordens no balanço ácido-básico (Macari e Luquetti, 2002).

Distúrbios primários compreendem acidose metabólica, alcalose metabólica, acidose respiratória e alcalose respiratória. Esses podem ocorrer isolados ou mistos (DiBartola, 2007). Segundo Johnson e Morais (2007), a alcalose respiratória primária caracteriza-se por redução na pressão parcial de CO_2 (pCO_2), aumento do pH e redução compensatória na concentração sanguínea de HCO_3^- . As causas comuns deste distúrbio compreendem o quadro de hipoxemia, doença pulmonar primária e estresse.

Entre as respostas fisiológicas compensatórias das aves, quando expostas ao calor, inclui-se a alcalose respiratória, caracterizada pelo aumento na taxa respiratória, resultando em perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2), (Borges *et al.*, 2003). De acordo com Souza *et al.* (2002), as aves podem aumentar a taxa respiratória em até dez vezes o seu ritmo normal, fazendo com que o nível de dióxido de carbono expirado seja muito elevado, provocando a alcalose respiratória e, como consequência, alteração do equilíbrio ácido-básico. Assim, a pressão parcial de CO_2 (pCO_2) diminui, levando à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+). Com isso, a maioria das atividades do metabolismo intermediário fica comprometida e, enquanto não houver o retorno do equilíbrio homeostático, o desempenho é prejudicado.

Segundo Borges *et al.* (2003), a pCO_2 aproximada em condições termoneutras estaria em torno de 49,34mmHg e de 46,03 sob estresse térmico. Em resposta ao estresse, os rins aumentam a excreção de HCO_3^- e reduzem a excreção de H^+ na tentativa de manter o equilíbrio ácido-base da ave. Em condição crônica de elevada temperatura, esses mecanismos compensatórios não são suficientes, e o desequilíbrio eletrolítico gerado provoca redução no

consumo de alimento e, com isso, menor taxa de crescimento, além do aumento na mortalidade das aves (Teeter *et al.*, 1985).

A acidose metabólica é caracterizada pela diminuição primária da concentração plasmática de HCO_3^- , diminuição do pH, pelo aumento da concentração de íons H^+ e pode estar associada como uma resposta compensatória secundária à alcalose respiratória. A acidose metabólica pode ser causada por perda de fluídos corporais ricos em HCO_3^- , pela produção metabólica ou elevação de radicais ácidos no organismo ou ainda pela menor excreção renal de ácidos (DiBartola, 2007).

Na acidose respiratória ocorre elevação de pCO_2 , subsequente queda no pH e um acréscimo compensatório na concentração sanguínea de HCO_3^- . De maneira geral, o fator chave no desenvolvimento deste distúrbio é a diminuição da ventilação alveolar, originária de uma insuficiência respiratória (Drage e Wilkinson, 2001).

Como uma resposta compensatória secundária à acidose respiratória, pode se estabelecer a alcalose metabólica. Este distúrbio caracteriza-se pelo aumento primário da concentração plasmática de HCO_3^- , aumento do pH, pela diminuição da concentração de íons H^+ , podendo ser causada pela perda orgânica de fluído rico em cloretos pelo trato gastrointestinal ou rins ou pela administração de álcalis (DiBartola, 2007).

O desenvolvimento da alcalose metabólica necessita, além de um fator desencadeante, de um fator perpetuante para sua manutenção, como uma baixa taxa de filtração glomerular ou mesmo um aumento na reabsorção de bicarbonato renal. Entretanto, a compensação deste distúrbio é imediata pelos tampões e pela ativação dos centros respiratórios centrais, que por sua vez, respondem causando hipoventilação, depressão na frequência respiratória, com consequente retenção de CO_2 (Carlson, 1997).

De maneira geral, os fatores ácido-base, especialmente as alterações no pH, afetam os processos metabólicos e são importantes, principalmente, para a produção de energia (Olanrewaju *et al.*, 2006), as taxas de crescimento, a conversão alimentar, o apetite, o desenvolvimento ósseo (Patience, 1990), a imunidade e a sobrevivência dos frangos (Macari *et al.*, 1994). Dessa forma, supõe-se que o estresse fisiológico associa-se às alterações do perfil ácido-base (Borges *et al.*, 2003; 2004), no entanto, a interpretação das desordens no balanço ácido-base durante o estresse é complexa, já que muitas variáveis relevantes são

alteradas simultaneamente e, em muitas instâncias, em direções opostas, dependendo da espécie e do tipo de agente estressante (Olanrewaju *et al.*, 2006).

2.2.3.7.1. Hemogasometria

A hemogasometria é uma ferramenta importante para a avaliação do estado ácido-base, monitoramento do tratamento e avaliação prognóstica do quadro clínico. O diagnóstico de alterações hidroeletrólíticas e ácido-base, por meio somente dos sinais clínicos observados é pouco preciso e pode trazer riscos e incorrer em erros (Gomes, 1997).

Para a correta interpretação do resultado da hemogasometria e avaliação do estado ácido-base do animal, deve-se manter uma sequência lógica para a determinação de possíveis anormalidades. Primeiramente examina-se o pH, seguido da $p\text{CO}_2$ e em terceiro o HCO_3^- . Em seguida, com base nas alterações compensatórias esperadas, deve-se determinar a existência de distúrbio primário com resposta compensatória apropriada, distúrbio misto (duas ou três alterações primárias ocorrendo simultaneamente) ou distúrbio compensado. Um distúrbio compensado somente pode ser identificado por um pH normal com valores anormais de $p\text{CO}_2$ e HCO_3^- , os quais mudaram de maneira apropriada, com base no distúrbio primário. A análise feita de maneira diferente desta sequência pode gerar confusão na interpretação dos resultados. Outro ponto relevante é o fato de que os eletrólitos, exame físico, descoberta da causa primária e outras técnicas de diagnóstico devem ser avaliados concomitantemente à hemogasometria para que se determine a terapia mais apropriada para a correção do problema (Day, 2002). De acordo com Gomes (1997), os mecanismos promovidos pelo organismo frente a desequilíbrios ácido-base se referem a respostas contrárias ao distúrbio primário, na tentativa de retornar o pH à normalidade. Entretanto, com exceção dos quadros de acidose respiratória crônica, nenhuma resposta compensatória é capaz de trazer o pH para seus valores normais

O pH de uma solução é igual ao logarítmo negativo da concentração de íons H^+ ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$). O valor do pH varia inversamente com a concentração de hidrogênio e dessa forma, quando as concentrações deste íon no sangue aumentam, o pH diminui e o animal desenvolve acidose. De maneira oposta, se a concentração de H^+ diminui, o pH aumenta e desenvolve-se quadro de alcalose (Gomes, 1997). Segundo Carlson e Bruss (2008), o pH aparentemente normal não descarta a possibilidade de alterações no equilíbrio ácido-base. Deve-se sempre

considerar a espécie em questão, mas como regra geral, pH menor que 7,3 indica acidose e maior que 7,5 sugere alcalose. O pH normal do sangue de aves, de acordo com Thrall *et al.*, (2012) situa-se entre 7,22 e 7,45.

Constatando-se alteração no valor de pH, esta deve ser caracterizada quanto a natureza metabólica ou respiratória. A pCO_2 é uma medida da função ventilatória pulmonar. Anormalidades no valor da pCO_2 , no mesmo sentido que o pH, indicam componentes respiratórios. Nos distúrbios metabólicos a pCO_2 também apresentará alteração, contudo no sentido oposto ao pH, denotando uma resposta compensatória do organismo. Isto é, o distúrbio primário sempre coincide com o valor de pH (Gomes, 1997).

O aumento da pCO_2 ocorre na acidose respiratória, normalmente associada a afecções neste sistema. A redução dos seus valores é indicativa de alcalose respiratória, comuns em hiperventilação ou em decorrência de distúrbios neurológicos (DiBartola, 2007).

Os valores de bicarbonato identificam o componente metabólico, quando alterados no mesmo sentido do pH (Gomes, 1997). O bicarbonato pode ser medido como padrão ou sérico. Bicarbonato padrão é uma maneira comum de se expressar anormalidades metabólicas do pH. Refere-se ao valor do bicarbonato plasmático calculado, descartando-se alterações respiratórias, isto é, ajustando-se a pCO_2 para 40mmHg. O bicarbonato sérico é aquele que é medido diretamente no sangue (Bookallil, 2012).

Sandercock *et al.* (2001) estudaram o efeito do estresse calórico agudo (32,5°C) e da termoneutralidade (22,5°C) sobre a temperatura retal e os parâmetros sanguíneos de pH, pCO_2 , creatina quinase (CK) em diferentes idades de frangos de corte e seus efeitos sobre a qualidade da carne. As aves foram avaliadas aos 35 e 63 dias de idade, antes e depois de sofrerem estresse térmico. Os resultados demonstraram que aos 35 dias de idade, a temperatura retal das aves, antes e depois do estresse, foi influenciada pela temperatura do estresse, passando de 41,4°C para 43,1°C e aos 63 dias de idade, passou de 41,3°C para 43,8°C. As aves também apresentaram redução na pCO_2 acompanhado de aumento no pH e nos níveis de CK, sendo mais evidente nas aves mais velhas. Com a indução do estresse houve alterações nos índices de termorregulação e integridade das membranas celulares dos músculos das aves causadas pelas mudanças no metabolismo glicolítico do músculo de peito,

indicado pela redução do pH e incidências de hemorragias, além do aumento da perda de água. Eles concluíram que o desequilíbrio ácido-base trouxe efeitos adversos ao metabolismo muscular pela alteração na integridade de membrana causando alterações indesejáveis na carne.

Borges *et al.* (2003a) compararam parâmetros sanguíneos de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes balanços eletrolíticos e submetidos a ambientes termoneutro (25°C e 58% UR) ou estressados por calor (33°C e 54% UR). Os tratamentos avaliados foram os distintos balanços eletrolíticos das dietas (BED): 0, 140, 240, ou 340 (mEq (Na + K - Cl) / kg)), suplementados por uma mistura de NaHCO₃ e NH₄Cl, ou KHCO₃, ou ambos adicionados às dietas basais. Os parâmetros sanguíneos determinados foram Na, K, glicose, hematócrito, hemoglobina, heterófilo, linfócito, pCO₂ e HCO₃⁻ no sangue das aves aos 44 dias de idade.

Os resultados mostraram que no ambiente termoneutro, o nível de heterófilo (%) foi menor para as aves tratadas em BED 240mEq/kg (28%) que para aqueles que receberam as dietas BED 40mEq/kg (44%). Já com BED (140 e 340mEq/kg), os valores foram intermediários (37; 41%). Inversamente, os níveis de linfócitos (%) foram significativamente maiores para o BED 240mEq/kg (72%), que para os BED 40 e 340mEq/kg, (56; 59%) e a dieta com 140mEq/kg de BED obteve valor intermediário (63%). Consequentemente, a relação heterófilo/linfócito obtida neste ambiente para a dieta com BED 240mEq/kg foi significativamente menor que para a dieta de 40mEq/kg de BED, e para as dietas com BED 140 e 340mEq/kg, os valores para estas variáveis foram intermediários. Em estresse por calor, houve aumento dos heterófilos e diminuição dos linfócitos, independente do balanço eletrolítico da dieta. Todavia, neste trabalho nenhum outro efeito significativo das dietas foi encontrado, considerando os diferentes BED e os parâmetros hematológicos no sangue, independente do ambiente térmico estudado.

Os níveis de potássio, glicose e HCO₃ no sangue foram significativamente diferentes nas salas termoneutra e em estresse térmico. Borges (1997), avaliando frangos de corte submetidos a períodos cíclicos de estresse por um período de seis dias, encontrou redução no nível de K no sangue. Em relação aos níveis de pCO₂, quando as aves foram expostas a temperaturas elevadas, ocorreu aumento da taxa respiratória, com redução dos níveis de pCO₂ (49,34mmHg

em termoneutralidade e 46,03mmHg em estresse por calor). O autor sugeriu que sob desafios de estresse por calor, os frangos de corte ativam mecanismos compensatórios para tentar manter o equilíbrio ácido-base, as concentrações de nutrientes no sangue e estabilizar as variáveis fisiológicas.

Olanrewaju *et al.* (2007) realizaram um estudo com frangos de corte para avaliar possíveis benefícios da utilização de dietas com diferentes concentrações eletrolíticas de Na, K, Cl em condições de estresse induzido. Eles determinaram o efeito da infusão do hormônio ACTH-adrenocorticotrófico em dietas contendo eletrólitos, como indutor de estresse, sobre o equilíbrio ácido-base em frangos de corte. Em um arranjo fatorial, foram utilizadas dietas basais formuladas com dois níveis de balanços eletrolíticos (BED), sendo BED moderado (174 mEq/kg) ou alto (241 mEq/kg), por sua vez combinados com ACTH ou solução salina. Estas bombas osmóticas (ACTH ou solução salina) foram adicionadas às dietas a partir dos 35 dias de idade dos frangos, por sete dias consecutivos. A concentração do tratamento com ACTH consistiu na infusão de 8 UI de ACTH/kg de peso corporal por dia. Já no tratamento controle, as aves receberam solução salina em um volume equivalente ao volume utilizado no tratamento com ACTH para o mesmo período. A taxa de fornecimento destas bombas osmóticas foi de 1µL/h. Os parâmetros sanguíneos foram avaliados aos 35 dias, antes das bombas serem implantadas, e aos 42 e 49 dias, após implantação das bombas.

Antes da infusão, aos 35 dias de idade, as aves que receberam a dieta com BED alto exibiu significativamente níveis mais elevados no sangue de sódio e cálcio, que aves que receberam dieta com BED moderado.

Aos 42 dias de idade, em ambas as dietas de BED, a infusão de ACTH aumentou significativamente hematócrito, hemoglobina, pressão parcial de CO₂ (pCO₂), osmolaridade, corticosterona, HCO₃ e reduziu o pH, o ganho de peso, a pressão parcial de O₂ (pO₂), e as concentrações plasmáticas de Na⁺, Cl⁻ em comparação com o grupo controle. Da mesma forma, o tratamento ACTH aumentou significativamente a hemoglobina, hematócrito, Ca²⁺, corticosterona, e osmolaridade e reduziu da pO₂, glicose, e ganho de peso aos 49 dias de idade. No entanto, juntamente com a redução de pO₂, observou-se aumento da eritropoiese sob o tratamento com ACTH para as duas dietas, em comparação com o controle a base de solução salina. Este aumento seria explicado devido a maior necessidade de O₂ como suporte

na produção de energia via gliconeogênese. Esta resposta adaptativa estaria relacionada ao maior número de eritrócitos e consequentemente de hemoglobina circulante como fonte de O_2 para o metabolismo durante o estresse. Estes resultados demonstraram que a utilização de ACTH nestas condições mencionadas foi capaz de estimular os glicocorticoides promovendo estresse fisiológico nos frangos.

As dietas formuladas para variação no balanço eletrolítico não afetaram o ganho de peso neste estudo. Mas, a dieta com alto BED abaixou parcialmente o pCO_2 aos 42 dias de idade, sugerindo que o BED de 241 mEq/kg poderia aliviar parcialmente o estresse adaptativo induzido por ACTH em frangos de corte. Finalmente, concluíram que as dietas utilizando o BED não desempenham papel fundamental no alívio estresse induzido por ACTH nos frangos de corte, mas estes dados trazem informações importantes sobre o papel fisiológico de BED em condições estressantes, em que as aves devem tentar manter o equilíbrio ácido-base, através de compensações.

Os efeitos da temperatura ambiente, intensidade da luz, e sua interação no equilíbrio ácido-base do sangue de frangos de corte em condições de ambiente controlado foram avaliados por Olanrewaju *et al.*, (2010). Os nove tratamentos estudados consistiram em arranjo fatorial com três temperaturas (baixa: 15,6°C; moderada: 21,1°C; elevada: 26,7°C) de 21 a 56 dias de idade e três intensidades de luz (0.5; 3.0; 20 lux) de 8 a 56 dias de idade com 50% de umidade relativa. Um total de 540 pintos de corte mistos foi distribuído em nove câmaras climáticas com um dia de idade. As amostras de sangue foram coletadas com 21 d (controle), 28, 42, e 56 dias.

Os resultados mostraram que em temperatura ambiente elevada houve redução significativa do ganho de peso, na pCO_2 , HCO_3^- , do hematócrito, da hemoglobina, dos íons K^+ , Na^+ e aumento de pH, íons Cl^- e da glicose com o avançar da idade, independente da intensidade luminosa empregada. Apesar destas alterações sanguíneas, os autores observaram que a regulação do equilíbrio ácido-base durante a alta temperatura ambiente e exposição às diferentes intensidades luminosas não foi prejudicada, pois os níveis de corticosterona não foram influenciados. Dessa forma, concluíram que a alta temperatura ambiente afetou negativamente o metabolismo e o desempenho das aves, além de várias respostas sanguíneas. Porém as alterações sanguíneas não poderiam ser consideradas as reponsáveis pelo estresse

nos frangos de corte e que a exposição dos frangos a diferentes intensidades de luz promoveu pequeno efeito sobre as variáveis fisiológicas de sangue.

De acordo com Bounous e Stedman, (2000), o hematócrito normal das aves varia de 35 a 55%. Valores inferiores a 35% indicam anemia e superiores a 55% sugerem desidratação ou policitemia. O hematócrito também pode sofrer alterações em relação ao sexo e à idade das aves (Schmidt *et al.*, 2007).

2.2.3.7.2. Íons Na^+ , K^+ , Cl^-

De acordo com Mogin (1981), eletrólito pode ser definido como uma substância química, que se dissocia nos seus constituintes iônicos, tendo como função fisiológica principal a manutenção do equilíbrio ácido-base corporal. O Na^+ , o K^+ e o Cl^- são íons fundamentais na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base dos líquidos corporais. Em condições ótimas, os conteúdos de água e eletrólitos são mantidos dentro de limites estreitos. Entretanto durante o estresse térmico, os níveis de Na^+ , K^+ e Cl^- do plasma são afetados. Para Thrall *et al.* (2012), os valores de referência em aves para o Na^+ estão entre 130 e 160 mEq/L; para o K^+ , entre 2 e 4 mEq/L e para o Cl^- , entre 100 e 120 mEq/L sangue. Valores fora deste intervalo podem sinalizar distúrbios no equilíbrio ácido-básico.

A concentração de K^+ e Na^+ no sangue diminui à medida que a temperatura aumenta, enquanto que o Cl^- aumenta. A diminuição dos níveis plasmáticos de K^+ ocorre devido ao aumento na excreção desse íon. A taxa de excreção de K^+ pela urina é variável, estando ligada à concentração plasmática de Na^+ e ao estado de hidratação da ave, e as perdas podem ser causadas por aumento no consumo de água, já que o gradiente osmótico favorece o movimento de água do fluído intracelular para urina, podendo carrear o K^+ (Belay e Teeter, 1993). Segundo Borges *et al.* (2004), a explicação para esse fenômeno pode ser conhecida como hemodiluição. Já o aumento no Cl^- deprime a excreção de H^+ e a reabsorção de HCO_3^- pelos rins. Isto poderia contribuir com a acidificação do sangue, sendo esta uma resposta secundária à alcalose. Todavia, de acordo com Salvador *et al.* (1999), há que se considerar o tempo de estresse já que, em seus trabalhos observaram redução nos níveis séricos de Cl^- quando os frangos de corte foram submetidos à estresse crônico de 42 aos 49 dias de idade.

2.3. Influência da temperatura sobre o desempenho de frangos de corte

Um dos efeitos das altas temperaturas nos lotes de frango de corte é a redução no consumo de ração, no ganho de peso e piora na conversão alimentar (Oliveira *et al.*, 2006). De acordo com Ain Baziz *et al.* (1996), os frangos reduzem o consumo de ração em torno de 3,6% para cada aumento de 1°C de temperatura de 22-32°C. Esta redução tem como objetivo evitar o aumento da produção de calor endógeno, uma vez que a produção de calor se eleva com aumento do consumo de ração (Koh e Macleod, 1999).

Uma pesquisa realizada por Klasing *et al.* (1987) relata a redução na deposição muscular, e o aumento na deposição de gordura abdominal em aves tratadas com corticosterona (CS) ou hormônio adrenocorticotrófico (ACTH). Segundo estes autores, os efeitos ocorrem provavelmente, devido à ação dos corticosteroides sobre o metabolismo da glicose, através da gliconeogênese. Uma provável explicação para os efeitos de CS e ACTH sobre o desempenho de frangos de corte seria a inibição da síntese de proteínas, bem como de insulina e o aumento dos adipócitos. De acordo com Puvadolpirod e Thaxton (2000), o estresse fisiológico causa vários efeitos negativos sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte. Provavelmente o efeito mais comum da corticosterona ou hormônio adrenocorticotrófico no desempenho de frangos seria a redução no ganho de peso e a piora na conversão alimentar.

Oliveira Neto *et al.* (2000) avaliaram a influência da temperatura ambiente, termoneutra (23,3±0,58°C) ou calor (32,3±0,31°C), sobre o desempenho e as características de carcaça e peso de órgãos, em frangos de corte machos Hubbard, no período de 22 a 42 dias de idade, recebendo alimentação controlada e dois níveis de energia metabolizável (3075 e 3300 kcal de EM/kg). Os autores não verificaram interação entre o nível de energia metabolizável e a temperatura ambiente para nenhuma das características de desempenho avaliadas. Os resultados demonstraram que o estresse por calor influenciou negativamente o desempenho dos frangos, reduzindo o rendimento de peito e o peso de órgãos vitais (coração, fígado, moela, proventrículo e pulmão), bem como aumentando a gordura abdominal, independente do nível energético adotado na ração.

Um experimento foi conduzido por Hai *et al.* (2000) para determinar o efeito da temperatura ambiente na digestão de frangos de corte de um a 49 dias de idade. As aves foram expostas a

três temperaturas (5, 21 e 32°C) e umidade relativa de 60%. Os autores observaram que a quantidade de quimo no trato digestório diminuiu no frio e aumentou no calor quando comparado com o ambiente termoneutro (21°C). Estes resultados indicaram que a taxa de passagem de quimo no trato digestivo depende do peristaltismo, o qual é controlado pelo sistema neuroendócrino. Os resultados obtidos nos frangos mantidos em ambiente quente revelaram que pouca digesta alcançou o intestino delgado 6 h após alimentação forçada, em relação ao controle termoneutro. Também relataram que as atividades das enzimas digestivas pancreáticas, tripsina, quimiotripsina e da amilase foram reduzidas em altas temperaturas (32°C) e não foram influenciadas no ambiente frio (5°C). Esses fenômenos sugeriram que os sistemas digestivos dos frangos adultos são mais influenciados pelo ambiente quente.

Furlan *et al.* (2001) avaliaram o efeito da restrição alimentar quantitativa inicial e da temperatura ambiente sobre o desenvolvimento de vísceras e ganho compensatório em frangos de corte. Os frangos foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso, segundo esquema fatorial 2 x 3, com variação no programa alimentar (ad libitum e restrito do 7° ao 14° dia de idade) e temperatura ambiente (quente, termoneutra e fria). Não se verificou interação significativa entre restrição alimentar e temperatura ambiente para nenhuma das variáveis estudadas. Em relação aos pesos e comprimentos intestinais, não foram encontradas diferenças significativas. O consumo de ração, o ganho de peso e o peso vivo aos 42 dias de idade foram significativamente menores nas aves mantidas em altas temperaturas.

Gonzalez-Esquerre e Leeson (2005) sugeriram que o tempo de exposição ao estresse de calor pode afetar a resposta das aves à proteína dietética. Exposições de curto prazo tem um efeito diferente de exposições de longo prazo. Eles consideram que a redução dos níveis de proteína bruta nas dietas de aves estressadas pelo calor como um meio de reduzir a produção de calor pode não ser sempre justificada. Uma vez que, pesquisadores têm relatado piora no desempenho produtivo de frangos mantidos sob esta condição e alimentados com rações com teor proteico abaixo dos preconizados em tabelas nutricionais (Alleman e Leclercq, 1997; Faria Filho *et al.*, 2006; Laganá *et al.*, 2007; Oliveira Neto e Oliveira, 2009).

2.4. Melhorias nas condições de ambiência na produção e artifícios nutricionais

As características dos galpões, assim como a instalação de equipamentos para manter adequadas as condições ambientais para as aves, são mais efetivas do que a utilização de meios alternativos para aliviar o estresse calórico. Entretanto, as alterações de manejo da luz, do arraçamento e a adequação das dietas são atitudes que podem reduzir os efeitos negativos do excesso de calor sobre o desempenho dos frangos (Baião e Cançado, 2001) e por isso têm sido recomendadas.

2.4.1. Proteína na dieta de frangos de corte

Austic (1985) recomendou redução da proteína dietética com a suplementação adequada com aminoácidos essenciais como meio de reduzir o aumento de incremento calórico durante estresse. Da mesma forma, Reginatto *et al.* (2000) sugerem que, os aminoácidos sintéticos DL-metionina e L-lisina possuindo preços acessíveis, permitem ampla utilização em formulações, fato que possibilita aos nutricionistas trabalharem com os níveis de aminoácidos mais ajustados, reduzindo o nível da proteína bruta dietética. Entretanto, ainda existem muitas dúvidas sobre até que nível a proteína bruta dietética pode ser reduzida sem comprometer o desempenho das aves.

Segundo Furlan *et al.* (2004), a modulação do consumo de alimentos não é apenas consequência da quantidade de proteína bruta na dieta, mas também da qualidade da proteína, ou seja, concentração e equilíbrio de aminoácidos. Sob condições de estresse térmico é bem conhecido que as aves reduzem o consumo de ração. Todavia, considerando o baixo consumo de ração pelas aves no calor, associado a dietas com baixo teor de proteína, observa-se uma deficiência da ingestão de aminoácidos.

Pesquisas têm mostrado que dietas com baixa proteína têm efeitos negativos sobre o desempenho de frangos de corte criados em temperatura ambiente elevada. Alleman e Leclercq (1997) avaliaram frangos de corte de 23 a 44 dias de idade criados em ambientes de 22 e 32°C. As aves foram alimentadas com uma dieta rica em proteínas a base de milho e farelo de soja, padrão contendo 200 g de proteína bruta/kg ou uma dieta de baixa proteína (160 g/kg) suplementada com aminoácidos essenciais. Os suplementos de aminoácidos foram

baseados em requisitos determinados em temperaturas de termoneutralidade. A 22°C, não foi observada diferença no ganho de peso (1.783g vs 1.779g), gordura abdominal (2,78g vs 2,20g), ou carne de peito (362,1g vs 373,1g). Houve apenas diferença na conversão alimentar entre as duas dietas, (1,81 vs 1,77), considerando a dieta com 160g e 200g de proteína, respectivamente. No entanto, a 32°C, o ganho de peso e o rendimento de peito foram significativamente reduzidos, e de gordura abdominal significativamente aumentada nos frangos alimentados com a dieta de baixa proteína e suplementada com aminoácidos. A piora na conversão alimentar foi significativa e muito maior do que a 22°C para a dieta com 160g de proteína (2,41 vs 2,19).

Faria Filho (2003) avaliando dietas com baixo teor de proteínas (20%, 18,5% e 17%), formuladas de acordo com o conceito de proteína ideal para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade, criados em ambiente de 20, 25 ou 33°C, observou redução do ganho de peso e conversão alimentar nas aves a 33°C, mas a 20 ou 25°C não verificou mudanças no desempenho. Em relação ao teor de proteína na dieta, o autor verificou que nas dietas com baixa proteína, não houve aumento no consumo de ração. Para as dietas com maior teor de proteína, o autor conclui que o excesso de aminoácidos não-essenciais poderia ajudar a evitar a deficiência destes nutrientes durante condições de estresse por calor.

De forma paralela, alguns estudos relataram que a alimentação de frangos de corte com dietas de alta proteína e criados em temperaturas elevadas melhoraram o desempenho das aves. Temim *et al.* (1999) observaram que a alimentação de frangos de corte em crescimento com dietas ricas em proteína (25 vs 20%) em ambiente de altas temperaturas (32°C) melhoraram o ganho de peso. Em trabalho posterior, Temim *et al.* (2000) testaram dietas com teor de proteína bruta que variaram de 10 a 33% e o melhor resultado de desempenho obtido foi quando foram alimentadas com dietas de 18% e 33% de proteína bruta, mesmo quando as aves foram criadas em estresse por calor. Assim, os autores consideraram que a melhora no desempenho dos frangos seria justificada pela disponibilização de aminoácidos e excesso de aminoácidos não-essenciais, que poderia ajudar a evitar a deficiência de aminoácidos durante as condições de estresse por calor.

Por outro lado, os efeitos da redução do nível de proteína bruta (PB) da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos foram avaliados por Oliveira *et al.* (2010),

considerando o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos sob estresse por calor (temperatura de $32,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $66 \pm 3,2\%$). Os níveis de proteína bruta utilizados nas dietas foram 21,6; 20,6; 19,6; 18,6 ou 17,6%. Os resultados demonstraram que não houve efeito dos níveis de PB da ração sobre o ganho de peso, o consumo de ração e conversão alimentar das aves. Eles concluíram que o nível de proteína bruta da ração, adotando o conceito de proteína ideal, poderia ser reduzido de 21,6 até 17,6%, pois essa redução não prejudicaria as características de desempenho, nem o peso absoluto e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte submetidos a estresse por calor.

Em outro trabalho, Oliveira *et al.* (2011) avaliaram o efeito da redução dos níveis de 21,6; 20,6; 19,6; 18,6 ou 17,6% de proteína bruta (PB) na ração formulada de acordo com o conceito de proteína ideal, sobre o desempenho e rendimento de cortes de frangos de corte machos de 22 a 42 dias de idade, agora mantidos em ambiente termoneutro (temperatura de $21,6 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa em $74 \pm 4,0\%$). A redução dos níveis de PB, de 21,6 para 17,6%, não influenciou o peso absoluto de carcaça e os pesos absoluto e relativo de peito, coxa e sobrecoxa, nem as características de desempenho exceto pela piora na conversão alimentar.

Balnave e Oliva (1990) relataram que a exigência de metionina de 3-6 semanas de idade para frangos mantidos a temperatura constante de 30°C ou a temperaturas cíclicas de $25-30^{\circ}\text{C}$ foi reduzida em comparação com os frangos mantidos a 21°C . Mendes *et al.*, (1997) afirmam que o aumento dos níveis de lisina não melhorou o ganho de peso em frangos de corte estressados pelo calor. Rose e Uddin (1997) observaram que a taxa de crescimento com a suplementação de lisina foi menor em frangos submetidos a altas temperaturas. Brake *et al.* (1998), no entanto, relataram resposta significativa do aumento da relação arginina: lisina sobre o desempenho de frangos de corte em temperatura elevada. Eles concluíram que os resultados de vários estudos são contraditórios, pois vários fatores poderiam estar envolvidos em diferentes respostas à suplementação de aminoácidos em temperatura elevada.

Parr e Summers (1991), buscando minimizar o excesso de AA em dietas de frangos de corte de sete a 21 dias de idade, não observaram diferenças significativas no desempenho das aves que receberam dietas de baixa PB dietética (16,5 a 21% PB) suplementadas com aminoácidos

essenciais (AAE), quando comparadas com o grupo que recebeu a dieta controle (23% PB). Han *et al.* (1992) demonstraram que pintos com idade entre um e 21 dias, alimentados à base de milho e farelo de soja, com 19% PB, e suplementados com MET, LIS, TRE, ARG e VAL, bem como com aminoácidos não essenciais (AANE) e ácido glutâmico (GLU), tiveram um desempenho equivalente àqueles alimentados com a dieta de 23% PB. Dos 22 aos 42 dias de idade, as aves que receberam 16% PB, suplementadas com os mesmos AA, tiveram desempenho similar àquelas que receberam a dieta controle com 20% PB, não havendo, inclusive, diferença no teor de gordura corporal.

Uma dieta comercial para frangos de corte criados no verão, com ou sem a suplementação de aminoácidos essenciais (10% acima em relação aos níveis utilizados em dietas práticas) foi avaliada por Macleod (1997) e Zarate *et al.* (2003), que concluíram que a suplementação de aminoácidos nas dietas de frangos, acima de valores comerciais, tem pouco efeito sobre a produção de calor. Considerando que a produção de calor estaria positivamente correlacionada com a síntese de proteína corporal, neste estudo os autores observaram que o excesso de energia seria mais depositado na forma de gordura do que como síntese de proteína, fato que sugere que a utilização de dietas de alta proteína para frangos de corte submetidos ao estresse por calor não é capaz de alterar a produção de calor nas aves.

De acordo com Sakomura e Silva (1998) não há aumento das necessidades metabólicas de aminoácidos nas aves em ambiente de alta temperatura, mas as necessidades de aminoácidos indicam como o perfil de aminoácidos fornecidos na dieta podem sofrer modificações nos processos metabólicos endógenos em função da temperatura. Todavia, Furlan *et al.* (2004) observam que, em dietas de baixa proteína, há aumento na exigência de energia de manutenção e diminuição no desempenho dos frangos, quando criados em altas temperaturas.

Puvadolpirod e Thaxton (2000) observaram que uma das consequências do estresse fisiológico é a redução da digestibilidade de proteína para frangos de corte, desencadeando aumento nas exigências de aminoácidos nestes períodos de estresse. De acordo com Nelson e Cox (2000), aminoácidos como metionina, treonina, arginina, valina, isoleucina, triptofano, cistina, glicina, serina, tirosina, fenilalanina, alanina, histidina, prolina, e asparagina são glicogênicos, podendo, portanto serem convertidos em glicose. Embora a gliconeogênese seja um processo metabolicamente caro, é bem estabelecido que este processo seja ativado durante

o estresse por causa das ações de corticosterona. Portanto, proporcionando aumento de aminoácidos glicogênicos na dieta pode-se diminuir o recrutamento ao catabolismo de músculo esquelético durante o stress, como forma de obtenção de glicose.

A importância de manter uma relação arginina: lisina elevada nas dietas de frangos de corte, em altas temperaturas, provavelmente pode ser explicada pelos resultados de Gonzalez-Esquerria e Leeson (2006) que estudaram a relação arginina: lisina com a utilização de diferentes fontes de metionina e o tempo de exposição ao estresse térmico sobre o desempenho de frangos de corte. Eles concluíram que a baixa relação arginina: lisina, as fontes de metionina e do tempo de exposição a estresse térmico afetaram a utilização da proteína em aves com hipertermia. Por outro lado, a utilização da proteína não foi afetada pela fonte de metionina, L-metionina (L-Met), 2-hidroxi-4-(metiltio) butanóico (HMB), ou DL-metionina (DLM), quando aves foram criadas sob estresse térmico agudo ou crônico, mas alimentadas com dietas contendo uma alta relação arginina: lisina.

Por outro lado, Virden *et al.* (2007) pesquisaram os efeitos do estresse induzido por corticosterona (CS) sobre a digestibilidade dos aminoácidos em frangos de corte. Esta pesquisa envolveu a alimentação de frangos de corte com (15 mg CS/ kg de ração) adicionados na dieta aos 10 dias de idade. Em seguida, foi mensurada a digestibilidade de aminoácidos, usando o ensaio de digestibilidade ileal aparente de aminoácidos. Os autores concluíram que o estresse fisiológico induzido pela alimentação de CS, não afetou a digestibilidade dos aminoácidos.

Vasconcellos *et al.* (2011) realizaram um ensaio de metabolismo para avaliar os efeitos de diferentes níveis de proteína bruta (21%, 19%, 17% e 15%) sobre a digestibilidade de nutrientes e energia de dietas para frangos de corte criados em ambiente natural. A coleta de excretas foi feita nas aves dos 25 aos 29 dias de idade. Eles observaram que a redução do teor de PB proporcionou melhora linear na digestibilidade da matéria seca (CDMS) e da energia metabolizável aparente (EMA) e melhora de efeito quadrático na digestibilidade da PB, sendo o nível de 15,3% de PB o que proporcionou melhor digestibilidade. Houve diminuição linear do consumo e excreção de nitrogênio com a redução proteica. O nitrogênio retido e a eficiência de utilização do nitrogênio apresentaram melhores resultados nos teores de 18,3 e 15,3%, respectivamente. Não houve efeito do teor de PB sobre a EMA e a EMAn. Eles

concluíram que a menor eficiência das dietas de alta proteína, provavelmente, poderia estar relacionada à quantidade de nitrogênio, em excesso, a ser eliminada.

Um experimento foi conduzido por Bolek e Persia (2013) para avaliar duas fontes de metionina (DL-Met ou HMB-2-hidroxi-4-ácido metiltiobutanóico) em duas concentrações (0,84% e 0,84%+20%) sobre o desempenho e as respostas fisiológicas (pCO₂, pH, Hct e Hb) de frangos de corte em crescimento estressados pelo calor. O tratamento térmico foi iniciado aos 21 dias de idade em câmaras climatizadas com temperatura ambiente normal (24°C) ou elevada (35°C). As coletas de sangue foram realizadas com seis horas e com seis dias após o início do experimento para determinar os efeitos do estresse térmico agudo e crônico sobre parâmetros de sangue. Em relação ao desempenho, a temperatura elevada prejudicou o ganho de peso, o consumo e a conversão alimentar no estresse crônico, porém não foram observados efeitos da fonte de metionina ou da concentração, independente do ambiente térmico. Já os parâmetros sanguíneos foram influenciados pelo estresse térmico agudo, porém este efeito foi normalizado sobre a exposição ao calor crônico. Dessa forma, os autores concluíram que as aves foram aparentemente capazes de se adaptar as oscilações bioquímicas do sangue quando expostas ao calor, entretanto houve efeitos negativos no desempenho.

Dessa forma, uma estratégia nutricional seria estabelecer exigências de aminoácidos digestíveis em frangos de corte durante as condições de estresse. Segundo Chen *et al.* (2003), conhecer melhor estas exigências poderia proporcionar ajustes nas dietas em relação aos níveis mínimos de aminoácidos ou coeficientes de digestibilidade para atender às necessidades nutricionais de forma mais adequada nestas situações.

2.4.2. Relação proteína e energia na dieta

DeGroot (1974) observou que mudanças nas dietas de frangos em relação aos valores de energia e proteína bruta ou aminoácidos poderiam influenciar nos níveis de energia líquida destas dietas. Segundo ele, este novo perfil nutricional, presumivelmente implicaria em mudanças no consumo de ração. Segundo o autor, devido ao elevado incremento calórico das proteínas, a energia líquida de uma dieta de baixa proteína suplementada com aminoácido seria maior que de uma dieta convencional para frangos. O resultado seria menor consumo de alimentos, com menor ingestão proporcional de aminoácidos. Assim, o fraco desempenho de

frangos alimentados com dietas de baixa proteína poderia estar associado à mudança na oferta de energia e não apenas ao fornecimento de aminoácidos como foi assumido.

Há muitos anos, Kielanowski (1965) mostrou que o custo determinado de deposição de proteína foi de 5 a 6 vezes maior que o estimado para utilização estequiométrica de ATP, uma vez que a energia para síntese de proteínas excede em muito a energia para deposição de proteína na maioria das aves, e a explicação lógica para estas discrepâncias de custos de energia seria os gastos com o *turnover* de proteína.

De acordo com Noblet *et al.* (1987) e Roth *et al.* (1999), dietas com baixo teor de proteína têm sido associadas com redução de perdas energéticas. Ao se diminuir os teores de proteína bruta da dieta, reduzem-se, também, a desaminação do excesso de aminoácidos e, com isso, a síntese e a excreção de ácido úrico nas excretas das aves. Deve-se levar em consideração que a redução do suprimento de proteína está diretamente associado com um menor *turnover* proteico (Roth *et al.*, 1999; Van Milgen *et al.*, 2001), com a diminuição do peso das vísceras (Noblet *et al.*, 1987) e com menor produção de calor. Portanto, estas dietas, segundo esses autores, podem melhorar a disponibilidade energética para deposição de tecidos.

Segundo Leeson *et al.* (2000), duas explicações são normalmente dadas para o pior desempenho de frangos com dietas pobres em proteínas. Ou estas dietas não fornecem nitrogênio suficiente para permitir a síntese de aminoácidos não essenciais, ou o fornecimento de aminoácidos essenciais é insuficiente para um bom desempenho. Para estes autores, a disponibilidade de energia pode ser um fator para esta resposta, pois a redução proteica aumentaria o conteúdo de energia líquida da dieta. Sendo a ingestão de alimentos influenciada pelo suprimento energético; o aumento da disponibilidade energética pode reduzir o consumo, diminuindo também a ingestão de aminoácidos. Dessa forma, supõe-se que manter constante o suprimento de energia líquida ao invés da energia metabolizável pode ser vantajoso para dietas pouco proteicas.

De acordo com Leeson e Summers (2001), a utilização e o equilíbrio da ingestão de energia metabolizável será influenciado pelo nível de energia da dieta. Apesar da ingestão em frangos ser norteada pela exigência em energia, em dietas adensadas, se o nível de

proteína/aminoácido for constante, a energia proporcionalmente será mais desviada para a deposição de gordura. Além das dietas de alta energia serem mais facilmente formuladas, apenas incluindo mais gordura na dieta, o incremento calórico também é proporcionalmente reduzido, quando o nível de energia da dieta é aumentado.

Para os autores, o custo da energia para deposição de proteínas é muito elevado em relação ao da gordura, e assim a composição da carcaça da ave em crescimento pode ser acentuadamente influenciada pela eficiência de utilização da energia. Um grama da proteína ingerida representa cerca de 5,5 kcal de energia bruta, que equivale apenas 48% do necessário, que seria de 11,5 kcal para deposição total no corpo. Com as gorduras, no entanto, grande parte desta energia é devido ao conteúdo de energia advinda da própria molécula de gordura. A gordura ingerida contém cerca de 9,1 kcal/g de energia e este valor representa 82% do custo total de energia de 11,2 kcal necessário para a deposição de 1g de gordura no corpo. Tanto a proteína quanto a gordura exigem quantidades muito semelhantes de energia líquida para a sua deposição no organismo (11,5; 11,2 kcal/g respectivamente). Assim, fica demonstrado que a eficiência energética de deposição da proteína e de gordura é, por conseguinte, cerca de 48% e 82%, respectivamente.

A relação energia/proteína em frangos foi estudada por alguns autores, através da adição de gordura e lisina na dieta como forma de melhorar o desempenho em climas quentes (Micklebury *et al.*, 1966; McNaughton e Reece, 1984). Fisher e Wilson (1974) realizaram uma revisão de dados publicados sobre esta relação e observaram que quando a EM de rações de frangos foi crescente nas dietas, mas com a relação energia/ proteína mantida constante, os resultados sobre o desempenho foram melhorados, somado ao maior consumo de energia metabolizável. Entretanto, nenhuma explicação foi oferecida sobre a tendência destas aves ao superconsumo de energia quando alimentadas com dietas adensadas. Este fato foi subsequentemente explicado por Gous e Morris (2005), pelo modelo de simulação para energia líquida, o qual utilizou ingredientes comumente disponíveis para a indústria de frangos de corte, como por exemplo, milho, farelo de soja, trigo, em uma formulação baseada em uma relação EM/ proteína fixa, demonstrando que com dietas de alta energia e baixa proteína, houve aumento da densidade de nutrientes devido a uma maior oferta de energia líquida.

A relação de aminoácidos não essenciais/ aminoácidos essenciais (AANE/AAE) é um importante fator dietético, embora pouco compreendida, no que diz respeito ao rendimento dos frangos de corte alimentados com dietas de baixa proteína. Tendo em vista o maior calor da proteína/aminoácidos, parece lógico esperar maior EL de dietas com baixa proteína onde o "excesso" de AANE e AAE na dieta é mínimo. Segundo Aftab *et al.* (2006), independentemente dos valores absolutos dos aminoácidos na dieta, o desempenho tende a ser deprimido quando a relação AANE/AAE é reduzida a partir de 50/50. O aumento da relação EL/ EM nas dietas foram propostos para melhorar o consumo, em função do reduzido incremento de calor, proporcionando, o ganho em frangos de corte. Entretanto, Musharaf e Latshaw (1999) e Gous e Morris (2005) concluíram ser improvável, na prática, perceber melhora no desempenho de frangos de corte ao aumentar a relação EL/ EM em dietas de baixa proteína. Segundo eles, este efeito se houver, deve ser mais pronunciado no estresse por calor em comparação às condições termoneutras. A relação estreita da EL/ EM em dietas de baixa proteína parece estar mais relacionada com a maior deposição de gordura corporal comparadas com dietas padrão, ricas em proteínas. Isto também pode ser explicado, em parte, pela maior eficiência energética da deposição de proteína quando a proteína ou aminoácidos dietéticos são reduzidos (Urdaneta- Rincon e Leeson, 2004) poupando mais energia da dieta a ser depositada como gordura corporal. Entretanto, mais trabalhos sobre a modulação da relação alimentar EL/EM no desempenho e crescimento de frangos de corte, e as interações com as diferentes linhagens (leves; pesadas) são necessários.

Noblet *et al.* (2007) quantificaram a eficiência de utilização da EM para EL de acordo com o teor de proteína bruta na dieta, a fim de avaliar o possível interesse em se propor um sistema de EL para aves. Estudos complementares foram realizadas para avaliar os efeitos da gordura e fibra dietética na utilização de energia. Foram realizados dois ensaios. No primeiro, os frangos foram distribuídos em dois grupos, alimentados com dieta de baixa proteína e dieta com o teor de proteína normal. No experimento dois, os grupos foram compostos de aves alimentadas com dieta de proteína normal e dieta com alta proteína. A diferença entre os níveis de proteína nas dietas foi aproximadamente 4,7%. A técnica da calorimetria indireta foi utilizada para estimar os valores de energia líquida. O consumo de ração, o ganho de peso e a quantidade de excretas foram mensurados durante o período de seis dias sucessivos, realizados na terceira e sexta semana de idade para o experimento um, e na quarta e quinta semana para o ensaio dois. A produção de calor total foi particionada entre a produção de

calor relacionada ao grau de atividade (AHP; estimada a partir de sensores de força montados sobre as gaiolas metabólicas), o efeito térmico da alimentação (TEF) e a produção de calor das aves em jejum (FHP), baseados nas técnicas de modelação, de acordo com Van Milgen *et al.* (1997). O valor de EM da dieta e os saldos de proteína, energia e gordura foram calculados de acordo com procedimentos padrão. Os dados do balanço foram expressos por unidade de peso metabólico corporal (peso vivo (kg)^{0,75}). A ingestão EL foi calculado como: EM_{ingerida} - TEF - AHP.

Os resultados demonstraram que apesar do fornecimento de aminoácidos essenciais terem sido semelhantes para as duas dietas dentro de cada ensaio, o ganho de peso e a deposição de proteína foi melhorado para as aves que receberam a dieta com maior PB. Nenhum dos critérios relacionados à utilização de energia foi afetado pela PB dietética. A energia utilizada para a atividade física representou cerca de 10% do consumo de EM. Não houve explicações claras para uma maior produção de calor associada à baixa ingestão de EM no ensaio dois. Diferenças nas características de dietas (mais fibras, menos amido e menos gordura com um valor inferior de EM no ensaio dois) poderiam contribuir para esta diferença. Os autores concluíram que a substituição parcial de carboidratos por proteínas na dieta de frangos alimentados não está associado a mudanças na utilização de energia.

2.4.3. Fatores que afetam a exigência de energia em frangos

Energia é a capacidade de realizar trabalho e pode ser medida apenas durante a sua transformação de uma forma para a outra. A energia no corpo é fornecida por meio de processos de oxidação de carboidratos, gorduras e proteínas, sendo que parte desta energia química é transferida para a molécula de fósforo como forma de armazenamento. Outra parte da energia é utilizada para manutenção da temperatura corporal constante, mas a maior parte desta energia retida é utilizada para a síntese de tecidos, e outros processos metabólicos basais, tais como a atividade, consumo, locomoção, entre outros (Chwalibog, 2004).

A energia sozinha representa aproximadamente 40% do custo de produção da ração de frangos de corte. Daí a importância de se determinar de forma precisa a energia de um alimento ou ração, pois existem estreitas relações entre nível de energia da ração e nutrientes,

exigência da ave, temperatura ambiente, consumo de ração, desempenho, qualidade de carcaça e principalmente custo das rações (Lara, 2007).

A quantidade de energia derivada da dieta é dependente dos nutrientes associados. Segundo Moehn *et al.* (2005), a avaliação da energia, bem como a utilização de um sistema mais preciso para mensurar esta energia, são de importância central na formulação e avaliação de dietas para aves.

A composição do alimento é um dos principais fatores que afetam os valores energéticos de uma dieta, influenciando também a sua digestibilidade (Annison *et al.*, 1997). A magnitude do aumento de calor depende da quantidade de ração ingerida e da composição da dieta. O incremento calórico aumenta com a crescente oferta de energia (quantidade de ração), pois o transporte e a digestão dos alimentos no trato alimentar requer energia, ou seja, esta produção de calor faz parte do incremento calórico e depende da extensão e tipo de processos anabólicos (Chwalibog, 2004). Além disso, este incremento calórico pode ser aumentado no caso do animal utilizar proteína como fonte de energia no lugar de carboidratos e lipídios, ou ainda, em função de um excesso de proteína na ração (NRC, 1994; Emmans, 1994; Penz Júnior *et al.*, 1999).

Todavia, em altas temperaturas, ou sob um estresse térmico mais grave, as necessidades energéticas em aves podem aumentar devido à necessidade de energia adicional associada ao aumento na taxa respiratória necessário para dissipação de calor corporal. Entretanto, no caso do metabolismo energético, o valor da gordura dietética suplementar em dietas de frangos de corte necessita de uma avaliação cuidadosa. Embora o aumento do incremento calórico de uma dieta possa ser reduzido pela utilização de gordura dietética, a maior disponibilidade de energia metabolizável pode resultar em aumento da energia retida como gordura (Shannon e Brown, 1969a). Este problema pode ser acentuado em altas temperaturas como Geraert *et al.* (1996) relataram que a percentagem de energia na forma de gordura dietética retida foi maior em frangos submetidos a estresse crônico por calor a 32°C que em frangos submetidos a 22°C. Além disso, é evidente que a dieta rica em um perfil de ácidos graxos saturados pode ter uma influência considerável sobre a partição de nutrientes em frangos quando comparados a dietas que contenham ácidos graxos poliinsaturados da série n-3 ou n-6 (Newman *et al.*, 2002).

A produção de calor pode ser medida por meio de diversos métodos calorimétricos, seja diretamente em um calorímetro ou indiretamente medindo a troca gasosa a partir do animal. A mensuração direta da energia retida (principalmente de proteínas e lipídios) pode ser medida pela técnica de abate comparativo. Apesar de necessitar de equipamentos simples, a técnica é trabalhosa e fornece uma estimativa de retenção média de energia por um longo período de tempo (Blaxter, 1989).

Normalmente, a calorimetria indireta é usada para mensurar a produção de calor e se baseia na medição das trocas gasosas entre o animal e o seu meio ambiente. Quando os nutrientes são oxidados, os animais consomem oxigênio e produzem dióxido de carbono, enquanto que metano é produzido pelos microrganismos do intestino durante a fermentação. Essas trocas gasosas e a excreção de nitrogênio a partir do catabolismo de proteína combinada com a oxidação estequiométrica de nutrientes permitem o cálculo da produção de calor (Brouwer, 1965). A calorimetria indireta apresenta a vantagem sobre a técnica do abate em série, na medida em que o balanço de energia pode ser mensurado ao longo de curtos períodos de tempo e em dias sucessivos. Todavia, esta técnica ainda necessita de refinamentos para que possa obter estimativas de diferentes componentes de produção de calor (Van Milgen *et al.*, 1997.; Van Milgen e Noblet, 2000). Ambas as técnicas podem proporcionar uma estimativa do balanço de energia total do animal, que, em combinação com o balanço de nitrogênio, permite o cálculo da retenção de proteínas e lipídios. A técnica de calorimetria indireta normalmente fornece estimativas mais altas de retenção de energia e proteína que a técnica de abate comparativo, embora a produção de calor possa ser afetada pela temperatura ambiente e o estado de saúde (Quiniou *et al.* 1995.; Birkett e de Lange, 2001b).

Dentre o aproveitamento endógeno da energia, o conceito de requisito de energia de manutenção tem sido amplamente adotado por nutricionistas de animais, embora possa ser difícil de definir ou mesmo medir (Van Milgen *et al.*, 2000).

A exigência de energia de manutenção é essencialmente um requisito para ATP. Para isto, é necessário conhecer as diferenças na eficiência da síntese de ATP entre os nutrientes, pois esta exigência será dependente da dieta. Este problema é parcialmente contornado em sistemas de energia líquida, adotado em estudos com suínos, que utiliza a produção de calor em jejum como uma estimativa do requisito da energia de manutenção (Noblet *et al.*, 1994).

Assume-se que a relação entre a produção de calor no jejum e a energia metabolizável para manutenção é semelhante à relação entre a produção de calor na manutenção e energia metabolizável para a manutenção. Embora a produção de calor em jejum possa ser medida em condições razoavelmente padronizadas, ela varia com o comprimento do período de jejum e o nível de alimentação antes de jejum (De Lange *et al.*, 2002). Durante o jejum de energia, sem alimento, as reservas corporais são mobilizadas a fim de gerar ATP para atender as funções essenciais. De acordo com Chwalibog (1991), a utilização deste método considera que em animais em jejum a eficiência de utilização da gordura corporal como fonte de energia não é semelhante à utilização de carboidratos, lipídios e proteínas dietéticas e animais em jejum apresentam menor movimentação, ou seja, menor produção de calor.

Nieto *et al.* (1995) avaliaram a exigência de energia metabolizável para manutenção para frangos de corte em crescimento e relataram valores que variaram de 111 a 143Kcal/kg^{0,75} como exigência de manutenção e Sakomura *et al.* (2004), por meio da técnica de abate comparativo com aves recebendo dieta de 3200kcal/kg encontrou 141 kcal/kg^{0,75}. Longo *et al.* (2006) determinaram a exigência de energia metabolizável para manutenção e crescimento de frangos de corte de 22 a 56 dias de idade, também por meio da técnica de abate comparativo, utilizando diferentes níveis de alimentação (*ad libitum*, 70, 50 e 30% do consumo *ad libitum*) e três temperaturas ambiente (13, 23 e 32°C). Os resultados foram de 159,4; 116,2 e 128,7 kcal/kg^{0,75} para 13, 23 e 32°C, respectivamente, e 137, 142, 129 e 132 kcal/kg^{0,75} para os níveis de alimentação *ad libitum*, 70, 50 e 30% do consumo *ad libitum*, respectivamente. Estes resultados demonstraram um efeito quadrático da temperatura sobre a exigência de manutenção e sem efeito do nível de alimentação.

Koh e Macleod (1999) mediram a variação na produção de calor, por meio de câmaras respirométricas, em frangos de corte submetidos a diferentes níveis de alimentação e temperaturas e observaram menor produção de calor no período de escuro e queda na produção de calor à medida que diminuiu o consumo e aumentou a temperatura.

Vasconcellos (2009) conduziu um ensaio de digestibilidade e calorimetria, utilizando o método da coleta total de excretas e da calorimetria indireta, para determinar a EMA, EMAn, produção de calor e a EL de dietas com diferentes níveis de PB (21%, 19%, 17% e 15%) para frangos de corte. A coleta de excretas foi feita nas aves dos 25 aos 29 dias de idade. A

produção de calor em jejum foi de $97,21 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$; para frangos de corte machos da linhagem ROSS. A energia metabolizável para manutenção (EMm) obtida neste trabalho foi $121,51 \text{ Kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$. Os dados de produção de calor e incremento calórico obtidos nas aves alimentadas com as dietas contendo 21, 19, 17 e 15% de PB foram respectivamente 205,57; 183,31; 168,50; 181,33 $\text{kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ e 108,37; 86,09; 71,29; 84,12 $\text{kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$, mas a diferença não foi significativa. Os resultados demonstraram que os níveis de PB avaliados não foram capazes de influenciar a produção de calor e nem os valores de incremento calórico, EMA, EMAn, e EL.

Entretanto, de forma contraditória, alguns estudos têm demonstrado ainda que dietas de baixa proteína elevam a produção de calor. Buyse *et al.* (1992) verificaram que dieta de baixa proteína (15%) ou com 20% de PB, proporcionaram um aumento na produção de calor em jejum em função do nível da proteína (300 e 253 $\text{Kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$, respectivamente) em frangos de 28 dias de idade. De maneira semelhante Nieto *et al.* (1997) alimentaram frangos de corte com dietas contendo 6,6 e 20% de PB do 10º ao 24º dia de idade e relataram aumento na exigência de energia para manutenção (231 vs 197 $\text{Kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$). Esses resultados podem estar associados ao aumento do nível plasmático do hormônio tireoidiano triiodotironina (T3) dos frangos alimentados com dietas de baixa proteína, porém os mecanismos metabólicos pelos quais essas deficiências alteram os níveis de hormônios tireoidianos são pouco conhecidos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no LAMA - Laboratório de Metabolismo Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. Foram realizados dois experimentos. O experimento I foi realizado no período de abril a julho de 2012 e o segundo experimento ocorreu no período de outubro de 2012 a fevereiro de 2013. Em cada experimento, a temperatura e a umidade relativa, foram registradas diariamente por termo-higrômetros digitais. Os experimentos foram os seguintes:

Experimento I: “Níveis de proteína na para frangos de corte criados em termoneutralidade”.

Experimento II: “Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em estresse cíclico por calor”.

3.1. Aves, instalações e manejo

Foram utilizados 360 frangos de corte machos Cobb-500 em cada experimento. Durante o período pré-experimental, as aves foram criadas de um a 21 dias de idade, em gaiolas metálicas no mesmo laboratório. O aquecimento dos pintos foi feito até os 14 dias de idade com lâmpadas incandescentes de 60 watts e o programa de luz utilizado, neste período, foi de 24 horas de luz por dia. A partir dos 15 dias de idade o fotoperíodo foi determinado pela luz natural. Os pintos foram vacinados no incubatório contra a doença de Marek e aos 15 dias de idade, contra as doenças de Newcastle e Gumboro, via água de bebida.

O período pré experimental correspondente à fase inicial da criação foi determinado pela adaptação das aves às gaiolas e para avaliação do consumo voluntário. A dieta utilizada foi uma ração basal única para fase inicial, conforme recomendações nutricionais de Rostagno *et al.* (2011), descrita na tabela 2.

Em ambos os ensaios, o período experimental correspondente à fase de crescimento foi de 22 aos 42 dias de idade. Nesta fase, o programa de luz utilizado foi de 20 horas de luz e 04 horas de escuro, para repouso sempre em temperaturas termoneutras. As aves foram alojadas nas salas climatizadas contendo gaiolas metabólicas, metálicas, providas de bebedouros do tipo

nipple, comedouros e bandejas coletoras de excretas individuais, com dimensão de 1m². As aves tiveram livre acesso a ração e a água durante todo o dia. O peso médio inicial nesta fase foi em torno de $\pm 930,0$ g.

3.2. Tratamentos e dietas

A temperatura considerada no experimento I para o ambiente termoneutro (ATN) foi aproximadamente de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e $60 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar (UR). Para o experimento II, ambiente submetido ao estresse cíclico por calor (EPC), houve variação cíclica das condições térmicas, sendo 16 horas a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e $60 \pm 2\%$ UR e 08 horas a $32 \pm 2^\circ\text{C}$ e $60 \pm 2\%$ UR, conforme descrito na tabela 1. Foram utilizadas seis repetições de 15 aves para cada tratamento. Dessa forma, no experimento I, a temperatura de cada câmara respirométrica foi climatizada adequando às condições de termoneutralidade ($23 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR) por meio do uso de aparelho de ar condicionado interno e no experimento II, as câmaras foram climatizadas para gerar um estresse cíclico por calor, sendo 16 horas a $23 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR e 08 horas a $32 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR, controlados por aparelho aquecedor de ambiente com termostato de programação automática.

Tabela 1 – Descrição da temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes ATN e EPC

Ambiente	ATN	EPC	
Tempo de exposição em horas/dia	24	16	08
Temperatura °C (22 a 42 dias de idade)	21 - 25	21 - 25	30 - 34
UR média (%) (22 a 42 dias de idade)	58 - 62	58 - 62	58 - 62

As rações utilizadas no período experimental foram as mesmas para os dois ensaios, sendo a condição climática o fator de variação. Os tratamentos avaliados foram quatro dietas isonutritivas, com exceção do teor de proteína bruta (PB), sendo estes (16%; 18%; 20% e 22% PB na ração). Os valores nutricionais dos ingredientes das rações, assim como as relações de exigências isoaminoacídicas utilizados foram baseados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno *et al.*, 2011). Todas as rações foram isoaminoacídicas quanto à exigência das aves. Para o nível mais alto de proteína bruta, não foi necessária a adição de aminoácidos industriais, sendo a exigência suprida por meio dos alimentos fornecidos na formulação. Para as demais dietas, os níveis de proteína bruta foram progressivamente reduzidos e

suplementados com aminoácidos sintéticos de forma a atender as exigências nutricionais e de aminoácidos dos animais para a fase de crescimento. A composição das rações, utilizadas nos dois experimentos e seus respectivos níveis nutricionais, calculados, encontram-se na tabela 2. Os tratamentos estão descritos a seguir:

Experimento I:

Dieta com 16% PB; ambiente termoneutro – ATN

B- Dieta com 18% PB; ambiente termoneutro – ATN

C- Dieta com 20% PB; ambiente termoneutro – ATN

D- Dieta com 22% PB; ambiente termoneutro – ATN

Experimento II:

A- Dieta com 16% PB; estresse cíclico por calor – EPC

B- Dieta com 18% PB; estresse cíclico por calor – EPC

C- Dieta com 20% PB; estresse cíclico por calor – EPC

D- Dieta com 22% PB; estresse cíclico por calor – EPC

Tabela 2 - Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas utilizadas nos experimentos

Ingredientes	Inicial	16%	18%	20%	22%
Milho moído	60,80	75,30	69,00	62,20	55,70
Farelo de soja 46% PB	30,50	15,00	21,00	27,30	33,20
Óleo de soja	1,00	1,40	2,50	3,50	4,60
Farinha de carne e ossos 40 PB/6,0 Pd	5,80	5,10	5,00	5,00	4,90
Sal comum	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
DL-Metionina (99%)	0,38	0,40	0,35	0,30	0,25
L-Lisina (78%)	0,37	0,64	0,45	0,26	0,08
L-Treonina (98%)	0,13	0,24	0,16	0,07	---
L-Triptofano (98%)	---	0,07	0,04	---	---
L-Valina (98%)	---	0,26	0,16	0,06	---
L-Arginina (99%)	---	0,35	0,17	---	---
Suplemento Vitamínico/mineral ¹	0,40	---	---	---	---
Suplemento Vitamínico/mineral ²	---	0,40	0,40	0,40	0,40
Calcário	0,27	0,49	0,43	0,56	0,52
TOTAL (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis nutricionais					
Proteína bruta (%)	22,00	16,00	18,00	20,00	22,00
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.980	3.150	3.150	3.150	3.150
Cálcio (%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Fósforo disponível (%)	0,48	0,42	0,42	0,42	0,42
Lisina digestível (%)	1,30	1,12	1,12	1,12	1,12
Metionina + cistina digestível (%)	0,94	0,82	0,82	0,82	0,82
Treonina digestível (%)	0,84	0,73	0,73	0,73	0,73
Triptofano digestível (%)	0,22	0,20	0,20	0,20	0,23
Valina digestível (%)	0,95	0,87	0,87	0,87	0,91
Arginina digestível (%)	1,33	1,21	1,21	1,21	1,38
Sódio (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

¹Suplementação Vitamínico Mineral (fase inicial):

Vit. A 13.685UI, Vit. D3 3.157UI, Vit. E 35,0 mg, Vit. K3 4.410mg, Vit. B1 2.415mg, Vit. B2 8.662,5mg, Vit. B6 5.460mg, Vit. B12 21.315mcg, Biotina 96.250mcg, Niacina 53.900mg, Ac. fólico 1.228,5mg, Ac. pantotênico 13.860mg, Selênio 0,3mg, Iodo 1,0mg, Ferro 30,0 mg, Cobre 10,0mg, Manganês 90,0mg, Zinco 80,0mg.

²Suplementação Vitamínico Mineral (fase crescimento):

Vit. A 9.775UI, Vit. D3 2.255UI, Vit. E 25,0mg, Vit. K3 3.150mg, Vit. B1 1.725mg, Vit. B2 6.187,5mg, Vit. B6 3.900mg, Vit. B12 15.225mcg, Biotina 68.750mcg, Niacina 38.500mg, Ac. fólico 0,87mg, Ac. pantotênico 9.900mg, Selênio 0,21mg, Iodo 1,0 mg, Ferro 30,0mg, Cobre 10,0mg, Manganês 90,0mg, Zinco 80,0mg.

3.3. Variáveis analisadas

3.3.1. Parâmetros fisiológicos

3.3.1.1. Frequência respiratória e temperatura retal

As determinações das temperaturas retais e da frequência respiratória dos frangos foram realizadas aos 17, 22, 28, 34 e 37 dias de idade, sendo utilizada uma ave por parcela, escolhida ao acaso. Aos 17 dias de idade, as aves ainda não estavam submetidas ao condicionamento do ambiente. A partir dos 22 dias de idade, as aves foram submetidas ao processo de aclimação. As mensurações ocorreram às dez horas da manhã, para as duas condições ambientais.

Para a determinação da temperatura retal foi utilizado um termômetro clínico digital, BD-Becton Dickison[®], inserido na cloaca por um período de 1 minuto. A frequência respiratória foi mensurada por três examinadores distintos, por meio da contagem dos movimentos respiratórios durante 15 segundos e a média multiplicada por quatro para se obter o valor em 1 minuto, conforme metodologia utilizada por Harrison e Biellier (1968). Neste processo, utilizou-se um cronômetro digital para registro do tempo.

3.3.1.2. Determinação de parâmetros de hemogasometria, bioquímicos e hematológicos

Para a determinação dos parâmetros sanguíneos, em cada experimento, foram realizadas quatro coletas de sangue nos frangos, aos 17, 22, 26 e 32 dias de idade. Nestas avaliações foi utilizado um total de 24 aves para cada coleta de sangue, sendo uma ave de cada repetição.

Para as análises de sangue foram retirados 2mL/ ave, por punção da veia da asa, sendo que para as análises de hemogasometria e hematológicas foi coletado 1ml de sangue em seringa-tubo SARSTEDT[®], contendo anticoagulante à base de heparina lítica e para as análises bioquímicas, 1mL em tubo a vácuo sem anticoagulante.

As amostras para hemogasometria foram processadas imediatamente após cada coleta. O pH e as medidas de hemogasometria como pCO_2 (pressão parcial de gás carbônico), pO_2 (pressão parcial de oxigênio), e HCO_3^- (íon carbonato), hemoglobina e hematócrito também foram determinados com o objetivo de avaliar o equilíbrio ácido-básico tanto em estado termoneuro

quanto em estresse cíclico por calor, utilizando o aparelho analisador clínico semi-portátil OPTI CCSA-TS (ALERE™) e cartuchos modelo E (ALERE™).

Os parâmetros hematológicos e as análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica, da Escola de Veterinária da UFMG. Os valores de leucócitos totais, heterófilos, linfócitos e a relação heterófilos/ linfócitos (H/L) foram determinados imediatamente após cada coleta de sangue. Os esfregaços sanguíneos, para análise de leucócitos, foram fixados e corados pelo método May-Grunwald-Giemsa (Ferreira Neto *et al.*, 1978). A contagem global de leucócitos foi realizada em aparelho analisador específico, Abacus Junior Vet – Hematology Analyser Diatron®, enquanto os heterófilos e os linfócitos foram determinados pela contagem em câmara de Neubauer, e calculados em relação ao número total de leucócitos, em porcentagem, conforme Ferreira Neto *et al.*, (1978).

Para as provas bioquímicas as amostras de sangue coletadas foram centrifugadas a 3.500 rpm por dez minutos e o soro separado do plasma e acondicionado em tubos de *eppendorf* de 1,5mL, congelados em freezer a -20°C, por 10 dias, para realização das provas bioquímicas. Posteriormente estas amostras foram então descongeladas e processadas em analisador automático, Cobas Mira Plus®, utilizando-se de “kits” comerciais Synermed®. Os parâmetros avaliados foram as seguintes: proteínas totais, albumina, lactato, glicose, colesterol total, triglicerídeos, HDL – lipoproteína alta densidade, aspartato aminotransferase (AST) e a creatina quinase (CK), enzimas sinalizadoras de desordens metabólicas.

3.3.2. Digestibilidade de nutrientes e energia

As determinações da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio foram realizadas por meio do método de coleta total de excretas no período de 29 a 32 dias de idade dos frangos para os dois experimentos. As quantidades de rações oferecidas e as sobras foram pesadas diariamente e as excretas foram coletadas e pesadas duas vezes ao dia durante o período de quatro dias.

Todo o material recolhido foi colocado em sacos plásticos, pesado e armazenado em câmara de congelamento (-15°C). Posteriormente, as excretas coletadas nos quatro dias foram

homogeneizadas, para a coleta das amostras, as quais foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas para pré-secagem. Após a pré-secagem, o material foi exposto por duas horas à temperatura ambiente, pesado, homogeneizado e moído em moinho tipo faca com peneira de 2mm. Foram feitas as análises para a determinação de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta nas excretas. As rações experimentais também foram analisadas para matéria seca, energia bruta, proteína bruta, extrato etéreo conforme técnicas descritas por AOAC (1995). A partir desses resultados, os dados dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia e dos nutrientes foram obtidos. As análises de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG. Os teores de energia bruta das dietas e das excretas foram determinados em bomba calorimétrica adiabática no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA- Universidade Federal de Lavras.

A partir dos dados de consumo de dieta, produção de excretas e dos resultados das análises de laboratório, procedeu-se o cálculo dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (PB); da matéria seca (MS) e do extrato etéreo (EE), conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Digestibilidade nutriente (\%)} = \frac{\text{nutriente}_{\text{ingerido}}(\text{g}) - \text{nutriente}_{\text{excretado}}(\text{g})}{\text{nutriente}_{\text{ingerido}}(\text{g})} * 100$$

A partir do consumo de matéria seca, da determinação dos valores de energia bruta e do nitrogênio das rações e das excretas, foram calculadas: a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço do nitrogênio (EMAn), utilizando a fórmula de Matterson (1965) descritas a seguir:

$$\text{EMA} = ((\text{MS}_{\text{ingerida}} \times \text{EB}_{\text{ração}}) - (\text{MS}_{\text{excretada}} \times \text{EB}_{\text{excretada}})) / \text{MS}_{\text{ingerida}}$$

$$\text{EMAn} = ((\text{MS}_{\text{ingerida}} \times \text{EB}_{\text{ração}}) - (\text{MS}_{\text{excretada}} \times \text{EB}_{\text{excretada}}) - 8,22 \text{ BN}) / \text{MS}_{\text{ingerida}}$$

BN = Balanço de nitrogênio

8,22 = fator que corresponde a 8,22kcal de energia bruta por cada grama de nitrogênio retido.

$$\text{BN} = (\text{MS}_{\text{ingerida}} \times \text{Nitrogênio}_{\text{ração}}) - (\text{MS}_{\text{excretada}} \times \text{Nitrogênio}_{\text{excretado}}).$$

3.3.3. Determinação da produção de calor, energia líquida e energia de manutenção

Para a determinação da produção de calor e energia líquida, o método adotado foi o de calorimetria indireta, baseado na quantidade de energia produzida pela ave na forma de calor, calculada por meio de mensurações de trocas gasosas (consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono) em câmaras respirométricas de sistema aberto, equipada com aparelho da marca Sable[®]. Estas câmaras consistiam em uma estrutura de acrílico, nas dimensões de 1,20 x 2,00 x 2,10 m. As aves permaneceram nas câmaras dentro de uma gaiola de 1 m² com acesso à ração e água, sendo a quantidade de aves padronizadas pelo cálculo do peso metabólico. Neste sistema o ar atmosférico entrou na câmara em um fluxo constante de 100 litros por minuto e foi misturado ao ar expirado pelas aves.

Para cada experimento, a avaliação da produção de calor das aves alimentadas foi iniciada aos 24 dias e finalizada aos 32 dias de idade. No início do período experimental, aos 22 dias de idade, as aves foram alimentadas com as rações de cada tratamento para adaptação do trato digestório às dietas. Na determinação desta variável foram utilizadas todas as três câmaras respirométricas disponíveis da Sala de Calorimetria do Laboratório de Metabolismo Animal – LAMA da UFMG. Como o principal fator de variação entre os experimentos foi à variação climática, em cada experimento as câmaras foram programadas para atender a condição climática imposta, sendo o experimento I, a termoneutralidade e no experimento II, o estresse térmico cíclico. Os valores de nitrogênio utilizados foram provenientes da excreção de nitrogênio das aves em jejum. Os valores de nitrogênio urinário utilizados nos cálculos foram determinados conforme metodologia de Silva *et al.*, (2006). A equação baseou-se no modelo de Brouwer (1965), descrito a seguir:

$$H \text{ (kj)} = 16,18 \times O_2 \text{ (l)} + 5,02 \times CO_2 \text{ (l)} - 5,88 N_u \text{ (g)}$$

H* = produção de calor (PC)

N_u= nitrogênio urinário

Para as determinações das concentrações de O₂ e CO₂ a cada cinco minutos, dentro de um período de 24 horas, foram coletados amostras de ar externo e de dentro de cada câmara. A concentração máxima permitida de CO₂ foi de 0,5%. O consumo de O₂ e a produção de CO₂ foram calculados baseados no volume e na composição do ar que entra comparado com o ar que sai da câmara (Chwalibog, 2004).

O incremento calórico foi calculado por meio da diferença da produção de calor mensurada nos frangos alimentados menos a produção de calor mensurada nos frangos em jejum.

$$IC = PC_{\text{alimentado}} - PC_{\text{jejum}}$$

Para o cálculo da energia líquida das rações foram utilizados os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio menos o incremento calórico.

$$EL = EMAn - IC$$

IC = incremento calórico

Em cada experimento, a determinação da exigência de energia líquida para manutenção (ELm) foi realizada usando a mensuração da produção de calor, utilizando a equação de Brouwer (1965), das aves em jejum durante 24 horas dentro das câmaras respirométricas. Estas aves foram submetidas a um período prévio de 12 horas de jejum.

Foram utilizados seis repetições de sete frangos por tratamento, colocadas nas três câmaras respirométricas, sendo que cada câmara alojou uma repetição por vez. A avaliação da produção de calor em jejum foi iniciada aos 33 dias de idade, de forma sequencial às avaliações da produção de calor das aves alimentadas, e finalizada aos 40 dias de idade. As trocas gasosas foram mensuradas considerando a produção de calor em cada ambiente, termoneutro (ATN) e estresse cíclico por calor (EPC).

Para a determinação da energia líquida de manutenção (ELm) é necessário o conhecimento prévio sobre o Km , que seria um coeficiente que representa a eficiência da utilização da energia metabolizável para a manutenção. O cálculo da exigência energética para manutenção foi feito a partir da divisão da produção de calor em jejum pelo Km de 0,80. Assume-se que a relação entre a produção de calor no jejum e a energia metabolizável para manutenção é semelhante à relação entre a produção de calor na manutenção e energia metabolizável para a manutenção. Entretanto, em animais em jejum a fonte de energia não é proveniente da dieta e sim da energia estocada principalmente nos depósitos de gordura (Chawalibog, 1991).

3.3.4. Avaliação de desempenho produtivo

No alojamento da fase inicial, com o objetivo de uniformizar o peso corporal, todas as aves foram pesadas individualmente com um dia de idade e selecionadas para compor os experimentos somente aquelas que estavam dentro da faixa do peso médio com intervalo de 10% de variação permitida. Entretanto, como o período experimental estudado compreendeu a fase de crescimento, de 22 a 42 dias de idade das aves, a avaliação de desempenho foi iniciada aos 22 dias de idade.

3.3.4.1. Consumo de ração

O consumo de ração foi determinado subtraindo-se a quantidade ofertada na semana da sobra de ração ao final de cada semana e ao final da fase de criação. Para o cálculo do consumo de ração foi considerado o número de aves mortas na semana.

3.3.4.2. Ganho de peso

Para avaliação do ganho de peso, na fase de crescimento, os frangos foram pesados aos 21, 28, 32 e 42 dias de idade. O ganho de peso foi calculado descontando-se o peso inicial dos pintos aos 21 dias para a fase de crescimento do peso final aos 42 dias de idade.

3.3.4.3. Conversão alimentar

O cálculo de conversão alimentar foi feito a partir do consumo médio de ração e o ganho médio de peso das aves ao final da fase de criação.

3.3.4.4. Índice de eficiência produtiva

O índice de eficiência produtiva (IEP) foi calculado considerando o ganho de peso diário (Kg) x viabilidade (%) / conversão alimentar x 100. O IEP foi calculado aos 42 dias de idade das aves.

3.3.4.5. Viabilidade

O número de aves mortas foi registrado diariamente e foi feito o cálculo da porcentagem de mortalidade, e a partir dessa taxa, calculada a porcentagem de viabilidade (100 menos a porcentagem de mortalidade).

3.3.5. Peso relativo de órgãos

O abate das aves foi realizado ao término do ensaio, aos 43 dias de idade, para todos os tratamentos, seguindo as normas vigentes e aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais (CETEA). Para cada experimento, aos 43 dias de idade, foram amostradas aleatoriamente e abatidas 24 aves, sendo uma ave de cada gaiola (uma ave de cada repetição). Antes do abate, os frangos foram submetidos a jejum de ração de 12 (doze) horas e após a identificação individual foram pesados.

Os órgãos linfóides avaliados foram o baço, a bursa e o timo. Além do coração, moela, intestino, fígado sem vesícula biliar e gordura abdominal. Para determinação do peso relativo, os órgãos e gordura abdominal foram retirados, secos em papel toalha e pesados em balança de precisão.

A avaliação do peso relativo dos órgãos foi feita apenas aos frangos de 43 dias de idade considerando o peso de cada víscera avaliada individualmente em relação ao peso vivo em jejum obtido antes do abate.

3.3.6. Análise de custos

Para o cálculo do lucro foi considerado o custo da ração e custo do pintinho, além das variáveis zootécnicas, idade de abate (42 dias), peso médio, conversão alimentar e viabilidade. Assim, o lucro médio por quilo de frango produzido, consistiu na diferença entre o total investido em arraçamento e compra de pintinhos (custo da ração/kg de frango produzido + custo do pintinho/kg de frango produzido) e a margem de preço de venda de frango vivo (preço do quilo x quantidade produzida em kg). O preço médio do quilo de frango vivo, (R\$2,50/kg), refere-se ao valor do atacado e os valores do quilo de cada ração referem-

se aos valores dos ingredientes vigentes durante o mês de novembro de 2013. Esta metodologia de cálculo foi utilizada em ambos os experimentos.

3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado para análise da temperatura retal e frequência respiratória foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 5, com arranjo em parcelas subdivididas, sendo a parcela os quatro níveis de proteína bruta das dietas estudadas e as subparcelas, cinco idades das aves, equivalentes a diferentes estágios de aclimatação. Neste ensaio foram utilizadas as mesmas 360 aves, distribuídas em seis repetições, de 15 aves, sendo as mensurações obtidas de uma ave de cada parcela.

Para as análises sanguíneas, em ambos os experimentos, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, com arranjo em parcelas subdivididas, sendo a parcela os quatro níveis de proteína bruta das dietas estudadas e as subparcelas, as quatro idades das aves na coleta de sangue. Neste ensaio foram utilizadas as mesmas 360 aves, distribuídas em seis repetições, de 15 aves.

A digestibilidade das dietas e a mensuração da energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) foram avaliadas pelo delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições, sendo cada repetição composta de 15 aves. Para a determinação da produção de calor, incremento calórico, energia líquida, energia líquida de manutenção, o delineamento utilizado foi o mesmo sendo constituído por quatro tratamentos (dietas) e 06 repetições cada, sendo cada repetição composta de sete aves. A ordem de entrada das aves nas câmaras respirométricas seguiu o princípio da casualização. Dessa forma, a duração do ensaio para determinação da produção de calor foi de 08 dias, tanto nas aves alimentadas como nas aves mantidas em jejum.

O desempenho das aves também foi avaliado pelo delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições, sendo cada repetição composta de 15 aves. Para a avaliação do peso relativo dos órgãos (baço, bursa, timo esquerdo e direito, coração, moela, intestino, fígado e gordura abdominal), o delineamento foi o mesmo sendo constituído por quatro tratamentos e 06 repetições cada, sendo cada ave considerada como uma repetição.

O modelo estatístico utilizado para o desempenho, digestibilidade e calorimetria indireta, adotando o delineamento inteiramente casualizado, foi o seguinte:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

onde:

\hat{Y}_{ij} = observação do tratamento i na parcela j;

μ = média geral das observações;

t_i = efeito do tratamento i (i = nível de proteína bruta na dieta);

e_{ij} = erro experimental aleatório atribuído ao efeito do tratamento i, na parcela j.

Para os parâmetros fisiológicos como: temperatura retal, frequência respiratória e variáveis sanguíneas, o modelo estatístico adotado foi para parcela subdividida, descrito a seguir:

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + \alpha_i + D_{(i)k} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{(i)jk}$$

\hat{Y}_{ijk} = valor da subparcela que recebeu os níveis i e j na repetição k;

μ = média geral das observações;

α_i = efeito do tratamento (parcela) i;

$D_{(i)k}$ = erro da parcela que recebeu o tratamento i na repetição k;

β_j = efeito do tratamento (subparcela) j;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efeito da interação entre parcela i com a subparcela j;

$e_{(i)jk}$ = erro aleatório da subparcela que recebeu o tratamento i e j na repetição k.

As análises estatísticas foram feitas de acordo com Sampaio (2007). Os dados foram analisados por meio do programa Sistema... 2007- SAEG. As variáveis foram submetidas à análise de normalidade pelo teste de Lillifors e homocedasticidade de variâncias nos tratamentos pelo teste de Barlett. Os dados normais e homogêneos dos efeitos dos tratamentos para todas as variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância e posteriormente realizadas análises de regressão. Os graus de liberdade dos fatores foram desdobrados em seus componentes lineares e quadráticos para a escolha do modelo de regressão que melhor descrevesse as observações.

Concomitante, as diferenças significativas entre médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As respostas consideradas não normais foram avaliadas pela análise estatística não paramétrica pelo teste de Kruskal Wallis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento I: “Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em termoneutralidade”

4.1.1. Frequência respiratória e temperatura retal

Os dados da frequência respiratória dos frangos de corte em função da idade estão demonstrados na Figura 1. Observou-se efeito quadrático em relação à idade de coleta de sangue, conforme a equação: $\hat{Y} = 28,8652 + 1,97314x - 0,0451747x^2$ ($R^2 = 0,96$; $p = 0,039$). Não houve ajuste de equação para a temperatura retal.

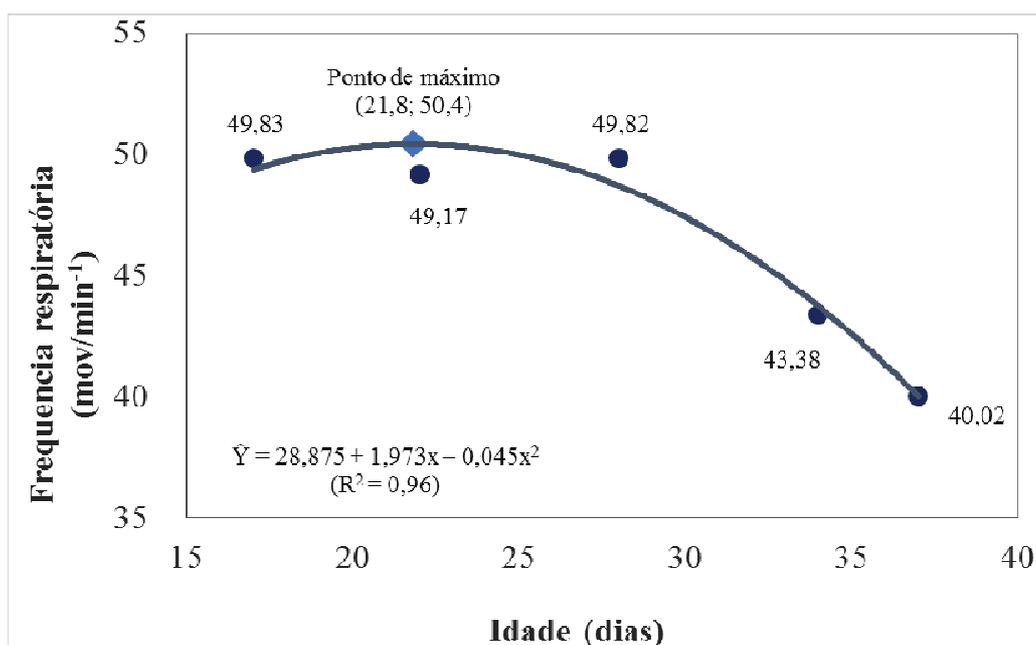


Figura 1. Frequência respiratória em função da idade dos frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro

O ponto máximo da inflexão apresentados na Figura 1, para os resultados de frequência respiratória foi de 50,41 mov/ min⁻¹, aos 22 dias de idade. A partir deste ponto, com o avançar da idade houve tendência à redução da frequência respiratória dos frangos em ambiente termoneutro.

Os resultados da temperatura retal e da frequência respiratória dos frangos de corte criados em termoneutralidade estão apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. Não foi observada interação significativa entre os níveis de proteína bruta da dieta e a idade dos frangos ($p \leq 0,05$).

Tabela 3. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre a temperatura retal de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

Nível de PB (%)	Temperatura retal (°C)					Médias
	17 d ¹	22 d ²	28 d ³	34 d ⁴	37d ⁵	
16	41,40	41,15	40,75	41,00	41,17	41,09 A
18	41,25	40,95	40,68	40,63	41,17	40,94 A
20	41,37	41,08	40,80	41,23	40,72	41,04 A
22	41,25	41,18	40,93	41,20	41,05	41,12 A
Médias	41,32 a	41,09 ab	40,79 b	41,02 ab	41,03 ab	
CV (%)	1,03					

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 28 dias: aves em aclimação; ⁴ 34 dias: aves em aclimação; ⁵ 37 dias: idade final da avaliação.

Tabela 4. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre a frequência respiratória de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

Nível de PB (%)	Frequência respiratória (mov/min ⁻¹)					Médias
	17 d ¹	22 d ²	28 d ³	34 d ⁴	37d ⁵	
16	47,00	54,00	47,60	39,53	32,40	44,11 B
18	48,67	40,89	48,93	37,20	39,00	42,94 B
20	50,00	52,67	51,20	46,40	38,00	47,65 AB
22	53,67	49,11	51,53	50,40	50,67	51,07 A
Médias	49,83 a	49,17 ab	49,82 a	43,38 bc	40,02 c	
CV (%)	21,40					

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 28 dias: aves em aclimação; ⁴ 34 dias: aves em aclimação; ⁵ 37 dias: idade final da avaliação.

A temperatura retal (Tabela 3), não foi influenciada ($p \geq 0,05$) pelos níveis de proteína bruta da dieta, sendo afetada ($p \leq 0,05$) pela idade das aves em função do período de aclimação. Apesar disso, todos os valores de temperatura retal encontrados estão dentro da faixa de normalidade para situação de termoneutralidade. Apesar de aos 28 dias de idade, a temperatura retal mensurada ter sido significativamente inferior à temperatura aos 17 dias de idade, os valores foram considerados normais, sendo justificados pelo processo de adaptação a climatização imposta a partir dos 22 dias de idade. De acordo com Macari e Furlan (2001), o valor de 41,1°C de temperatura retal nas aves seria considerada como limite inferior da

condição de estresse térmico, ou seja, quando este limite é ultrapassado, são desencadeados mecanismos fisiológicos para manutenção da temperatura corpórea, o que caracteriza a condição de estresse térmico por calor.

Os níveis de proteína bruta da dieta e a idade dos frangos, em função do período de aclimação ao ambiente influenciaram a frequência respiratória dos frangos (Tabela 4). O nível de 22% de PB na dieta provocou aumento significativo na frequência respiratória em relação aos níveis de 16 e 18% de PB. Uma causa provável para este aumento pode estar relacionado à maior densidade da dieta de 22% de PB e no esforço metabólico da digestão, que, conseqüentemente, refletiu em maior frequência respiratória, além do maior tamanho corporal destas aves detectada pela avaliação do ganho de peso (Tabela18). Em relação à idade dos frangos, em função do período de aclimação, observou-se redução na frequência respiratória nas aves mais velhas, sugerindo que com a aclimação às temperaturas termoneutras, os frangos tenderam a reduzir a frequência respiratória em função de uma menor necessidade de trocas de calor, apesar da maior taxa metabólica em função do crescimento. Apesar destes resultados, todos os valores de frequência respiratória encontrados estão dentro da normalidade, de acordo com Kassim e Sykes (1982); Silva *et al.* (2001) e Macari e Furlan (2001).

4.1.2. Hemogasometria sanguínea

Pela análise de regressão simples não houve ajuste de equação ($p \geq 0,05$) para o pH, pCO_2 e HCO_3^- sanguíneos. Houve efeito quadrático para a pressão de oxigênio (pO_2) em relação ao nível de proteína bruta da dieta e a idade de coleta de sangue, conforme as equações: $\hat{Y} = 85,1104 - 4,41563x + 0,111979x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p = 0,008$); $\hat{Y} = 25,053 + 1,52138x - 0,0319425x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p = 0,05$), de acordo com as Figuras 2 e 3, respectivamente. O ponto de mínima da inflexão da curva para a pO_2 em função do nível de proteína bruta foi de 19,7% de PB e em função da idade de coleta de sangue o pico de pO_2 se deu aos 23,8 dias de idade.

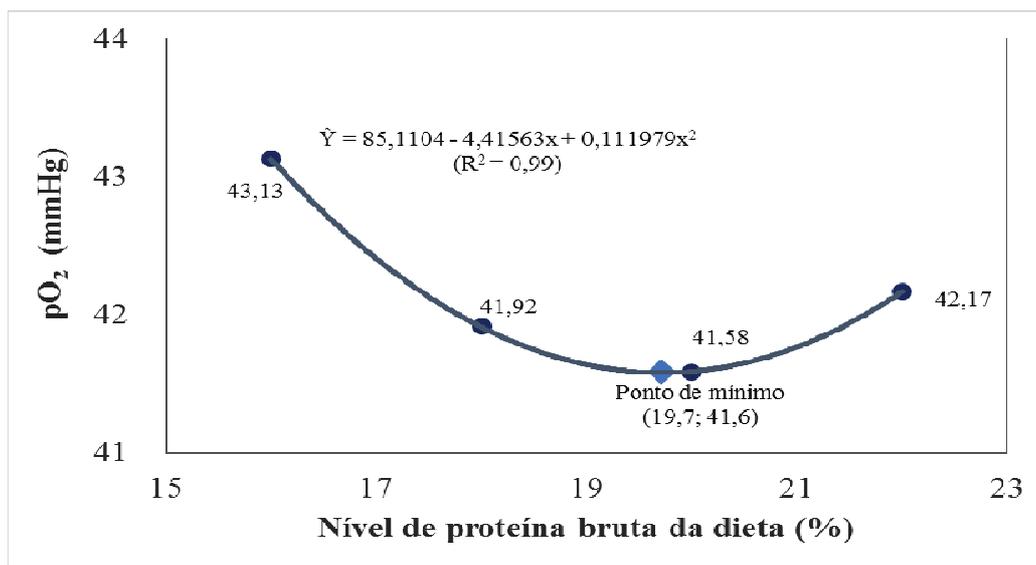


Figura 2. Pressão parcial de oxigênio (pO₂) no sangue em função do nível de proteína bruta na dieta das aves criadas em ambiente termoneutro

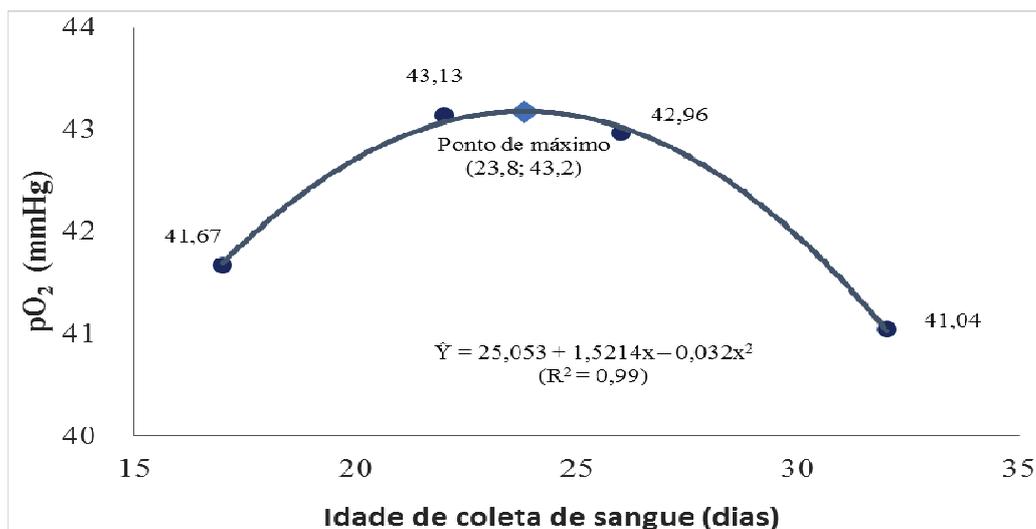


Figura 3. Pressão parcial de oxigênio (pO₂) no sangue em função da idade das aves criadas em ambiente termoneutro

Para o modelo de regressão simples não houve ajuste de equação para a hemoglobina total (THB), hematócrito (HCT) e leucócitos totais no sangue.

Os resultados encontrados de pH, pressão parcial de oxigênio (pO₂), pressão parcial de gás carbônico (pCO₂), bicarbonato (HCO₃⁻), hemoglobina (THB) e hematócrito (HCT) estão

apresentados na Tabela 5. Não houve interação para as variáveis analisadas ($p \geq 0,05$), entre níveis de proteína bruta e idades de coleta de sangue nos frangos.

Os valores encontrados para pH e HCO_3^- estão dentro da faixa de normalidade, relatadas por Sandercock *et al.* (2001) e Thrall *et al.* (2012), que consideram o pH normal entre 7,33 e 7,45. Apesar de o resultado observado sinalizar o início de alcalose metabólica relacionada ao aumento de pH e HCO_3^- observados aos 32 dias de idade, não seria possível considerar a ocorrência de alcalose metabólica devido ao enquadramento dentro da faixa de normalidade.

Os níveis de proteína avaliados não foram capazes de provocar alterações significativas nos parâmetros sanguíneos de pH, pressão de oxigênio ($p\text{O}_2$), pressão de gás carbônico ($p\text{CO}_2$) e bicarbonato (HCO_3^-) dos frangos criados em termoneutralidade. Entretanto, observou-se efeito significativo da idade de coleta de sangue em função do período de climatização, sobre os parâmetros de pH e HCO_3^- sanguíneos. As coletas de sangue realizadas aos 32 dias de idade resultaram em níveis superiores de pH e HCO_3^- , quando comparadas às coletas aos 17 dias de idade, sem climatização ou controle. De acordo com Korte *et al.* (1999), as maiores concentrações de bicarbonato apresentadas pelas aves mais velhas podem ser atribuídas a idade e conseqüentemente a maior dependência de uma taxa de ventilação ocasionada pelo aumento da demanda metabólica em função da idade, fato que explicaria o aumento no pH pela neutralização dos íons H^+ .

A idade de coleta de sangue influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) os valores de hemoglobina e hematócrito das aves, conforme demonstrado na tabela 5. Não houve efeito dos níveis de proteína sobre os teores de hemoglobina e hematócrito no sangue. Os resultados encontrados nas coletas advindas de aves já climatizadas refletiram em valores mais elevados de hemoglobina e hematócrito quando comparados à primeira idade de coleta, momento em que as aves ainda não estavam em climatização controlada. Uma possível explicação pode estar relacionada com a taxa de crescimento dos frangos. Segundo Olanrewaju *et al.* (2006), aumentos nos valores de hematócrito e hemoglobina, juntamente com a redução da $p\text{O}_2$, podem estar relacionados ao aumento da atividade metabólica necessária para atender a demanda de energia para crescimento. Além disso, os aumentos no hematócrito e hemoglobina sugerem aumento da eritropoiese como uma reação de compensação para a falta de O_2 nos tecidos em função do crescimento.

Tabela 5. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de pH, pressão de oxigênio (pO₂), de pressão de gás carbônico (pCO₂), tampão (HCO₃⁻), hemoglobina total (THB) e hematócrito (HCT) no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

	Nível PB (%)	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	Médias	CV (%)
pH	16	7,38	7,40	7,38	7,42	7,39 A	0,67
	18	7,40	7,42	7,36	7,45	7,41 A	
	20	7,38	7,38	7,46	7,48	7,42 A	
	22	7,39	7,42	7,41	7,45	7,42 A	
Médias		7,39 b	7,40 b	7,40 b	7,45 a		
pO ₂ (mmHg)	16	41,33	42,00	45,00	44,17	43,12 A	11,80
	18	41,33	45,17	41,50	39,67	41,91 A	
	20	39,00	43,17	44,33	39,83	41,58 A	
	22	45,00	42,17	41,00	40,50	42,16 A	
Médias		41,67 a	43,13 a	42,96 a	41,04 a		
pCO ₂ (mmHg)	16	45,00	45,67	42,83	45,00	43,13 A	9,71
	18	46,00	45,17	49,00	42,33	41,92 A	
	20	43,67	48,33	39,83	39,33	41,58 A	
	22	42,67	48,00	44,67	43,50	42,17 A	
Médias		44,33 a	46,79 a	44,08 a	42,54 a		
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	16	25,82	27,42	24,42	28,42	26,52 A	9,58
	18	28,02	28,4	26,47	28,35	27,81 A	
	20	25,3	27,85	27,37	28,63	27,29 A	
	22	24,5	30,48	27,7	29,5	28,05 A	
Médias		25,91 c	28,54 ab	26,49 bc	28,73 a		
THB (g/dL)	16	9,57	10,80	11,05	10,88	10,58 A	9,20
	18	10,48	10,97	11,13	11,32	10,98 A	
	20	9,40	11,03	10,67	10,52	10,40 A	
	22	9,42	10,98	10,52	11,43	10,59 A	
Médias		9,72 b	10,95 a	10,84 a	11,04 a		
HCT (%)	16	28,67	32,33	33,17	32,83	31,75 A	9,55
	18	31,50	32,83	33,33	34,17	32,96 A	
	20	28,33	33,00	32,00	31,67	31,25 A	
	22	28,50	33,00	31,67	34,33	31,88 A	
Médias		29,25 b	32,79 a	32,54 a	33,25 a		

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Os dados de sódio (Na^+), potássio (K^+) e cloro (Cl^-) estão apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8 a seguir.

Tabela 6. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de sódio (Na^+) no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

Nível de Proteína Bruta (%)	Na^+ (meq/L)			
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴
16	149,33 Aa	145,50 Aa	146,17 Aa	147,67 Aa
18	148,17 Aa	146,83 Aa	149,17 Aa	145,83 Aa
20	152,50 Aa	145,17 Aa	146,67 Aa	145,00 Aa
22	148,67 Aa	145,17 Aa	145,83 Aa	145,83 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis ($p \geq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Os níveis de proteína bruta avaliados na dieta e a idade dos frangos em função do período de aclimação não afetaram os níveis plasmáticos de sódio ($p \geq 0,05$). Todos os valores encontrados para o sódio encontram-se dentro da faixa de referência para aves, considerada por Thrall *et al.* (2012), de 130,0 a 160,0 mEq/L.

Houve efeito linear para o teor de potássio (K^+) no sangue, em relação aos níveis de proteína bruta da dieta, conforme equação: $\hat{Y} = 0,0392x + 4,9246$ ($r^2 = 0,98$; $p = 0,0105$) e apresentados na Figura 4. Este efeito pode ser explicado pela própria composição nutricional das dietas mais proteicas. Para a obtenção dos maiores teores de PB na dieta fez-se necessário uma inclusão crescente de farelo de soja, que é um alimento rico em potássio, o que acabou por refletir no teor sanguíneo.

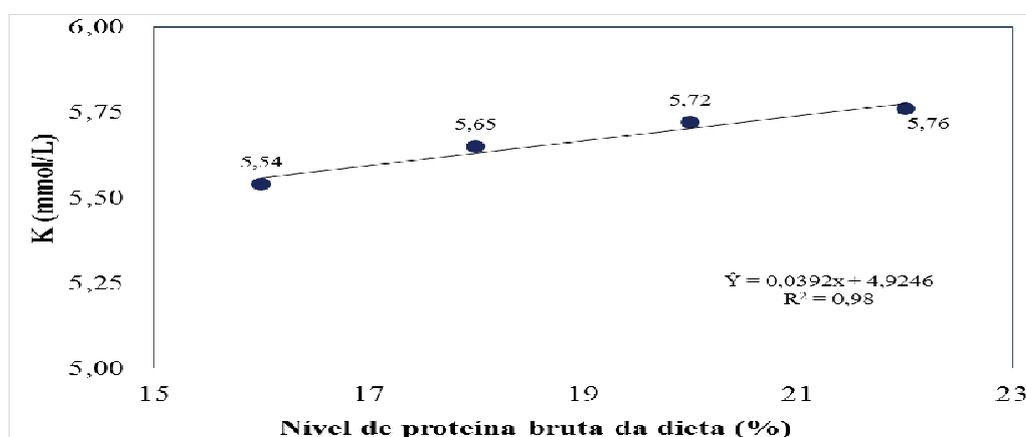


Figura 4. Concentração de potássio no sangue de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína e criados em ambiente termoneutro

De acordo com a Tabela 7, não foi observado nenhum efeito dos níveis de proteína da dieta sobre a concentração plasmática de potássio dos frangos criados em ambiente termoneuro.

Tabela 7. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de potássio (K⁺) no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneuro

Nível de Proteína Bruta (%)	K ⁺ (mEq/L)				Médias
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	
16	6,50	5,20	5,00	5,45	5,54 A
18	5,78	5,47	5,60	5,73	5,65 A
20	6,65	5,80	5,12	5,30	5,72 A
22	5,98	5,77	5,33	6,02	5,76 A
Médias	6,23 a	5,56 b	5,26 b	5,63 b	
CV (%)	8,23				

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Em relação ao nível plasmático de potássio, não houve interação significativa ($p \geq 0,05$) para as variáveis estudadas. Verificou-se uma redução nos teores de potássio, a partir do momento inicial da climatização, para controle da termoneutralidade. Esta redução manteve-se constante nas idades subsequentes de coleta. Este efeito era esperado, uma vez que a climatização resultou numa redução nos níveis de potássio, condizendo com valores de normalidade para frangos de corte relatados por Olanrewaju *et al.* (2007), em torno de 5,08 mEq/L. Este valor seria diferente, dos relatados por Thrall *et al.* (2012), que consideraram, para a maioria das espécies de aves, os valores de referência para o potássio compreendidos entre 2,0 e 4,0 mEq/L.

Tabela 8. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de cloro (Cl⁻) no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneuro

Nível de Proteína Bruta (%)	Cl ⁻ (mEq/L)			
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴
16	84,84 Aa	100,88 Aa	98,51 Aa	99,56 Aa
18	93,09 Aa	97,99 Aa	91,66 Aa	96,44 Aa
20	96,04 Aa	96,62 Aa	97,52 Aa	97,22 Aa
22	92,64 Aa	98,22 Aa	97,18 Aa	96,13 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis ($p \geq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

De acordo com os resultados demonstrados, na Tabela 8, os níveis de proteína avaliados na dieta e a idade dos frangos em função do período de aclimação não exerceram efeito sobre

os níveis plasmáticos de cloro ($p \geq 0,05$). Considerando a análise de regressão, não houve ajuste de equação para esta resposta. Os valores de cloro encontrados se aproximam da faixa de normalidade, relatada por Thrall *et al.* (2012), de 100,0 a 120,0 mEq/L.

Todos os resultados descritos neste trabalho, para os íons Na^+ , K^+ e Cl^- , encontram-se dentro das faixas de normalidade, como discutido acima, demonstrando, portanto que os frangos criados em termoneutralidade encontravam-se em equilíbrio ácido-básico.

4.1.3. Bioquímica sanguínea

Os parâmetros de glicose, triglicerídeo, colesterol total e HDL foram analisados pela regressão simples. Todavia, não houve ajuste de equação ($p \geq 0,05$) para a glicose, o triglicerídeo, o HDL, nem mesmo para os níveis de colesterol no sangue em função do teor de proteína bruta da dieta. A regressão foi significativa ($p \leq 0,05$) apenas para o teor de colesterol em função da idade de coleta de sangue nos níveis de 16 e 22% de proteína bruta, sendo demonstrados na Figura 5 pelas respectivas equações: $\hat{Y}(16\%PB) = 81,2253 + 2,8854x$ ($r^2 = 0,94$; $p = 0,0273$) e $\hat{Y}(22\%PB) = -48,1647 + 16,4775x - 0,359661x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p = 0,0121$).

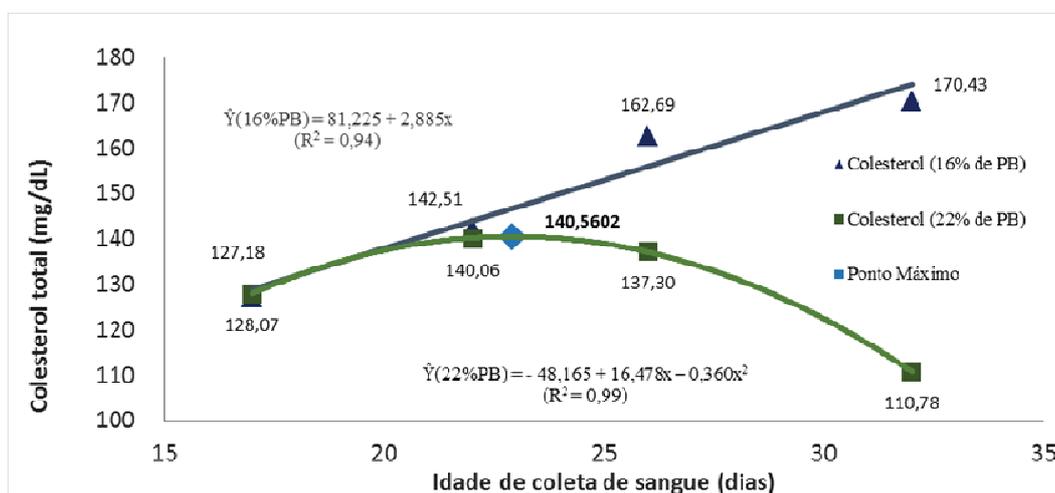


Figura 5. Teor de colesterol total em função da idade de coleta de sangue de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneuro

Na Figura 5, percebe-se o efeito da idade sobre os níveis de colesterol total das aves criadas em termoneutralidade. Para os frangos alimentados com a ração com 16% de PB observou-se um aumento linear dos níveis de colesterol de forma que as aves mais velhas obtiveram os

índices mais altos de colesterol total no sangue. Enquanto que para a ração com 22% de PB, o efeito quadrático observado demonstrou um pico nos valores de colesterol próximo aos 22 dias de idade, no início da climatização termoneutra com uma posterior redução nestes valores aos 32 dias de idade. Esta redução nos níveis de colesterol com a dieta mais proteica pode estar associada ao aumento da lipoproteína transportadora HDL, que ocorreu justamente a partir dos 22 dias de idade, conforme resultados demonstrados na tabela 9. A maior disponibilidade proteica possivelmente contribuiu para maior síntese de HDL, consequentemente aumentando o carreamento de colesterol para os adipócitos.

Os parâmetros glicose, triglicerídeo, colesterol total, lipoproteína HDL, estão apresentados na Tabela 9.

No presente trabalho, todos os valores de glicose encontrados estão dentro do intervalo de referência considerado por Campbell (2004) e Thrall *et al.* (2012). Apesar disso, observou-se que os níveis de glicose foram influenciados pelos teores de proteína das dietas ($p \leq 0,05$) e pela idade das aves em função da aclimação ($p \leq 0,05$), entretanto a interação entre as variáveis foi não significativa. Os intervalos de referência para glicose sanguínea das aves foram relatados por Campbell, (2004) e Thrall *et al.* (2012). De acordo com os autores, a hipoglicemia é observada quando os teores de glicose caem para menos que 200 mg/dL e é resultante de jejum prolongado, doença hepática severa, septicemia ou distúrbios endócrinos. Já o quadro de hiperglicemia seria caracterizado por concentrações de glicose acima de 500 mg/dL e ocorre em *diabetes mellitus*, devido a liberação de catecolaminas e excesso de corticóides decorrentes de estresse ou após administração de corticosteróides.

As dietas contendo teores de 20 e 22% de proteína bruta refletiram em menores níveis de glicose sanguínea, quando comparadas à dieta com 16% ($p \leq 0,05$). Uma possível justificativa estaria relacionada à maior disponibilização de proteína como fonte secundária de energia, o que reduziria a dependência da glicose como fonte primária. A dieta formulada com 18% de PB ocasionou em valores intermediários de glicose sanguínea. Em relação à idade das aves, observou-se que nas aves mais velhas, com 26 e 32 dias de idade, os teores de glicose no sangue foram superiores aos das aves mais jovens ($p \leq 0,05$), com 17 e 22 dias de idade, estando relacionado à maior demanda metabólica para mobilização de energia, em prol do crescimento nas aves mais velhas.

Não foi observada interação significativa entre os níveis de proteína bruta estudados e as idades de coleta de sangue nos frangos ($p \geq 0,05$) para os níveis de triglicerídeo e lipoproteína HDL.

Tabela 9. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de glicose (GLIC), triglicerídeo (TRIG), colesterol total (COL) e lipoproteína-HDL no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

Perfil energético	Nível PB (%)	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	Médias	CV (%)
GLIC (mg/dL)	16	255,79	263,30	351,68	298,96	292,43 A	14,13
	18	244,69	260,07	292,07	305,38	275,55 AB	
	20	250,43	261,81	291,95	250,55	263,68 B	
	22	269,21	269,47	274,11	254,04	266,71 B	
Médias		255,03 b	263,66 b	302,45 a	277,23 ab		
TRIG (mg/dL)	16	128,3	98,59	145,15	133,17	126,30 A	14,08
	18	143,49	119,30	125,71	100,89	122,35 A	
	20	137,98	123,52	121,48	116,19	124,79 A	
	22	147,29	114,24	129,73	94,58	121,54 A	
Médias		139,26 a	113,91 bc	130,52 ab	111,29 c		
COL TOTAL (mg/dL)	16	127,18 Ab	142,51 aAB	162,69 aA	170,43 aA	151,2	13,43
	18	126,63 aB	146,16 aAB	151,35 aAB	156,72 aA	145,22	
	20	124,84 aAB	147,55 aA	139,40 aA	107,60 bB	129,85	
	22	128,07 aAB	140,06 aA	137,30 aAB	110,78 bB	129,05	
Médias		127,18	144,07	147,68	136,38		
HDL (mg/dL)	16	83,50	97,17	112,24	116,51	102,36 A	22,96
	18	82,39	103,48	106,99	114,38	101,81 A	
	20	68,78	101,53	93,11	96,10	89,88 A	
	22	65,24	97,60	89,11	98,51	87,61 A	
Médias		74,98 b	99,95 a	100,36 a	106,38 a		

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Os teores de triglicerídeos não foram influenciados pelos teores de proteína das dietas ($p \geq 0,05$), mas foram afetados pela idade das aves. Os valores de triglicerídeos obtidos das

aves com 32 dias de idade foram inferiores aos das aves na idade controle, aos 17 dias de idade. Já os teores de triglicerídeos obtidos nas idades de 22 e 28 dias de idade, foram intermediários. De acordo com Marzzoco e Torres (1999), há degradação dos triglicerídeos com consequente liberação de ácidos graxos na corrente sanguínea, a fim de suprir a demanda energética dos tecidos, nas aves em crescimento.

Houve interação ($p \leq 0,05$) entre níveis de proteína bruta da dieta e idade de coleta de sangue nas aves para variável colesterol total. Os níveis de proteína bruta de 20 e 22% na dieta influenciaram o teor de colesterol sérico. Para as dietas contendo estes teores proteicos, verificou-se uma redução dos teores de colesterol do sangue coletado nas aves mais velhas, (32 dias de idade), quando comparados às dietas contendo 16 e 18% de proteína bruta. Este efeito também foi evidenciado pela análise de regressão, de acordo com a figura 5. Apesar das diferenças encontradas, todos os valores enquadraram-se dentro da faixa de normalidade. Swenson e O'Reece, (1996); Lumeij, (1997) e Kaneko *et al.*, (2008) descreveram que os níveis normais de colesterol em galinhas estariam entre 125 a 200 mg/dL de sangue.

Já os resultados da lipoproteína HDL encontrados não demonstram influência dos teores de proteína bruta na dieta ($p \geq 0,05$). Porém verificou-se aumento nos níveis de HDL a partir dos 22 dias de idade, primeira idade das aves sob climatização, que se manteve nas idades subsequentes ($p \leq 0,05$). Este aumento poderia estar associado aos benefícios da climatização e do conforto térmico, uma vez que os teores de HDL não mais se alteraram a partir dos 22 dias de idade até a última idade de coleta, não sendo, portanto, atribuídos à taxa de crescimento dos frangos pelo avançar da idade. Por outro lado, o aumento nos níveis de HDL e a redução dos níveis de colesterol observados podem estar correlacionados, uma vez que existe uma relação inversa entre estas respostas, já que o HDL é uma lipoproteína de alta densidade, responsável pelo transporte do colesterol circulante ao adipócito (Swenson e O'Reece, 1996).

As Tabelas 10, 11 e 12 seguintes referem-se aos resultados de proteína total, albumina e lactato sanguíneos, respectivamente. Para o modelo de regressão simples não houve ajuste de equação para a proteína total, no sangue. Não foi observada interação significativa entre os níveis de PB dietas e as idades de coleta de sangue nos frangos ($p \geq 0,05$) para os níveis de proteína total, albumina e lactato.

Tabela 10. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de proteína total no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

Nível de Proteína Bruta (%)	Proteína Total (g/dL)				Médias
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	
16	2,54	3,00	2,75	3,10	2,85 A
18	2,60	2,75	3,11	3,08	2,89 A
20	2,30	2,86	2,95	3,06	2,79 A
22	2,62	2,92	3,02	2,91	2,87 A
Médias	2,52 b	2,88 a	2,96 a	3,03 a	
CV (%)	10,57				

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

De acordo com os resultados, demonstrados na Tabela 10, houve influência da idade de coleta, em função do período de climatização para os níveis de proteína total no sangue. Este efeito pode estar relacionado com a maior demanda metabólica imposta pelo crescimento com o avançar da idade. Todos os valores de proteína total encontraram-se dentro do intervalo de referência, o que já era esperado já que os níveis de proteína bruta avaliados na dieta não tiveram influência sobre a proteína total sanguínea e as aves foram criadas em termoneutralidade. Valores de referência considerados por Thrall *et al.* (2012) para proteína total estão em torno de 2,5 a 4,5 g/dL de sangue.

Tabela 11. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de albumina no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

Nível de Proteína Bruta (%)	Albumina (g/dL)			
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴
16	0,53 Ab	1,02 Aab	1,09 Aab	1,14 Aa
18	0,76 Aa	1,06 Aa	0,94 Aa	1,19 Aa
20	0,55 Ab	1,07 Aab	1,13 Aa	1,17 Aa
22	0,71 Aa	1,11 Aa	1,09 Aa	1,06 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

De acordo com a Tabela 11, os níveis de albumina séricos não foram afetados pela idade das aves, mas sim pelo teor de proteína bruta da dieta. Nas rações contendo 16% e 20% de PB verificou-se aumento nos teores de albumina nas aves mais velhas (32 dias de idade). Apesar das diferenças estatísticas verificadas neste trabalho, todos os valores apresentados encontram-se nesta faixa, o que vai de encontro a criações de frangos criados em

termoneutralidade e conforto. Segundo Schmidt *et al.* (2007) e Kaneko *et al.* (2008), os níveis normais de albumina em aves variam de 1,6 a 2,0 g/dL de sangue e estes valores equivalem de 40 a 60% da fração proteica total, sendo sintetizada 100% no fígado, por isso sua medição pode estar relacionada ao diagnóstico de doenças hepáticas.

Os resultados de lactato, apresentados na Tabela 12, demonstraram que os níveis de proteína bruta utilizados na dieta não influenciaram os teores de lactato no sangue, porém aos 26 dias de idade, verificou-se alteração passageira nos níveis de lactato, que logo foi reestabelecida aos 32 dias de idade. Todavia, os valores encontrados na presente análise estão acima do valor de referência para o lactato de 46,1mg/dL de sangue, descrito por Ross *et al.* (1978). Poucos são os trabalhos que descrevem os níveis de lactato no sangue de aves. Para o modelo de regressão simples não houve ajuste de equação para o lactato no sangue.

Tabela 12. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de lactato no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

Nível de Proteína Bruta (%)	Lactato (mg/dL)				Médias
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	
16	58,71	65,50	76,71	61,45	65,59 A
18	57,81	65,94	72,07	55,33	62,79 A
20	51,37	66,11	63,26	60,78	60,38 A
22	53,04	68,24	76,57	50,35	62,05 A
Médias	55,23 b	66,45 ab	72,15 a	59,67 b	
CV (%)	20,55				

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Os resultados da enzima aspartato aminotransferase (AST) no sangue estão demonstrados na Tabela 13. Para o modelo de regressão simples não houve ajuste de equação para os níveis de AST no sangue. Não foi observada interação significativa entre as variáveis estudadas ($p \geq 0,05$) para os níveis de AST.

Tabela 13. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis enzimáticos da aspartato aminotransferase (AST) no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

	Nível PB (%)	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	Médias	CV (%)
AST (UI)	16	263	288	179	269	250 A	11,2
	18	262	296	194	287	260 A	
	20	271	282	181	267	250 A	
	22	270	260	250	265	261 A	
Médias		266 a	282 a	201 a	272 a		

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Segundo Thrall *et al.* (2012), considera-se aumento na atividade plasmática de AST valores acima de 275 UI/L, decorrentes de lesão hepática ou muscular e, acima de 800 UI/L seria considerado um nível plasmático muito elevado, sugerindo lesão hepática grave. Neste trabalho, as respostas enzimáticas de AST encontraram-se dentro dos padrões de normalidade, demonstrando o estado de equilíbrio enzimático, quando as aves foram criadas em termoneutralidade.

4.1.4. Leucócitos totais, heterófilos e linfócitos

Pelo modelo de regressão simples não houve ajuste de equação para nenhum dos parâmetros hematológicos avaliados.

Não foi observada interação significativa entre os níveis de proteína bruta estudados e as idades de coleta de sangue nos frangos ($p \geq 0,05$) para os níveis de leucócitos totais, heterófilos, linfócitos ou relação heterófilo/linfócito. Os valores de heterófilos e linfócitos foram calculados em relação ao número de leucócitos totais.

De acordo com os resultados, a proteína bruta da dieta não foi capaz de influenciar os leucócitos totais, nem mesmo o teor de heterófilos e linfócitos, conseqüentemente a relação heterófilo/linfócito também não foi afetada. Entretanto, dentre as respostas encontradas, apenas a contagem de leucócitos totais foi afetada pela idade das aves em função do período de climatização, sendo que nas aves mais velhas, com 32 dias de idade e com um período

maior de exposição à climatização, o número de leucócitos totais encontrados foram superiores às demais idades ($p \leq 0,05$). Segundo Macari e Luquetti (2002), a contagem de leucócitos totais em frangos aproxima-se de 12.000 a 30.000 céls/ μ L de sangue, porém pode ser influenciada pelo sexo, idade, condições de estresse e doenças. A contagem diferencial de células no sangue tem mostrado que, do total de leucócitos, 60 a 65% são linfócitos, 25 a 30% são heterófilos. Dessa forma, as respostas foram enquadradas dentro da normalidade.

Tabela 14. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de leucócitos totais (LEUC), heterófilos (HET), linfócitos (LINF) e heterófilos/linfócitos (H/L) no sangue de frangos em diferentes idades criados em ambiente termoneutro

	Nível PB (%)	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	Médias	CV (%)
LEUC (cél/ μ L)	16	12458,33	10291,67	6958,33	18041,67	11937,50 A	40
	18	11875,00	8333,33	4883,33	18583,33	10918,75 A	
	20	8666,67	9291,67	12208,33	15666,67	11458,33 A	
	22	2541,67	8291,67	13750,00	17541,67	10531,25 A	
Médias		8885,42 b	9052,08 b	9450,00 b	17458,33 a		
HET (%)	16	26,33	32,83	41,17	35,00	33,83 A	40,26
	18	29,67	43,67	43,17	32,00	37,13 A	
	20	27,17	34,67	42,83	32,67	34,33 A	
	22	30,17	25,17	27,83	36,00	29,79 A	
Médias		28,33 a	34,08 a	38,75 a	33,92 a		
LINF (%)	16	57,00	35,67	56,17	60,17	52,25 A	30,72
	18	56,33	35,50	52,67	60,83	51,33 A	
	20	60,33	50,50	50,50	62,17	55,88 A	
	22	56,67	61,00	66,17	57,83	60,42 A	
Médias		57,58 a	45,67 a	56,38 a	60,25 a		
H/L*	16	0,46	0,92	0,73	0,58	0,67 A	41,37
	18	0,53	1,23	0,82	0,53	0,78 A	
	20	0,45	0,69	0,85	0,53	0,63 A	
	22	0,53	0,41	0,42	0,62	0,50 A	
Médias		0,49 a	0,81 a	0,70 a	0,57 a		

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação; * Normalidade obtida através da transformação por raiz ($p \leq 0,05$).

4.1.5. Digestibilidade

Os coeficientes da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB) e extrato etéreo (CDEE) das rações estão apresentados na Tabela 15. Foi observado efeito linear no coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), conforme a equação: $\hat{Y} = 28,4110 + 2,542x$ ($r^2 = 0,99$; $p = 0,0002$) na Figura 6, sugerindo que quanto maior o nível de proteína utilizado na dieta, maior será o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo. A causa provável para este aumento estaria relacionada à maior inclusão de óleo na formulação das dietas mais proteicas. Este resultado contribui para uma melhor interpretação dos resultados de desempenho, uma vez que a maior densidade nutricional refletiu em melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar (Tabela 18). Para as outras variáveis não houve ajuste de equação para o modelo de regressão.

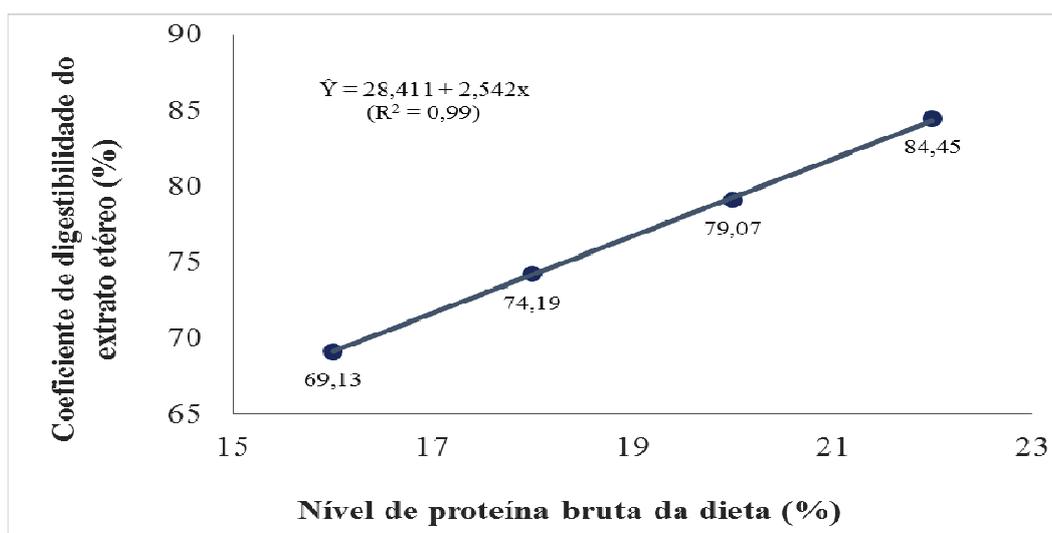


Figura 6. Porcentagem do coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo de dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta para frangos criados em ambiente termoneutro

Não houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade da matéria seca ($p \geq 0,05$). As aves alimentadas com rações mais proteicas (20 e 22% de PB) alcançaram melhor digestibilidade da proteína bruta que as aves dos demais tratamentos ($p \leq 0,05$). Estes resultados podem ser explicados pela maior presença do óleo e seus efeitos extracalóricos nas rações com maiores teores de proteína bruta.

Tabela 15. Coeficientes de digestibilidade (%) da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) das rações de acordo com o nível de proteína bruta da dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro

Nível de Proteína Bruta (%)	CDMS	CDPB	CDEE
16	70,64 A	56,08 B	69,13 D
18	71,54 A	57,71 B	74,19 C
20	72,08 A	63,63 A	79,07 B
22	69,70 A	63,19 A	84,45 A
CV ¹ (%)	3,47	3,29	2,70

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação.

Estes resultados diferem de Vasconcellos *et al.* (2011) que encontraram melhores resultados no aproveitamento da MS quando se reduziu o nível de PB da dieta, tornando as dietas mais eficientes do ponto de vista energético, além de menor desperdício de nutrientes com a melhoria da digestibilidade da PB e MS. Melhoria na digestibilidade da MS com redução de níveis de PB na dieta de frangos de corte, também foi encontrada por Rocha *et al.* (2003). Faria Filho *et al.* (2005) e Faria Filho *et al.* (2006), ao trabalharem com esse tipo de dieta, também observaram melhoria na digestibilidade do nitrogênio à medida que os níveis de PB foram reduzidos. Entretanto, neste estudo a maior digestibilidade da PB para as rações mais proteicas com 20 e 22% de PB, poderia estar relacionado à maior disponibilidade de aminoácidos essenciais e não essenciais destas dietas, assim como a maior digestibilidade do EE para a ração com 22% de PB, poderia ser atribuído a maior inclusão de óleo nesta formulação, devido ao efeito extra calórico das gorduras, que pode favorecer a absorção de aminoácidos.

4.1.6. Produção de calor e incremento calórico

Os dados de produção de calor de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes teores de proteína bruta e criados em ambiente termoneutro encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16. Produção de calor (PC kcal/kg^{PV} e PC kcal/kg^{0,75}) e incremento calórico das rações (IC kcal/kg^{PV} e IC kcal/kg^{0,75}) por dia em função do peso vivo e do peso metabólico de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro, de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

Proteína Bruta (%)	*PC kcal/kg ^{PV}	*PC kcal/kg ^{0,75}	**IC kcal/kg ^{PV}	**IC kcal/kg ^{0,75}
16	205 A	224 A	105 A	118 A
18	184 A	207 A	89 AB	102 AB
20	180 A	212 A	81 B	95 B
22	180 A	207 A	78 B	89 B
CV ¹ (%)	8,48	7,75	11,59	10,44

* Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$); ** Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 16, os níveis de proteína bruta avaliados nas dietas não foram capazes de influenciar a produção de calor nos frangos de corte, independente se em relação ao peso vivo ou ao peso metabólico. O incremento calórico, tanto em função do peso vivo, quanto do peso metabólico, foi afetado pelos teores de proteína da dieta. Os teores de 20 e 22% de PB refletiram em menor produção de calor pelas aves, quando comparados com o teor de 16% de PB. A ração contendo 18% de PB obteve produção de calor intermediária. De acordo com Austic (1985), Le Bellego *et al.* (2001), Noblet *et al.* (2001) e Oliveira *et al.* (2010), elevados níveis de proteína bruta nas dietas resultam em maior produção de calor em frangos, devido ao maior incremento calórico desta proteína. Assim, esperava-se neste trabalho aumento do incremento calórico e da produção de calor com o aumento da PB da dieta, mas de forma contrária este fato não ocorreu. Uma justificativa estaria relacionada à maior inclusão do óleo para as dietas mais proteicas, que através de seus efeitos extracalóricos suplantou o possível aumento da produção de calor oriundo do metabolismo proteico. Outro aspecto seria os maiores coeficientes de digestibilidade de proteína bruta e de extrato etéreo observadas nas dietas com os teores de proteína bruta de 20 e 22%, que também podem ter contribuído para a menor produção de calor nas aves, uma vez que esta alta digestibilidade reduziria o esforço metabólico durante o processo da digestão, reduzindo assim a produção de calor.

Por outro lado, alguns estudos também têm demonstrado que dietas de baixa proteína elevam a produção de calor. Nieto *et al.* (1997) alimentaram frangos de corte com dietas contendo 6,6 e 20% de PB do 10º ao 24º dia de idade e relataram aumento na necessidade de energia para manutenção (230 vs 197 Kcal/kg^{0,75}/dia. De maneira semelhante, Buyse *et al.* (1992) citado por

Furlan *et al.* (2004) verificaram que dietas de baixa proteína (15 e 20%) aumentaram a produção de calor (300 e 253 Kcal/kg^{0,75}/dia, respectivamente) por frangos de corte de 28 dias de idade. Esses resultados foram associados ao aumento do nível plasmático do hormônio tireoidiano triiodotironina (T3) dos frangos alimentados com dietas de baixa proteína. De acordo com Carew *et al.* (1997), deficiências de aminoácidos essenciais aumentam as concentrações plasmáticas de T3 e conseqüentemente aumentam a produção de calor das aves alimentadas com dietas de baixa proteína.

Os resultados de normalidade da temperatura retal observados nos frangos de corte neste trabalho (Tabela 3) corroboram com os resultados encontrados para a produção de calor das aves, uma vez que esta não foi influenciada pelas variações proteicas da dieta, assim como a temperatura retal das aves.

Neste trabalho, utilizando a calorimetria indireta e trabalhando com frangos Cobb-500, os valores da produção de calor das aves em jejum, ou energia líquida de manutenção, encontrados foram de 116,88 kcal/kg^{0,75}/dia, superiores ao encontrado por Lara (2007) e Vasconcellos (2009). Lara (2007), trabalhando com a mesma técnica para frangos de corte verificou uma produção de calor em jejum de 86 kcal/kg^{0,75}/dia para a linhagem Ross e de 77kcal/ kg^{0,75}/dia para a Cobb-500. Já Vasconcellos (2009), utilizando a mesma técnica e a mesma linhagem de frangos de corte, encontrou uma produção de calor em jejum de 97,21 kcal/kg^{0,75}/dia.

De acordo com a análise de regressão, apenas os resultados referentes ao incremento calórico das dietas foram ajustados a modelos matemáticos. Para os níveis de proteína bruta nas dietas, houve efeito quadrático para o incremento calórico em relação ao peso vivo (IC kcal/kg^{PV}), conforme a equação: $\hat{Y} = 460,541 - 35,1710x + 0,807495x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p = 0,0289$) e efeito linear para o incremento calórico em relação ao peso metabólico (IC kcal/kg^{0,75}), conforme a equação: $\hat{Y} = 189,779 - 4,67827x$ ($r^2 = 0,93$; $p = 0,0366$), apresentados na Figura 7. A maior inclusão do óleo nas dietas com maior teor proteico pode ter auxiliado na redução do incremento calórico, uma vez que este seria um dos efeitos extra calóricos do óleo.

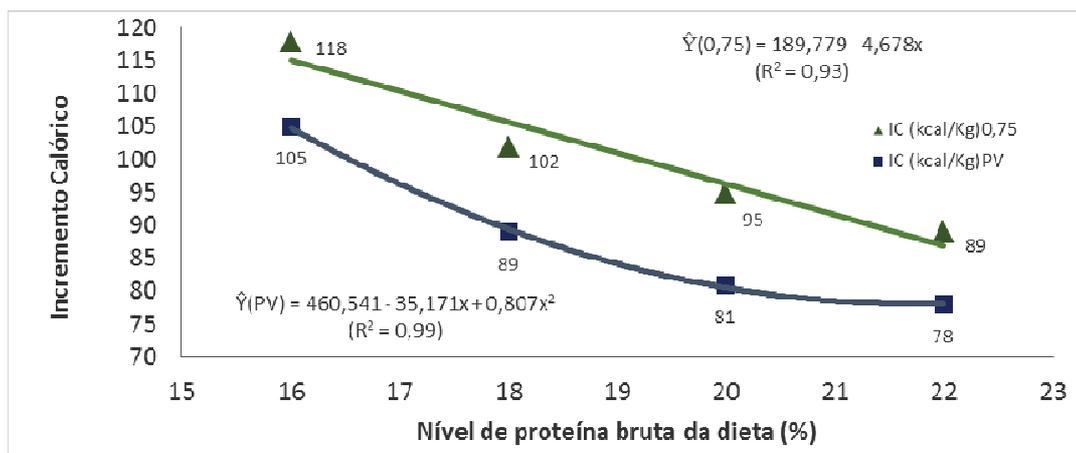


Figura 7. Incremento calórico, em função do peso vivo ou peso metabólico, de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta.

4.1.7. Valores de energia

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), energia metabolizável de manutenção e energia líquida (EL) estão apresentados na Tabela 17. Não houve ajuste de modelos matemáticos pela análise de regressão para nenhuma destas variáveis.

Tabela 17. Valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), energia metabolizável de manutenção e energia líquida (EL), na matéria seca de acordo com o nível de proteína bruta da dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro

Nível Proteína Bruta (%)	EMA (kcal/kg)	EMAn (kcal/kg)	EMm (kcal/kg)	EL (kcal/kg)
16	3324 B	3141 B	148 A	2408 C
18	3402 AB	3187 AB	141 A	2539 BC
20	3552 A	3325 A	148 A	2780 A
22	3528 A	3283 AB	146 A	2681 AB
CV ¹ (%)	2,89	3,04	10,40	3,16

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação.

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) das dietas, contendo 20 e 22% de proteína bruta foram superiores aos da dieta contendo 16% de PB. Este resultado pode ser explicado, uma vez que os melhores CDPB e CDEE e as maiores composições proteica e lipídica destas dietas podem ter contribuído para maior eficiência de aproveitamento da energia da ração pelas aves. Os valores médios de EMA das rações estudadas foram superiores aos valores encontrados para a EMAn. Essa superioridade pode ser atribuída ao

balanço positivo de nitrogênio das aves em crescimento. De acordo com Wolynetz e Sibbald (1984), em condições de consumo à vontade, a EMA é maior que a EMAn, quando a retenção de nitrogênio é positiva. Como neste estudo as aves apresentaram consumo *ad libitum*, sendo o nitrogênio retido maior que zero e, conseqüentemente, a EMA superou os valores de EMAn.

A energia metabolizável de manutenção (EMm) não foi influenciada pelos tratamentos ($p \geq 0,05$). Os valores de energia metabolizável de manutenção (EMm) obtidos se aproximaram daqueles obtidos por Nieto (1995) que encontraram o valor de 111 a 143 kcal/kg^{0,75}/dia de EMm e Sakomura *et al.* (2004), que encontraram o valor de 141 kcal/kg^{0,75}/dia de EMm em frangos dos 22 aos 43 dias de idade. Entretanto, estes valores foram superiores aos obtidos por Vasconcellos (2009) de 121,51 Kcal/kg^{0,75}/dia, Lara (2007) que foi de 108 Kcal/kg^{0,75}/dia para a linhagem Ross e 96 kcal/kg^{0,75}/dia para a Cobb e Longo *et al.* (2006) que ao trabalharem com a técnica de abate comparativo em frangos de corte da linhagem Ross, encontraram o valor de 116,20 Kcal/kg^{0,75}/dia quando as aves foram mantidas na temperatura de 23°C. Essa diferença de valores pode estar relacionada à diferença de peso das aves utilizadas para determinar a necessidade da energia de manutenção, uma vez que, em relação ao peso metabólico, proporcionalmente, um animal mais pesado tem menor exigência de energia de manutenção, além das diferenças genéticas atribuídas às linhagens avaliadas.

Neste trabalho as dietas com baixa proteína bruta resultaram em valores de produção de calor e energia metabolizável de manutenção semelhantes aos das dietas com teores de proteína elevados, diferindo dos resultados relatados por Nieto *et al.* (1997), ao quais demonstraram que dietas com baixa proteína bruta aumentaram a produção de calor, resultando em maior exigência de energia para manutenção e reduzindo a eficiência de utilização da energia metabolizável para acréscimo de proteína.

As dietas mais proteicas de 20 e 22% de PB resultaram em menor incremento calórico (Tabela 16), a disponibilização da EL destas dietas também foi mais elevada em relação à dieta de 16% de PB. Estes resultados contribuíram para um melhor desempenho dos frangos (Tabela 18), quando alimentados com estas dietas mais proteicas. Os valores de energia líquida (EL) observados diferiram dos encontrados por Vasconcellos (2009), 15, 17, 19 e 21% de PB, que não verificou efeito da redução dos níveis de PB sobre os valores de EMA, EMAn

e energia líquida. Também foram diferentes dos encontrados por Noblet *et al.* (2007), os quais demonstraram que apesar do fornecimento de aminoácidos essenciais ter sido adequado, o ganho de peso e a deposição de proteína foi melhorado para as aves que receberam a dieta com maior PB, entretanto nenhum dos critérios relacionados à utilização de energia foi afetado pela PB dietética. Uma possível explicação pode estar diretamente relacionada com os valores de incremento calórico verificados no presente trabalho.

4.1.8. Desempenho das aves

Os resultados de desempenho estão apresentados na Tabela 18. Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo de ração pelas aves ($p \geq 0,05$).

Tabela 18. Desempenho de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro, em função do nível de proteína bruta na dieta

Níveis de PB (%)	Consumo (kg)	Ganho Peso (kg)	CA (kg/kg)	Viabilidade (%)
16	3,487 A	2,068 B	1,683 B	87,91 A
18	3,435 A	2,095 B	1,640 B	92,22 A
20	3,381 A	2,315 A	1,467 A	87,77 A
22	3,564 A	2,465 A	1,448 A	78,88 A
Média	3,467	2,236	1,559	86,701
CV ¹ (%)	3,91	5,28	4,07	9,31

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação.

Este resultado pode ser explicado, uma vez que não era esperada alteração de consumo em função dos níveis de proteína já que não houve deficiência de aminoácidos que poderia levar ao aumento do consumo. Segundo Diambra e McCartney (1995), aves alimentadas com rações com níveis reduzidos de proteína tendem a aumentar o consumo na tentativa de suprir possíveis deficiências em proteína e/ou aminoácidos. Este fato não foi observado neste estudo, possivelmente, em razão da formulação baseada no equilíbrio aminoacídico, pela suplementação de aminoácidos sintéticos. De forma semelhante, Faria Filho (2003), Sabino *et al.* (2004), Kamran *et al.* (2004), Rigueira *et al.* (2006) e Oliveira *et al.* (2007) não observaram efeitos dos níveis de PB sobre o consumo de ração. Uma possível explicação se deve ao fato de que a modulação da ingestão de alimentos não é dependente apenas da quantidade de proteína bruta, mas também da concentração e equilíbrio dos aminoácidos que a compõe.

Neste estudo, as rações contendo 20% e 22% de PB resultaram melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar das aves que as consumiram em relação às aves que consumiram dietas com 16% e 18% de PB. Os motivos para o baixo desempenho de aves alimentadas com rações contendo baixo nível proteico e suplementadas com aminoácidos ainda não estão totalmente esclarecidos, no entanto, existem algumas hipóteses. Segundo Pinchasov *et al.* (1990), com a significativa redução do teor de proteína da ração, a disponibilidade de aminoácidos na forma de di e tripeptídeos pode ter sido reduzida. Desta forma, a redução da proteína da dieta pode limitar a disponibilidade de peptídeos para síntese de endógena de proteínas, insuficiente para sustentar alta taxa de crescimento e assim prejudicando o ganho de peso. Sklan e Plavinik (2002) corroboram com esta explicação, considerando que a queda no desempenho de aves alimentadas com dietas de baixa proteína se deve à deficiência de aminoácidos essenciais, que poderiam ser desviados para a síntese de aminoácidos não essenciais.

Os presentes resultados (Tabela 18) foram semelhantes aos obtidos por Bregendahl *et al.* (2002); Rocha *et al.* 2003; Araújo *et al.* (2004); Faria Filho *et al.* (2005) e Kamram *et al.* (2008). De acordo com Bregendahl *et al.* (2002), as aves alimentadas com dietas de baixa proteína tiveram pior desempenho. Rocha *et al.* (2003) observam melhoria na conversão alimentar de aves alimentadas com dietas com níveis de PB mais altos. Araújo *et al.* (2004) verificaram piora no ganho de peso e conversão alimentar quando se reduziu o nível de proteína de 22 para 18% de dietas para frangos até 21 dias de idade. Da mesma forma, trabalhando com redução de proteína, Faria Filho *et al.* (2005) avaliaram o desempenho de frangos de corte dos sete aos 21 dias recebendo dietas com 21,5; 20 e 18,5% de PB alojados em três diferentes temperaturas ambiente (baixa, termoneutra e alta). Independente da temperatura ambiente, as aves que receberam dietas de baixa proteína tiveram menor ganho de peso. Kamram *et al.* (2008) também observaram piora linear no ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte com a redução dos níveis de PB em todas as fases de criação.

Por outro lado, alguns trabalhos demonstram resultados semelhantes com dietas de nível alto e baixo de PB. Em experimento realizado por Rostagno *et al.* (2002), foram avaliados os efeitos da redução do conteúdo de proteína dietética sobre a produtividade de frangos de corte. Verificou-se que mediante a formulação de dietas com menor conteúdo de proteína, usando o conceito da proteína ideal, é possível a obtenção de desempenho similar das aves

alimentadas com dietas contendo altos níveis proteicos. Silva *et al.* (2006), Rodrigues *et al.* (2008) concluíram que é possível reduzir o nível de PB da dieta sem afetar o desempenho das aves desde que a dieta seja suplementada com aminoácidos essenciais.

A viabilidade não foi estatisticamente influenciada pelos níveis de proteína bruta da dieta, entretanto verificou-se elevada mortalidade no grupo de aves alimentadas com 22% de proteína bruta na dieta, associadas principalmente a quadros de ascite e morte súbita o que elevou muito o coeficiente de variação desta variável. Apesar da análise bioquímica, ter demonstrado um comportamento satisfatório de triglicérides, colesterol e HDL sanguíneos, estes níveis estariam relacionados ao alto consumo de ração, estimulados pela termoneutralidade na criação e a voracidade para o consumo da linhagem em questão. Pela maior densidade da dieta, considerando a teoria da regulação do consumo, esperava-se um menor consumo para as dietas mais proteicas, fato que não ocorreu neste trabalho, o que pode ter favorecido a elevada mortalidade nestes casos.

Os resultados de ganho de peso e conversão alimentar estão apresentados nas Figuras 8 e 9, respectivamente. Em relação ao consumo de ração, viabilidade e índice de eficiência produtiva não houve ajuste de equação ($p \geq 0,05$) para a regressão simples.

Houve resposta linear ($p \leq 0,05$) para ganho de peso em relação ao nível de proteína bruta, estimada a partir da seguinte equação: $\hat{Y} = 0,894508 + 0,0705943x$ ($r^2 = 0,93$; $p = 0,03$), apresentado na Figura 8. A ração contendo maior teor de proteína bruta resultou em maior ganho de peso dos frangos de corte aos 42 dias de idade, criados em temperaturas termoneutras.

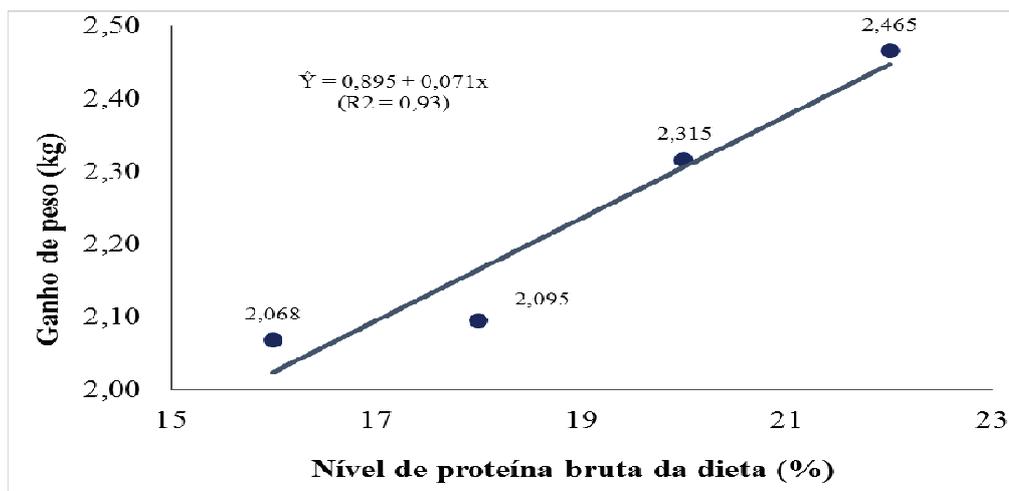


Figura 8. Regressão para ganho de peso médio (kg) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro

A conversão alimentar também foi influenciada pelo teor de proteína bruta da dieta. O maior teor proteico refletiu em melhores resultados de conversão alimentar. Pela análise de regressão observou-se resposta significativa linear para o nível de proteína bruta, de acordo com a Figura 9, mensurada a partir da seguinte equação: $\hat{Y} = 2,39374 - 0,0438974x$ ($r^2 = 0,90$; $p = 0,04$).

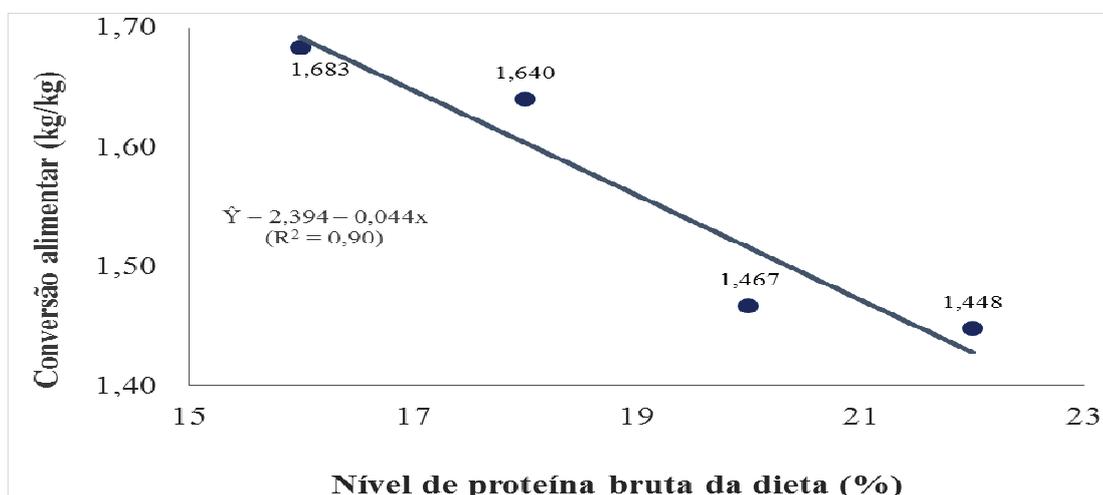


Figura 9. Resultados de conversão alimentar (Kg ração/Kg peso vivo) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro

A melhor digestibilidade da PB e do EE (Tabela 15), o menor incremento calórico e os melhores valores de EMA, EMAn e EL para as dietas mais proteicas de 20 e 22% de PB

(Tabela 17), contribuíram para os melhores resultados de desempenho dos frangos encontrados nestas dietas.

4.1.9. Peso relativo de órgãos e gordura abdominal

Pela análise de regressão foram avaliados os pesos relativos dos órgãos linfóides, baço, bursa e timo, além da moela, fígado, coração, intestino e gordura abdominal dos frangos de corte. Os pesos relativos dos órgãos de sistema imune estudados não foram influenciados pelo teor de proteína bruta da dieta dos frangos, quando criados em temperaturas de termoneutralidade.

A regressão mostrou-se significativa apenas para peso relativo da gordura abdominal. Houve efeito linear para o peso relativo de gordura abdominal, mensurado pela equação: $\hat{Y} = 3,91417 - 0,115803x$ ($r^2 = 0,92$; $p = 0,0424$) e demonstrado na Figura 10, apesar do teor de proteína bruta da dieta não ter afetado o peso relativo de gordura abdominal pela análise de variância (Tabela 20). Para as variáveis: baço, bursa, moela, fígado, coração e intestino não houve ajuste de equação ($p \geq 0,05$) para o modelo de regressão.

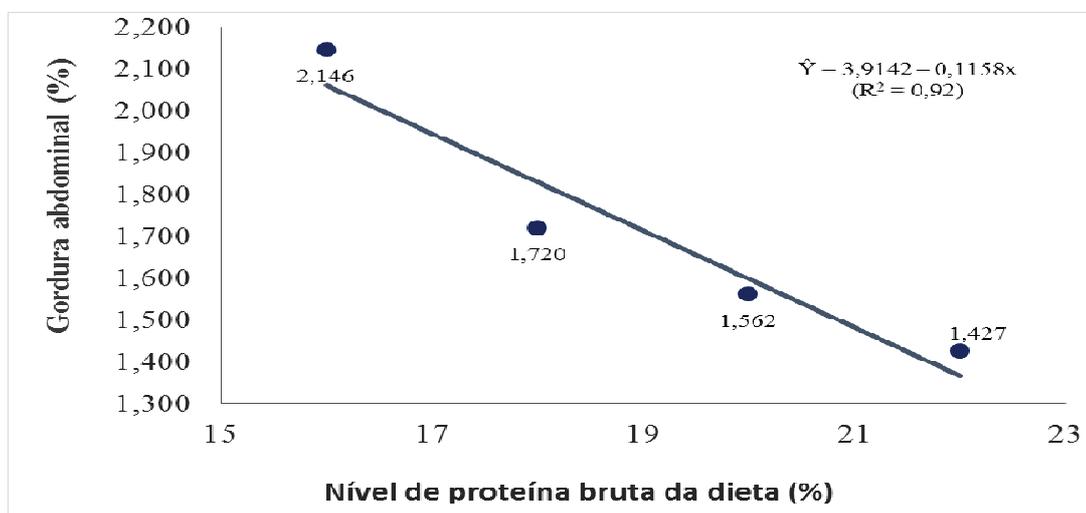


Figura 10. Peso relativo da gordura abdominal de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneuro e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína

Houve redução linear no conteúdo de gordura abdominal em função do teor de proteína bruta da dieta, de forma que o maior conteúdo de gordura abdominal foi observado nos frangos alimentados com a dieta com teor de 16% de PB e suplementado com aminoácidos. Este resultado está de acordo com Macleod (1997) e Zarate *et al.* (2003) ao afirmarem que a

suplementação de aminoácidos em dietas de frangos, acima de valores comerciais e o excesso de energia seria depositado na forma de gordura do que como proteína.

Considerando a análise de variância, o peso relativo dos órgãos linfóides, baço, bursa e timo dos frangos de corte estão apresentados na Tabela 19 e o peso relativo da moela, fígado, coração, intestino e gordura abdominal, estão demonstrados na Tabela 20.

Tabela 19. Peso relativo do baço, bursa e timo, em percentagem, de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta

Níveis de PB (%)	Baço (%)	Bursa (%)	Timo (%)
16	0,128 A	0,101 A	0,248 A
18	0,111 A	0,171 A	0,310 A
20	0,141 A	0,113 A	0,277 A
22	0,089 A	0,130 A	0,301 A
CV ¹ (%)	54,83	38,34	39,22

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 19, não foi observada diferença significativa dos pesos relativos dos órgãos linfóides baço, bursa, timo em relação aos níveis de proteína bruta estudados nas dietas pelo teste F ($p \geq 0,05$).

Tabela 20. Peso relativo da moela, fígado, coração, intestino e gordura abdominal, em percentagem, de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta

Níveis de PB (%)	Moela (%)	Fígado (%)	Coração (%)	Intestino (%)	Gordura Abdominal (%)
16	2,228 A	2,035 A	0,583 A	3,033 A	2,146 A
18	2,271 A	1,888 AB	0,550 A	2,969 A	1,720 A
20	1,997 AB	2,060 A	0,552 A	2,996 A	1,562 A
22	1,688 B	1,611 B	0,551 A	2,993 A	1,427 A
CV ¹ (%)	12,62	10,26	14,11	13,90	36,40

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação.

O peso relativo do coração, do intestino e da gordura abdominal não foi influenciado pelos níveis de proteína bruta da dieta, já o peso relativo de moela e do fígado foram afetados. Os teores de 16 e 18% de proteína bruta da dieta resultaram em maior peso relativo da moela ($p \leq 0,05$), quando comparadas a dieta contendo 22% de PB. A pior digestibilidade de proteína e extrato etéreo obtido pelas dietas com 16 e 18% de PB, neste estudo, seria uma das

evidências para o maior crescimento da moela nos frangos, demonstrando uma reação fisiológica provável como tentativa para melhorar a digestão. Por outro lado, supõe-se que a maior digestibilidade de EE e PB (Tabela 15), observados com a dieta de 22% de PB pode ter favorecido a taxa de passagem, reduzindo o tempo de contato da digesta com a moela e assim contribuído para este menor peso da moela.

Em relação ao peso relativo do fígado, verificou-se redução no seu peso para os frangos alimentados pela dieta mais proteica, 22% de PB, em relação à dieta com 16% de PB. Nas aves, o fígado é considerado o mais relevante dos órgãos para o metabolismo, pois centraliza o metabolismo geral, alterando seu peso e as atividades metabólicas. Contudo, rações à base de aminoácidos sintéticos podem alterar estas relações, principalmente o desenvolvimento do fígado (Batal e Parsons, 2002), que apresenta menor peso absoluto em frangos alimentados com dietas completas compostas de milho e farelo de soja aos sete e 21 dias de idade. Entretanto, a adição de parte dos aminoácidos na forma sintética parece não alterar o peso das vísceras. Já Stringhini *et al.* (2007) não encontraram diferenças no peso do fígado quando alteraram as relações lisina/arginina na dieta de frangos de corte. Da mesma forma, Oliveira Neto *et al.* (2007), trabalhando com vários níveis de metionina+cistina, também não encontraram diferenças significativas no peso do fígado. Os resultados do presente estudo vão de encontro à afirmativa de Batal e Parsons (2002).

4.1.10. Índice de eficiência produtiva e análise de custo

O índice de eficiência produtiva (IEP) e o custo de ração por kg de frango de corte vivo estão apresentados na Tabela 21. Tanto o IEP quanto o custo de produção de frango vivo foram influenciados pelo teor de proteína bruta da dieta ($p \leq 0,05$). Não houve ajuste de equações pela análise de regressão para estas respostas.

Os melhores resultados de IEP e de custo foram verificados com as dietas contendo 20 e 22% de proteína bruta em relação às dietas de 16 e 18% de PB ($p \leq 0,05$). O melhor desempenho, baseado nas melhores conversões alimentares e maiores ganhos de peso (Tabela 18), uma vez que o consumo de ração e a viabilidade foram semelhantes, refletiram neste resultado. As vantagens nutricionais já discutidas acima, como os melhores CDEE e CDPB (Tabela 15) e a

maior contribuição energética destas dietas, contribuíram para os resultados de desempenho que naturalmente impactaram nestas respostas econômicas.

Tabela 21. Índice de eficiência produtiva e custo de ração por kg de frango de corte vivo, de 22 a 42 dias de idade, criados em ambiente termoneutro, em função do nível de proteína bruta na dieta

Níveis de PB (%)	IEP	Custo de ração/kg frango vivo(R\$)
16	382,064 B	2,32 C
18	408,868 AB	2,00 B
20	458,668 A	1,69 A
22	442,819 A	1,66 A
Média	423,105	1,92
CV ¹ (%)	8,05	2,94

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação.

Os melhores resultados de IEP e de custo foram verificados com as dietas contendo 20 e 22% de proteína bruta em relação às dietas de 16 e 18% de PB ($p \leq 0,05$). O melhor desempenho, baseado nas melhores conversões alimentares e maiores ganhos de peso (Tabela 18), uma vez que o consumo de ração e a viabilidade foram semelhantes, refletiram neste resultado. As vantagens nutricionais já discutidas acima, como os melhores CDEE e CDPB (Tabela 15) e a maior contribuição energética destas dietas, contribuíram para os resultados de desempenho que naturalmente impactaram nestas respostas econômicas.

Uma provável explicação para os mais elevados custos das dietas com 16% e 18% de PB, em relação às dietas com 20% e 22% de PB, estaria relacionada à maior inclusão de aminoácidos sintéticos na matriz nutricional e seu elevado custo de mercado. Como a formulação das dietas menos proteicas baseada no conceito de proteína ideal, utilizando ingredientes práticos, implicou na suplementação de aminoácidos industriais visando o atendimento das necessidades nutricionais das aves, verificou-se uma elevação no custo destas rações à medida que estes foram incluídos na fórmula. Dos aminoácidos utilizados, a valina e a arginina foram os que mais contribuíram para elevação dos custos. Em contrapartida, as dietas com 20% e 22% de PB foram capazes de atender às necessidades nutricionais dos frangos, sem demandar maiores quantidades de aminoácidos sintéticos de alto custo, favorecendo o menor custo. De acordo com a Tabela 18, os resultados de desempenho obtidos com estas dietas mais proteicas, como uma melhor conversão alimentar e um maior ganho de peso, também contribuíram para um menor custo de produção.

4.2. Experimento II: “Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em estresse cíclico por calor”

4.2.1. Frequência respiratória e Temperatura retal

O resultado da regressão para temperatura retal está apresentado na Figura 11. Não houve regressão significativa ($p \geq 0,05$) para a frequência respiratória. Houve efeito linear para a temperatura retal em relação à idade de aves submetidas ao estresse por calor, conforme a equação: $\hat{Y} = 39,2864 + 0,105112x$ ($r^2 = 0,86$; $p = 0,0223$).

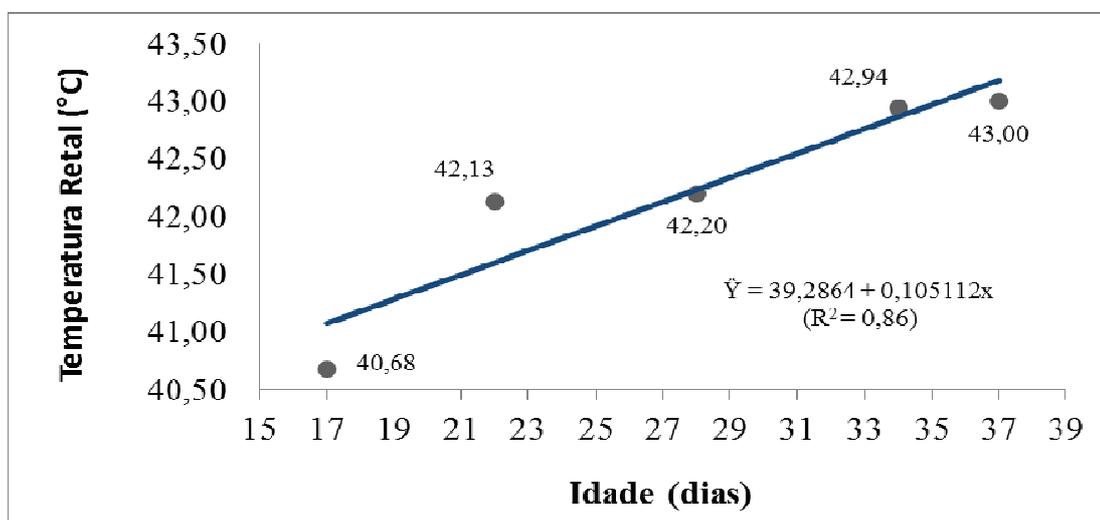


Figura 11. Efeito da idade sobre a temperatura retal (°C) de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína

Em relação à idade das aves, observou-se uma elevação linear da temperatura retal, sinalizando o impacto das elevadas temperaturas sobre as limitações da capacidade da autoregulação térmica. De acordo com Macari e Furlan (2001), o valor de 41,1°C de temperatura retal nas aves seria considerada como limite inferior da condição de estresse térmico, ou seja, quando este limite é ultrapassado, são desencadeados mecanismos fisiológicos para manutenção da temperatura corpórea, o que caracteriza a condição de estresse térmico por frio ou calor, sendo que a temperatura retal de 46,3°C já seria considerada como limite superior da condição de estresse térmico, pois, incorreria em risco de óbito.

Os resultados de temperatura retal dos frangos criados em termoneutralidade (Tabela 3) foram inferiores e dentro da faixa de normalidade, quando comparados aos valores encontrados no estresse cíclico por calor. Em estudo com frangos de corte mantidos em diferentes

temperaturas ambientais (23 e 32°C), Oliveira Neto (1999) também observou valores de temperatura retal superiores nas aves mantidas em temperatura elevada, sugerindo que os mecanismos termorregulatórios não são suficientes para impedir a variação da temperatura retal das aves, quando submetidas a estresse por calor.

Pela análise de variância, não houve interação entre as variáveis, níveis de proteína bruta da dieta e idade de coleta de sangue, conforme apresentado na Tabela 22.

Tabela 22. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre a temperatura retal de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Proteína Bruta (%)	Temperatura retal					Médias
	17 d ¹	22 d ²	28 d ³	34 d ⁴	37d ⁵	
16	40,80	42,15	42,05	43,20	42,93	42,23 A
18	40,48	42,20	42,17	42,90	42,85	42,12 A
20	40,73	42,25	42,18	42,65	43,32	42,23 A
22	40,70	41,93	42,38	43,00	42,88	42,18 A
Médias	40,68 a	42,13 a	42,20 a	42,94 a	43,00 a	
CV (%)	2,05					

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 28 dias: aves em aclimação; ⁴ 34 dias: aves em aclimação; ⁵ 37 dias: idade final da avaliação das aves em aclimação.

Verificou-se que a temperatura retal não foi influenciada pelos níveis de proteína bruta na dieta, nem pela idade das aves em função do período de aclimação. Apesar disto, todos os valores de temperatura retal encontrados para as aves alimentadas com rações contendo diferentes níveis de proteína estão acima da faixa de normalidade, em torno de 41,1°C (Macari e Furlan, 2001), considerando a situação de estresse por calor a que foram submetidas. Em relação à idade das aves, observou-se uma elevação da temperatura retal a partir dos 22 dias de idade, quando as aves começaram a ser climatizadas no estresse cíclico por calor que se manteve até a última idade avaliada, 37 dias de idade. Porém, este efeito não foi significativo estatisticamente. Esses dados foram mais bem evidenciados pela análise de regressão discutida acima (Figura 12).

Os resultados de frequência respiratória dos frangos de corte submetidos ao estresse térmico cíclico estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre a frequência respiratória de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Proteína Bruta (%)	Frequência respiratória (mov/ min ⁻¹)				
	17 d ¹	22 d ²	28 d ³	34 d ⁴	37d ⁵
16	49,50 Ab	110,30 Aab	141,27 Aab	161,33 Aa	161,50 Aa
18	48,00 Ab	112,00 Aab	125,77 Aab	147,60 Aa	138,00 Aab
20	51,77 Ab	111,17 Aab	155,77Aa	149,60 Aab	138,00Aab
22	47,60 Ab	93,00 Aab	144,40 Aab	151,50 Aa	150,00 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 28 dias: aves em aclimação; ⁴ 34 dias: aves em aclimação; ⁵ 37 dias: idade final da avaliação.

De um modo geral, no presente estudo observou-se aumento significativo na frequência respiratória a partir dos 17 dias de idade, sinalizando que a partir do início da climatização ao estresse térmico cíclico, os frangos buscaram aumentar a taxa respiratória como tentativa de melhor dissipar o calor. Nas avaliações de frequência respiratória realizadas nos frangos mais velhos, aos 34 e 37 dias de idade, estes efeitos foram mais evidenciados.

Em relação aos níveis de proteína bruta nas dietas não se observou efeito destes sobre a frequência respiratória ($p \geq 0,05$) pelo teste de Kruskal Wallis.

Macari e Furlan (2001) consideraram os valores de frequência respiratória de 83 e 150 movimentos por minuto como limites da condição inferior de estresse e da condição superior de estresse, respectivamente. De acordo com Macari (2002), a frequência respiratória aumenta durante o estresse por calor para estimular a perda evaporativa e manter o equilíbrio térmico corporal, ou seja, resfriar melhor o corpo. Este aumento constitui a principal e mais eficiente forma de dissipar calor em aves submetidas a altas temperaturas e podendo resultar em alcalose respiratória, provocando piora de desempenho zootécnico.

O conjunto temperatura no estresse térmico e idade influenciou a temperatura retal média, assim como a taxa respiratória média, ou seja, quanto maior a temperatura de estresse térmico e maior idade, maior é o número de vezes que a ave inspira ar por minuto, segundo Rosário *et al.* (2000) e Silva *et al.* (2003).

No ambiente quente, observou-se que à medida que a temperatura do ar foi elevada de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ para $32 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 2\%$, a partir dos 17 dias de idade, o ambiente tornou-se mais desagradável. Os frangos passaram a não priorizar o acúmulo de energia e

concentrar-se em sua sobrevivência. As aves ficaram mais agitadas e se dispersaram para aumentar a dissipação do calor corporal para o ambiente; houve o aumento médio da temperatura retal e da frequência respiratória. Nessas condições, as aves abriram as asas, visando o aumento da área de dissipação de calor, diminuiu o consumo de ração nas horas intensas do calor para tentar reduzir a produção de calor metabólico, o que, acabou refletindo em prejuízos no ganho de peso.

4.2.2. Hemogasometria sanguínea

Não houve regressão significativa ($p \geq 0,05$) para o pH, pO_2 sanguíneo e nem para os níveis de pCO_2 no sangue em função da idade de coleta. Entretanto foi detectado efeito linear para o pCO_2 , em função do teor de proteína bruta da dieta, demonstrado pela equação: $\hat{Y} = 37,7717 + 0,210208x$ ($r^2 = 0,97$; $p = 0,0157$).

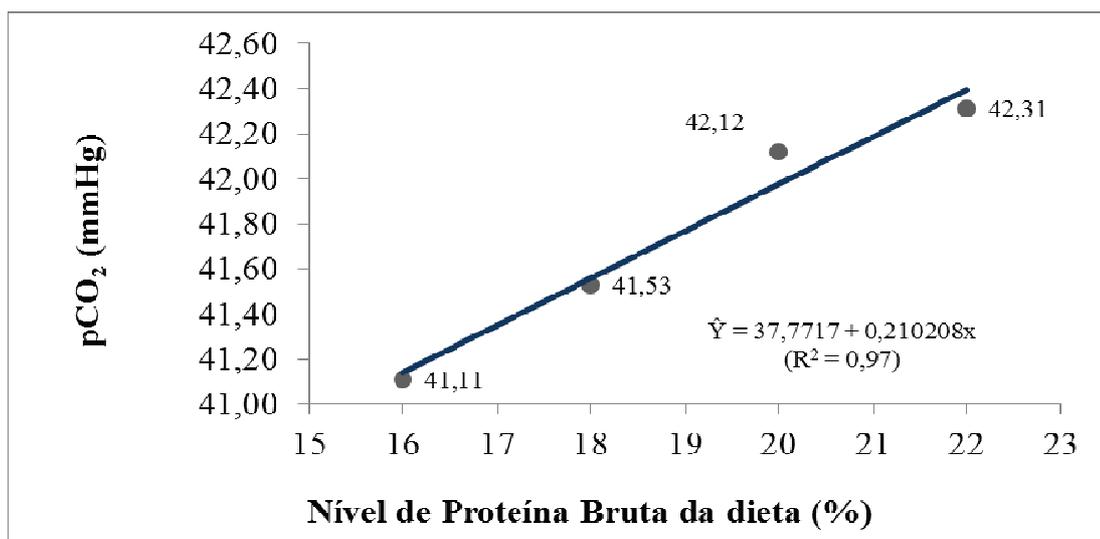


Figura 12. Pressão parcial de gás carbônico (pCO_2) no sangue em função da idade dos frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico

Pela análise de regressão, de forma contrária aos resultados da análise de variância, observou-se efeito linear para os níveis de HCO_3^- no sangue em função da idade de coleta, demonstrado na Figura 13, pela equação: $\hat{Y} = 22,7339 + 0,116122x$ ($r^2 = 0,95$; $p = 0,0228$).

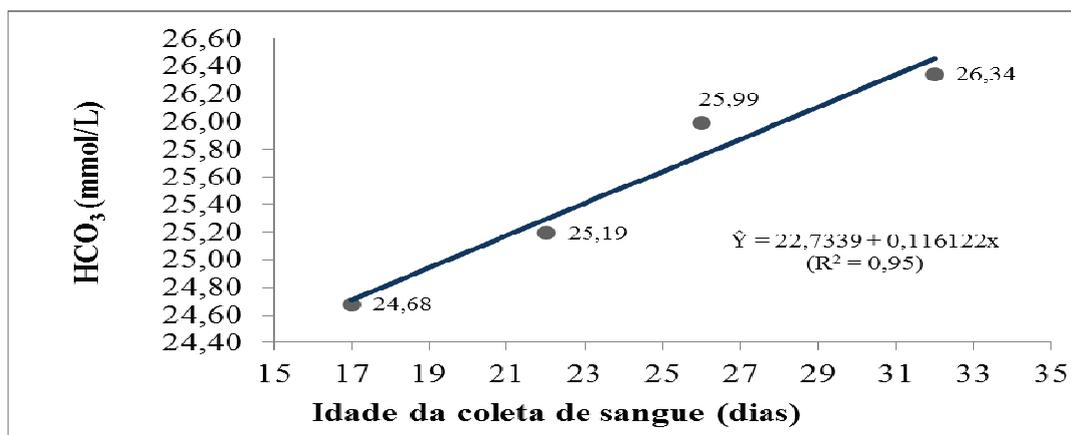


Figura 13. Níveis de bicarbonato o (HCO_3^-) no sangue em função da idade de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico

Os parâmetros pH, pressão parcial de oxigênio (pO_2), pressão parcial de gás carbônico (pCO_2), bicarbonato (HCO_3^-), hemoglobina (THB), hematócrito (HCT) do sangue dos frangos de corte submetidos ao estresse cíclico por calor estão apresentados na Tabela 24. A interação entre as variáveis analisadas, níveis de proteína bruta e idades de coleta de sangue nos frangos, não foi significativa.

Não foi observado efeito significativo ($p \geq 0,05$), dos níveis de proteína bruta utilizados na dieta, para nenhuma das variáveis de hemogasometria estudadas. Entretanto, verificou-se efeito significativo da idade de coleta de sangue em função do período de climatização, sobre os parâmetros de THB, HCT, pH e pCO_2 sanguíneos. As coletas de sangue realizadas aos 22 dias de idade, considerando o contato inicial com o ambiente de calor, mostraram uma elevação média no pH em relação ao pH obtido das aves com 17 dias de idade, sem climatização ou controle. Porém, com o avançar da idade e com o possível efeito da aclimação, observou-se que os resultados de pH foram sendo reduzidos, de forma que aos 32 dias de idade, os valores foram equivalentes ao das aves com 17 dias de idade.

Apesar da natureza transitória da alteração observada no pH, DiBartola (2007) recomenda que esta deva ser caracterizada quanto a natureza metabólica ou respiratória. Para isso avalia-se conjuntamente os níveis de pCO_2 e HCO_3^- . Para o autor, a pCO_2 é uma medida da função ventilatória pulmonar e redução dos valores deste pCO_2 é indicativo de alcalose respiratória, comuns em hiperventilação ou em decorrência de distúrbios neurológicos. Neste presente ensaio, os valores de pCO_2 acompanharam de forma oposta o comportamento do pH. Aos 22

dias de idade, observou-se uma redução nos valores de $p\text{CO}_2$ em relação a coleta aos 17 dias de idade, que todavia, foi gradativamente se elevando até os 32 dias de idade, até se reestabelecer como na idade controle. Este comportamento das respostas de pH e $p\text{CO}_2$ analisadas em conjunto indicam o início de uma alcalose respiratória nos frangos ao primeiro contato com o ambiente quente, que logo foi reestabelecida com o avançar da idade e a possibilidade de aclimação.

Os resultados deste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Borges (1997), avaliando frangos de corte submetidos a períodos cíclicos de estresse de seis dias, que encontrou redução no nível de $p\text{CO}_2$, sugerindo que sob desafios de estresse por calor, os frangos de corte podem ativar mecanismos compensatórios para tentar manter o equilíbrio ácido-base, as concentrações de nutrientes no sangue e estabilizar as variáveis fisiológicas. Contudo diferiram de Teeter *et al.* (1985) e Borges *et al.* (2003) que verificaram alcalose respiratória nos frangos estressados por calor, pela redução da $p\text{CO}_2$ e redução nos níveis de HCO_3^- , uma vez que, pela análise de variância, os resultados de HCO_3^- não sofreram efeito dos níveis de proteína da dieta nem da idade das aves, em função do período de exposição ao calor ($p \geq 0,05$).

De maneira geral, apesar das oscilações observadas no pH dos frangos submetidos ao estresse, os valores foram considerados normais. O pH normal de aves, de acordo com Thrall *et al.*, (2012) situa-se entre 7,22 e 7,45.

Os índices de hemoglobina (THB) e hematócrito (HCT) obtidos do sangue dos frangos em estresse foram influenciados pela idade das aves. Aos 32 dias de idade os valores de THB foram superiores aos encontrados aos 17 dias de idade ($p \leq 0,05$). Já em relação aos valores do hematócrito, observou-se uma redução transitória aos 26 dias de idade em relação à idade controle, sem climatização, que foi reestabelecida aos 32 dias de idade ($p \leq 0,05$). Dessa forma, não se pode atribuir ao estresse, de forma conclusiva, a oscilação observada nos valores do hematócrito. Em relação à análise de regressão, não houve ajuste de equação para o teor de hemoglobina (THB) e hematócrito (HCT) sanguíneo.

Tabela 24. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os valores de pH, pressão de oxigênio (pO₂), pressão de gás carbônico (pCO₂), tampão (HCO₃⁻), hemoglobina total (THB), hematócrito (HCT) do sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

	Proteína Bruta (%)	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	Médias	CV (%)
pH	16	7,35	7,47	7,43	7,40	7,41 A	0,79
	18	7,40	7,40	7,44	7,40	7,41 A	
	20	7,36	7,43	7,44	7,41	7,41 A	
	22	7,42	7,47	7,38	7,33	7,40 A	
Médias		7,38 b	7,44 a	7,42 ab	7,38 b		
pO ₂ (mmHg)	16	39,33	45,60	38,83	42,00	41,44 A	17,04
	18	43,33	46,60	41,83	42,50	43,57 A	
	20	47,33	44,60	39,00	38,67	42,40 A	
	22	41,00	46,50	42,00	45,33	43,71 A	
Médias		42,75 a	45,83 a	40,42 a	43,71 a		
pCO ₂ (mmHg)	16	43,83	34,60	41,83	44,17	41,11 A	13,31
	18	42,33	40,60	38,83	44,33	41,53 A	
	20	44,17	39,80	40,67	43,83	42,12 A	
	22	40,00	36,75	43,50	49,00	42,31 A	
Médias		42,58 a	37,94 b	41,21 ab	45,33 a		
HCO ₃ (mmol/L)	16	23,42	24,56	26,73	26,65	25,34 A	11,88
	18	25,30	24,48	25,77	26,38	25,48 A	
	20	24,78	25,70	26,90	27,00	26,10 A	
	22	25,22	26,03	24,55	25,33	25,28 A	
Médias		24,68 a	25,19 a	25,99 a	26,34 a		
THB (g/dL)	16	10,07	10,20	9,85	11,01	10,28 A	9,90
	18	9,78	10,10	8,82	10,58	9,82 A	
	20	9,90	10,88	10,45	10,45	10,42 A	
	22	9,52	10,48	10,12	11,23	10,34 A	
Médias		9,82 b	10,41 ab	9,81 b	10,82 a		
HCT (%)	16	30,17	30,80	29,67	33,00	30,91 A	11,01
	18	29,33	30,20	26,67	31,83	29,51 A	
	20	30,00	32,60	31,33	31,50	31,36 A	
	22	28,50	31,50	31,50	33,67	31,29 A	
Médias		29,5 a	31,27 ab	29,79 b	32,50 a		

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Resultados semelhantes foram encontrados por Olanrewaju *et al.* (2007), que observaram aumento significativo nos teores de hemoglobina e hematócrito no sangue dos frangos de

corte criados em estresse induzido por ACTH. O aumento poderia ser explicado conjuntamente com a elevação da eritropoiese, ocorrido devido ao aumento das necessidades de O₂ como suporte na produção de energia via gliconeogênese. Este mecanismo seria uma resposta adaptativa relacionada a um maior número de eritrócitos e conseqüentemente de hemoglobina circulante como fonte de O₂ para o metabolismo durante o estresse. Além disso, o aumento nos valores de HCT pode ocorrer como resultado de um aumento da atividade muscular e o movimento concomitante de água a partir do plasma de músculo, que conduz a um aumento na eritropoiese, como reação compensatória à falta de oxigênio suficiente nos tecidos, possivelmente devido a uma capacidade de transporte de oxigênio no sangue prejudicada durante a situação de estresse.

Em relação ao ensaio termoneutro, os índices de hemoglobina e hematócrito, em valores absolutos, foram bem semelhantes aos encontrados no ensaio envolvendo o estresse térmico. Borsa *et al.* (2009) observaram valores da hemoglobina normais para frangos de corte entre 8,26 e 10,38g/dL de sangue. Para os valores de hematócrito, de maneira geral, todos os resultados encontrados neste ensaio estão abaixo dos referenciados por Bounous e Stedman (2000), os quais consideraram o hematócrito normal das aves variando de 35 a 55%. Valores inferiores a 35% podem sinalizar anemia e superiores a 55% sugerem desidratação.

Os dados de sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e cloro (Cl⁻) estão apresentados nas Tabelas 25, 26 e 27 a seguir. A avaliação estatística baseada na análise de regressão simples, não detectou ajuste de equações para nenhum dos íons avaliados.

Tabela 25. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de sódio (Na⁺) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Proteína Bruta (%)	Na ⁺ (mEq/L)				Médias
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	
16	146,67	145,20	147,67	144,83	146,09 A
18	147,00	142,40	148,67	146,00	146,02 A
20	146,00	146,60	144,50	142,33	144,86 A
22	145,33	142,00	147,33	145,83	145,13 A
Médias	146,25 ab	144,05 b	147,04 a	144,75 ab	
CV (%)	2,09				

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimatação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Conforme a Tabela 25, em relação ao nível plasmático de sódio, não houve interação significativa para as variáveis estudadas. Não foi observado nenhum efeito dos níveis de proteína da dieta sobre a concentração plasmática de sódio dos frangos criados em condições de estresse ($p \leq 0,05$). Em relação à idade das aves, detectou-se diminuição nos teores de sódio aos 22 dias de idade em relação às demais idades, considerando que os frangos entraram em processo de climatização ao calor, quando comparados à idade controle. Esta diminuição da concentração de Na^+ observada aos 22 dias de idade pode estar relacionada com a perda concomitante de Na^+ e água, devido à perda de água na urina, causada pelo maior consumo de água no calor. Apesar disso, todos os valores encontrados para o sódio encontram-se dentro da faixa de referência para aves, considerada por Thrall *et al.* (2012), de 130,0 a 160,0 mEq/L.

Tabela 26. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de potássio (K^+) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Proteína Bruta (%)	K^+ (mEq/L)				Médias
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	
16	5,05	5,08	6,02	5,50	5,41 A
18	4,77	5,14	5,98	5,52	5,35 A
20	5,20	5,64	5,60	5,70	5,54 A
22	4,47	5,18	6,20	6,23	5,52 A
Médias	4,87 b	5,26 b	5,95 a	5,74 a	
CV (%)	11,03				

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimatação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

De acordo com os resultados da Tabela 26, não houve interação entre os tratamentos para os níveis de proteína bruta das dietas e a idade dos frangos, em função do estresse. Para esta variável, níveis de proteína na dieta não foi observado efeito sobre a concentração de potássio. Entretanto, houve efeito da idade das aves sobre o potássio no sangue. Aos 26 e 32 dias de idade, verificou-se aumento no teor de potássio plasmático em relação aos 17 dias de idade, a idade “controle” sem climatização. Estes valores, mais elevados, estão um pouco acima da faixa de normalidade considerada por Olanrewaju *et al.* (2007), em torno de 5,08 mEq/L e por Thrall *et al.* (2012), em torno de 2,0 a 4,0 mEq/L de sangue. O comportamento dos valores de potássio, neste ensaio, foi contrário ao observado no ensaio de termoneutralidade.

Tabela 27. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de cloro (Cl⁻) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Proteína Bruta (%)	Cl ⁻ (mEq/L)			
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴
16	81,42 Ab	107,22 Aa	98,02 Aab	98,69 Aab
18	88,53 Ab	104,87 Aa	99,34 Aab	100,03 Aab
20	94,76 Aa	100,56 Aa	97,13 Aa	96,01 Aa
22	86,52 Ac	106,62 Aa	96,34 Aab	91,67 Ab

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Pelos resultados demonstrados na Tabela 27, os níveis de proteína avaliados na dieta também não exerceram efeito sobre os níveis plasmáticos de cloro ($p \leq 0,05$), contudo a idade das aves em função da climatização influenciou os níveis de cloro ($p \leq 0,05$). A partir dos 22 dias de idade, considerando o primeiro contato com o ambiente de estresse, observou-se elevação nos valores de cloro em relação à idade controle, para todas as rações avaliadas, com exceção da ração contendo 20% de proteína bruta. Apesar disso, os valores de cloro encontrados se aproximam da faixa de normalidade, relatada por Thrall *et al.* (2012), de 100,0 a 120,0 mEq/L.

Neste estudo, os componentes iônicos, Na⁺, K⁺ e Cl⁻ tiveram comportamentos diferente dos relatados por Belay e Teeter (1993) e Borges *et al.* (2004), uma vez que os resultados demonstraram, de modo geral, ligeira redução nos níveis de Na⁺ com aumento nos níveis de Cl⁻, porém, uma elevação nos níveis de K⁺. Pelas considerações de Belay e Teeter (1993), a concentração tanto de K⁺ como de Na⁺ diminuem à medida que a temperatura ambiente aumenta, enquanto que o Cl⁻ aumenta. Para Borges *et al.* (2004), a diminuição dos níveis plasmáticos de K⁺ ocorre devido ao aumento na excreção desse íon por hemodiluição, baseado na maior consumo de água. Já o aumento no Cl⁻ diminui a excreção de H⁺ e a reabsorção de HCO₃⁻ pelos rins, o que poderia contribuir com a acidificação do sangue, sendo esta uma resposta secundária à alcalose. Assim, com os resultados deste estudo, não se pode caracterizar a ocorrência de uma possível acidose metabólica como distúrbio compensatório à alcalose respiratória de estresse, uma vez que as oscilações iônicas tiveram caráter transitório, evidenciados pelo reestabelecimento do pH e da pCO₂ aos 32 dias de idade.

4.2.3. Bioquímica sanguínea

A avaliação da bioquímica sanguínea consistiu das seguintes análises: glicose, triglicerídeo, lipoproteína HDL, colesterol, proteína total, albumina, lactato, AST – aspartato aminotransferase e CK – creatina quinase. Os resultados estão descritos a seguir.

Para o modelo de regressão simples não houve ajuste de equação para os níveis de glicose, triglicerídeo, lipoproteína HDL, apenas para o colesterol no sangue. Em função do teor de proteína bruta da dieta, não houve ajuste de equação para os níveis de colesterol no sangue, mas foi observado efeito quadrático para o colesterol em função da idade de coleta, conforme demonstrado na Figura 14, pela equação: $\hat{Y} = 209,844 - 7,44989x + 0,19334x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p = 0,0285$).

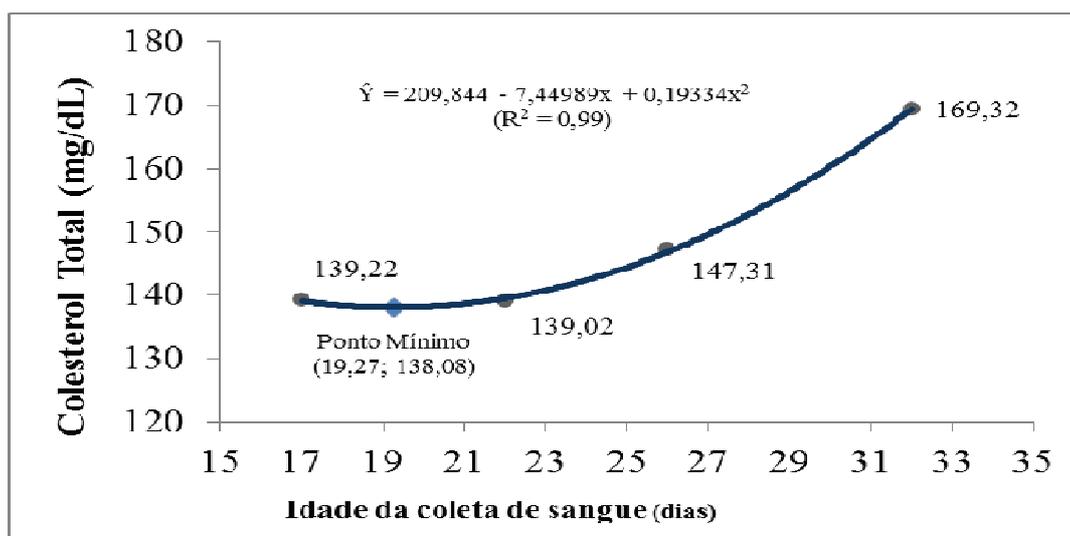


Figura 14. Teores de colesterol total no sangue em função da idade de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico

Na Tabela 28 estão apresentados os resultados de glicose, triglicerídeo, colesterol total, lipoproteína HDL, proteína total, lactato, enzima AST e CK no sangue de frangos, criados em estresse térmico cíclico. Não houve interação significativa entre os níveis de proteína bruta e as idades de coleta de sangue nos frangos para nenhuma das respostas de bioquímica sanguíneas avaliadas ($p \geq 0,05$).

Tabela 28. Efeito do nível de proteína bruta da dieta aclimação sobre os níveis de glicose (GLIC), triglicerídeo (TRIG), colesterol total (COL), lipoproteína-HDL do sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Perfil Energético	Nível PB (%)	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	Médias	CV (%)
GLIC (mg/dL)	16	263,04	239,9	248,34	261,34	253,16 A	6,95
	18	254,02	244,06	248,40	262,48	252,24 A	
	20	248,87	235,96	234,75	251,58	242,79 A	
	22	254,17	243,26	238,10	240,92	244,12 A	
Médias		255,03 a	240,79 a	242,40 a	254,08 a		
TRIG (mg/dL)	16	132,03	92,19	113,69	139,05	119,24 A	26,89
	18	130,99	116,67	90,66	100,31	109,66 A	
	20	115,47	120,89	67,54	110,28	103,55 A	
	22	237,4	139,44	86,12	125,27	147,06 A	
Médias		153,97 a	117,30 ab	89,50 b	118,73 ab		
COL TOTAL (mg/dL)	16	150,49	131,55	161,95	179,30	155,82 A	17,48
	18	134,03	143,58	153,62	193,70	156,23 A	
	20	132,75	138,61	137,53	157,12	141,51 A	
	22	139,61	142,35	136,12	147,14	141,31 A	
Médias		139,22 b	139,02 b	147,31 b	169,32 a		
HDL (mg/dL)	16	112,99	112,44	126,20	129,62	120,31 A	22,74
	18	117,84	119,63	127,71	140,08	126,31 A	
	20	111,46	115,14	119,46	119,08	116,29 A	
	22	140,63	116,97	111,05	105,31	118,49 A	
Médias		120,73 a	116,04 a	121,10 a	123,52 a		

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Os níveis de glicose no sangue não foram influenciados pelos teores de proteína bruta avaliados ($p \geq 0,05$), nem mesmo pela idade das aves ($p \geq 0,05$). As respostas observadas neste experimento indicam possível aclimação das aves sob estresse cíclico por calor, também observados por González e Silva, (2003). Este achado corrobora os obtidos por Revidatti *et al.* (2002), que não encontraram diferenças para glicose de frangos submetidos a estresse por manejo. Puvadolpirod e Thaxton (2000) encontraram maiores valores de glicose em frangos injetados com hormônio ACTH, a hiperglicemia relaciona-se com quadros de estresses agudos nos quais o fator de estresse atua de forma súbita. De forma semelhante, Borges (1997; 2001) observou aumento da concentração de glicose em resposta direta à maior secreção de adrenalina, noradrenalina e glicocorticoides. Para González e Silva (2003), a

concentração de glicose poderia aumentar com estresse crônico. Entretanto, na situação de estresse cíclico deste experimento, não ocorreram alterações.

Os teores de proteína avaliados nas dietas não afetaram os níveis de triglicerídeos, colesterol total, lipoproteína HDL no sangue das aves neste experimento. Os níveis de HDL também não foram influenciados pela idade das aves ($p \geq 0,05$).

Em relação ao triglicerídeo, os valores encontrados foram influenciados pela idade dos frangos em função do estresse por calor. As aves com 26 dias de idade obtiveram níveis de TRIG inferiores aos observados nas aves com 17 dias, idade ainda sem estresse. Os resultados mostraram impacto do calor sobre os níveis de TRIG, uma vez que aos 32 dias os valores já estariam reestabelecidos, de forma semelhante à idade controle. Isso, possivelmente se deve ao maior demanda de consumo de energia no estresse, reduzindo os níveis de TRIG, para sustentar os mecanismos de dissipação de calor até o início de um processo de aclimação. De acordo com Marzzoco e Torres (1999), há degradação dos triglicerídeos com consequente liberação de ácidos graxos na corrente sanguínea, a fim de suprir a demanda energética dos tecidos.

Os níveis de colesterol total dos frangos criados em estresse térmico foram afetados pela idade das aves ($p \leq 0,05$). As aves mais velhas, com 32 dias de idade, apresentaram o maior nível de colesterol total no sangue em relação às demais idades avaliadas. Acredita-se que este aumento no colesterol esteja mais relacionado à idade das aves, que ao tratamento térmico propriamente dito, uma vez que as aves a partir dos 22 dias de idade já estariam submetidas ao calor cíclico e, entretanto não se teria observado variação no nível de colesterol, só sendo realmente expressiva a variação aos 32 dias de idade. Este efeito também foi evidenciado pela análise de regressão acima, de acordo com a Figura 15.

Apesar das diferenças numéricas encontradas em relação aos valores registrados no ensaio em termoneutralidade, todos os resultados de colesterol total enquadraram-se dentro da faixa de normalidade, pois de acordo com Swenson e O'Reece, (1996), Lumeij, (1997) e Kaneko *et al.* (2008), os níveis normais de colesterol em galinhas estariam entre 125 a 200 mg/dL de sangue. Lumeij (1997), considera que as concentrações plasmáticas de colesterol para a

maioria das espécies de aves variam de 100 a 250 mg/dL. Valores de referência específicos em frangos de corte ainda são pouco conhecidos.

As Tabelas 29, 30 e 31 seguintes referem-se aos resultados de proteína total, albumina e lactato sanguíneos, respectivamente. Não foi observada interação entre os níveis de proteína bruta e as idades de coleta de sangue nos frangos ($p \geq 0,05$) para estas características.

Tabela 29. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de proteína total no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Proteína Bruta (%)	Proteína Total (g/dL)				Médias
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	
16	2,49	2,60	2,64	3,12	2,71 A
18	2,63	2,98	2,52	3,26	2,85 A
20	2,59	2,73	2,73	2,99	2,76 A
22	2,37	2,77	2,82	3,24	2,80 A
Médias	2,52 b	2,77 b	2,68 b	3,15 a	
CV (%)	15,04				

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Os níveis de proteína total no sangue não foram influenciados pelos diferentes teores de proteína bruta das dietas ($p \geq 0,05$). Porém, em relação à idade das aves, em função do tempo de climatização, as aves mais velhas com 32 dias de idade apresentaram teor de proteína total no sangue superior às demais idades avaliadas ($p \leq 0,05$). Este efeito pode estar relacionado principalmente com a maior demanda metabólica imposta pelo crescimento com o avançar da idade, não podendo ser atribuído ao estresse por calor, uma vez que ao primeiro contato com o ambiente climatizado para temperatura elevada, aos 22 dias de idade, não se observou aumento no teor de proteína total no sangue. Apesar disso, todos os valores de proteína total encontraram-se dentro do intervalo de referência, considerados por Thrall *et al.* (2012), que estariam em torno de 2,5 a 4,5 g/dL de sangue, porém recomendados para condição de termoneutralidade.

Os níveis de albumina no sangue, demonstrados na tabela 30, não foram influenciados pelos diferentes teores de proteína bruta das dietas avaliadas ($p \geq 0,05$). Para as aves alimentadas com a ração contendo 16% de PB, observou-se efeito da idade das aves sobre os níveis de albumina no sangue. Para os frangos mais velhos, com 32 dias de idade e com mais tempo de

contato com o calor, verificou-se um maior teor de albumina em relação às aves com 17 dias de idade, sem climatização.

Tabela 30. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de albumina no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Proteína Bruta (%)	Albumina (g/dL)			
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴
16	0,65 Ab	1,18 Aab	1,21 Aab	1,42 Aa
18	0,97 Aa	1,32 Aa	1,27 Aa	1,35 Aa
20	1,20 Aa	1,16 Aa	1,29 Aa	1,35 Aa
22	1,36 Aa	1,27 Aa	1,14 Aa	1,24 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de kruskal Wallis ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação; ⁵ valores médios de 06 repetições.

A concentração da proteína sérica total (ou plasmática) nas aves em geral pode variar entre 3,0 e 6,0 g/dL, segundo Campbell e Dein (1984). Para estes autores, normalmente, resultados abaixo de 3,0 g/dL significam hipoalbuminemia, podendo ocorrer na doença renal crônica ou hepática, má nutrição e absorção ou perda sanguínea crônica. De acordo com Schmidt *et al.* (2007) e Kaneko *et al.* (2008), os níveis normais de albumina em aves variam de 1,6 a 2,0 g/dL de sangue e estes valores equivalem de 40 a 60% da fração proteica total, sendo sintetizada 100% no fígado, por isso sua medição pode estar relacionada ao diagnóstico de doenças hepáticas.

Os presentes resultados demonstraram uma relação albumina/proteína em torno de 60%, ainda dentro da normalidade. Porém todos os valores apresentados encontraram-se um pouco abaixo da faixa de normalidade para aves, mas na equivalência de aproximadamente 60% do valor da proteína total, de acordo com Schmidt *et al.* (2007) e Kaneko *et al.* (2008). Entretanto, em relação aos achados anteriores para aves em geral de Campbell e Dein (1984), os valores de albumina encontrados nos frangos neste estudo estariam bem abaixo da faixa normal, indicando hipoalbuminemia.

Em relação à análise de regressão para o lactato no sangue foi observado efeito quadrático em função do teor de proteína bruta da dieta, demonstrado pela Figura 15 através da equação: $\hat{Y} = 15,3038 - 1,10353x + 0,03348766x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p = 0,0245$). Entretanto, não foi observado efeito em relação à idade de coleta.

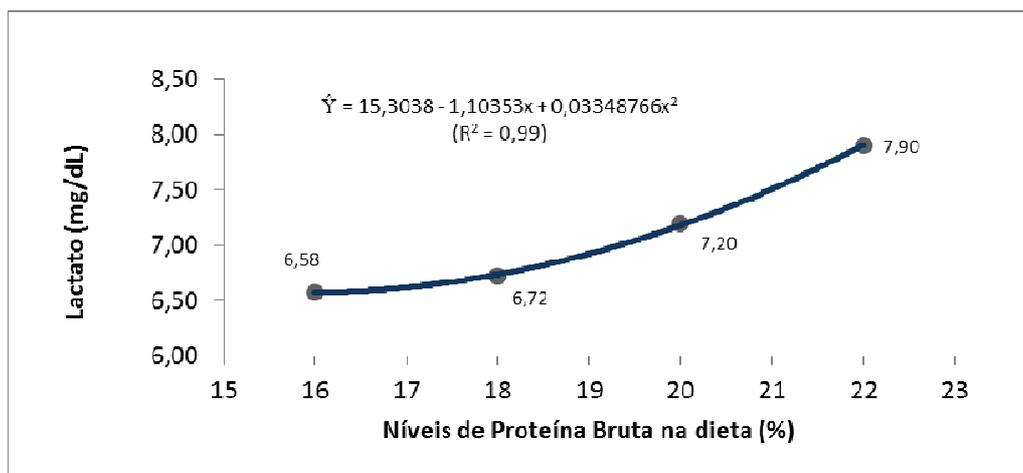


Figura 15. Teores de lactato no sangue em função da idade dos frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico

De acordo com a Figura 15, para as rações mais densas, com maiores teores proteicos, verificaram-se valores mais elevados de lactato no sangue. Segundo Mello e Luciano (2000), acredita-se que a formação, troca e utilização de lactato representa um importante meio de distribuição da energia fornecida após a ingestão de carboidrato e durante o esforço físico sustentado. Além disso, conforme Brooks (1991) o lactato sanguíneo é um bom indicador da intensidade do esforço físico comum no estresse.

Tabela 31. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de lactato no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Nível de Proteína Bruta (%)	Lactato (mg/dL)				Médias
	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	
16	8,07	5,05	5,57	7,64	6,58 A
18	6,65	6,74	5,16	8,34	6,72 A
20	8,17	6,83	5,69	8,11	7,20 A
22	7,13	6,66	7,79	10,03	7,90 A
Médias	7,51 ab	6,32 b	6,05 b	8,53 a	
CV (%)	27,82				

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Os níveis de lactato no sangue, de acordo com a Tabela 31, também não foram influenciados pelos diferentes teores de proteína bruta das dietas avaliadas ($p \geq 0,05$), porém aos 22 e 26 dias de idade, verificou-se uma alteração gradual nos níveis de lactato, sendo mais elevada aos 32 dias de idade em relação aos 22 e 26 dias de idade. Todavia, os valores encontrados na

presente análise estão bem abaixo do valor de referência para o lactato de 46,1mg/dL de sangue, descrito por Ross *et al.* (1978). Poucos são os trabalhos que descrevem os níveis de lactato no sangue de aves e devido à carência de informações, mais estudos são necessários.

A análise de regressão de AST e CK no sangue dos frangos foi significativa apenas para os níveis de AST. Foi observado efeito quadrático para AST apenas em função da idade de coleta, demonstrado pela equação: $\hat{Y} = 200,63 + 5,1663x$ ($r^2 = 0,99$; $p = 0,0001$), conforme apresentado na Figura 16.

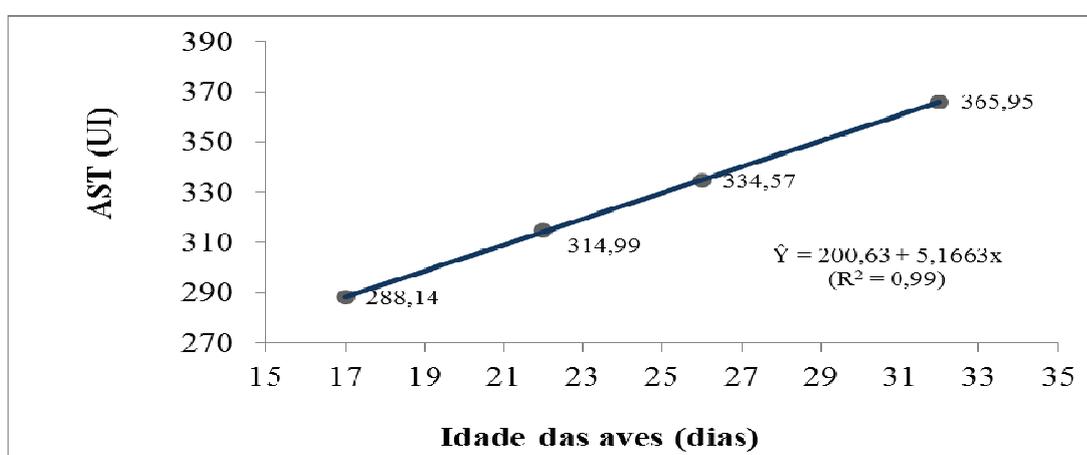


Figura 16. Teores de aspartato aminotransferase no sangue em função da idade dos frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, submetidos ao estresse térmico cíclico

Pela análise de variância, os resultados da enzima aspartato aminotransferase (AST) e creatina quinase (CK) no sangue estão demonstrados na Tabela 32. Não foi observada interação significativa entre as variáveis estudadas ($p \geq 0,05$) para os níveis de AST e CK.

Os níveis de proteína bruta na dieta não afetaram os níveis enzimáticos de AST e CK ($p \leq 0,05$). Mas foi observado efeito da idade das aves, em função do tempo de climatização para estas respostas. Os níveis de AST e CK aos 32 dias de idade foram superiores aos encontrados aos 17 dias de idade.

Apesar de detectado esse aumento, os valores encontrados estavam acima do intervalo de referência considerado por Thrall *et al.* (2012), que considera aumento na atividade plasmática de AST valores acima de 275 UI/L, decorrentes de lesão hepática ou muscular e, acima de 800 UI/L seria considerado um nível plasmático muito elevado, sugerindo lesão

hepática grave. Estes resultados estão de acordo com Matsuzawa (1981), que relata que a atividade da enzima sérica aspartato aminotransferase tende a aumentar com a idade. Neste caso, os resultados estariam um pouco acima da normalidade, mas não se enquadrando em lesão hepática grave, possivelmente derivados do estresse.

Tabela 32. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis enzimáticos da aspartato aminotransferase (AST) e creatina quinase (CK) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

Enzimas	Nível				Médias	CV (%)	
	PB (%)	17 d ¹	22 d ²	26 d ³			32 d ⁴
AST (UI)	16	313	321	318	349	325 A	14,08
	18	282	318	343	362	326 A	
	20	286	315	355	356	328 A	
	22	269	304	320	395	322 A	
Médias		288 c	314 bc	334 b	365 a		
CK (UI)	16	1666	8859	3771	6444	5184 A	7,25
	18	1801	5742	3992	8882	5104 A	
	20	1894	7541	7845	7294	6144 A	
	22	1348	3420	2866	12363	5000 A	
Médias		1677 c	6391 ab	4618 b	8446 a		

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha uma diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimatação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

Em relação aos resultados de CK, observou-se que os valores encontrados estão bem acima dos considerados normais, indicando a possibilidade de lesão de músculo esquelético nas aves em estresse térmico, possivelmente originada do esforço físico da ofegação durante o estresse. Para o CK, na maioria das espécies de aves, a atividade plasmática normal estaria entre 100 e 500 UI/L. Este efeito foi mais evidente nos frangos mais velhos, avaliados aos 32 dias de idade, quando comparados aos resultados de 17 dias de idade, sem climatização. Segundo Thrall *et al.* (2012), o aumento da atividade plasmática dessa enzima seria decorrente de lesão de célula muscular ou de esforço físico exagerado.

Os presentes resultados foram semelhantes aos encontrados por Sandercock *et al.* (2001) que ao estudarem o efeito do estresse calórico agudo (32,5°C) e da termoneutralidade (22,5°C) sobre alguns parâmetros sanguíneos, como pH e CK, em diferentes idades de frangos de corte

e seus efeitos sobre a qualidade da carne, verificaram aumento no pH e nos níveis de CK, sendo mais evidente nas aves mais velhas. Segundo os autores, com a indução do estresse podem ocorrer alterações nos índices de termorregulação e integridade das membranas musculares causadas pelas mudanças no metabolismo glicolítico do músculo de peito, indicado pela redução do pH e incidências de hemorragias, além do aumento da perda de água da carne. Eles concluíram que o desequilíbrio ácido-base trouxe efeitos adversos ao metabolismo muscular pela alteração na integridade de membrana causando alterações indesejáveis na carne.

4.2.4. Leucócitos, heterófilos e linfócitos

Ao realizar a análise de regressão simples, não houve ajuste ao modelo para níveis de leucócitos, heterófilos e linfócitos avaliados considerando a criação em estresse térmico. Não foi observada interação significativa entre os níveis de proteína bruta e as idades de coleta de sangue nos frangos ($p \geq 0,05$) para os níveis de leucócitos totais. Para os níveis de heterófilos, linfócitos e para a relação heterófilo/linfócito, a interação dessas variáveis mostrou-se significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), conforme demonstrado na Tabela 33.

Neste trabalho, os níveis de leucócitos totais não foram influenciados pelos teores de proteína bruta na dieta ($p \geq 0,05$). Porém, a idade das aves em função do tempo de exposição ao calor cíclico, refletiu em uma maior produção de leucócitos totais nas aves com 32 dias de idade e com maior tempo de exposição ao estresse ($p \leq 0,05$), demonstrando uma reação do sistema imune ao agente estressor. Apesar disso, os valores encontrados estão dentro da faixa de normalidade recomendada por Macari e Luquetti (2002). Segundo estes autores em situações de estresse, nas quais ocorre liberação de hormônio corticotrófico (ACTH), geralmente, há redução da quantidade de linfócitos circulantes, com o aumento da relação heterófilo/linfócito. O número de leucócitos no sangue dos frangos pode variar de 12.000 a 30.000 (cél/ μ L), porém pode ser influenciado pelo sexo, pela idade, pelas condições de estresse e doenças. A contagem diferencial de células no sangue tem mostrado que, do total de leucócitos, 60 a 65% são linfócitos, 25 a 30% são heterófilos.

Tabela 33. Efeito do nível de proteína bruta da dieta sobre os níveis de e leucócitos totais (LEUC), heterófilos (HET), linfócitos (LINF) e a relação heterófilo/linfócito (H/L) no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse térmico cíclico

	Nível PB (%)	17 d ¹	22 d ²	26 d ³	32 d ⁴	Médias	CV (%)
LEUC (cél/μL)	16	1800	1870	2216	6791	3169 A	6,24
	18	4020	1740	1891	6225	3469 A	
	20	3340	2450	2116	7183	3772 A	
	22	3210	2310	2391	5283	3298 A	
Médias		3092 b	2092 b	2154 b	6370 a		
HET (%)	16	61,00 aA	33,00 abBC	48,67 aAB	27,83 aC	42,63	28,78
	18	48,20 aA	24,80 bB	44,83 aA	21,50 aB	34,83	
	20	46,67 aA	42,40 aA	50,50 aA	16,50 aB	39,02	
	22	27,33 bBC	39,60 abAB	45,33 aA	21,00 aC	33,32	
Médias		45,80	34,95	47,33	21,71		
LINF (%)	16	36,67 bC	66,00 abAB	48,67 aBC	69,33 aA	55,17	19,25
	18	50,20 bB	73,80 aA	52,67 aB	76,50 aA	63,29	
	20	52,00 bB	54,40 bB	47,33 aB	82,67 aA	59,10	
	22	71,00 aAB	57,60 abBC	52,17 aC	77,67 aA	64,61	
Médias		52,47	62,95	50,21	76,54		
H/L	16	1,66 aA	0,50 aB	1,00 aA	0,40 aB	0,89	26,37
	18	0,96 abA	0,34 aB	0,85 aA	0,28 aB	0,74	
	20	0,90 bA	0,78 aA	1,07 aA	0,20 aB	0,74	
	22	0,38 cAB	0,69 aAB	0,87 aA	0,27 aB	0,55	
Médias		0,98	0,58	0,95	0,29		

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ 17 dias de idade: idade controle, aves sem climatização controlada; ² 22 dias: idade inicial da climatização controlada; ³ 26 dias: aves em aclimação; idade crítica para mortalidade; ⁴ 32 dias: idade final da avaliação.

De forma contraditória, neste estudo verificou-se redução na quantidade de heterófilos e um aumento na quantidade de linfócitos aos 32 dias de idade, considerando o maior tempo de exposição ao estresse, independente da dieta. A relação H/L para aves com 22 e 32 dias de idade, sob estresse, mostrou-se mais próxima das condições de normalidade, que, segundo Macari e Luquetti (2002), está em torno de 0,5. Entretanto, houve interação positiva entre idade das aves e proteína bruta na dieta, indicando que estas aves sofreram menos estresse que o esperado, uma vez que a aclimação das aves ao estresse pode ter ocorrido, justificando a relação H/L encontrada aos 32 dias de idade.

Em relação à idade dos frangos em função do tempo de climatização ao estresse, aos 17 dias de idade, com as aves ainda em ambiente em termoneutralidade, foi observada influência da dieta com teor de proteína bruta de 22% sobre os heterófilos e os linfócitos no sangue dos frangos. Houve redução no percentual de heterófilos e aumento de linfócitos, quando comparados às demais dietas com 16, 18 ou 20% de PB ($p \leq 0,05$). Dessa forma, a relação H/L no sangue dos frangos, nesta idade, também foi menor em relação às outras dietas, tendendo à normalidade. Este resultado, nesta idade e nestas condições iniciais de ambiência, sugere que o maior conteúdo de proteína na dieta foi mais favorável à relação H/L, que as outras dietas estudadas, e conseqüentemente auxiliou a resposta imune, considerando os valores de referência de 0,5.

Aos 22 dias de idade, considerando o primeiro momento da climatização ao estresse, foi observado efeito dos teores de 18% e 20% de PB da dieta sobre o teor de heterófilos e linfócitos no sangue. Com a ração de 18% de PB, os níveis de heterofilos foram inferiores aos da ração com 20% de PB, bem como os níveis de linfócitos foram superiores aos da ração com 20% de PB ($p \leq 0,05$). Entretanto, esse efeito não foi suficiente para influenciar a relação H/L no sangue, provocado pelos níveis de proteína bruta das rações. Aos 26 e 32 dias de idade não foi mais verificado efeito dos níveis de proteína bruta das dietas sobre os heterófilos, linfócitos ou a relação H/L do sangue dos frangos ($p \geq 0,05$). Como a relação H/L não foi afetada pelo teor de proteína bruta da dieta na criação em estresse supõe-se que os frangos, através dos mecanismos fisiológicos compensatórios ao estresse, conseguiram se adaptar a situação de estresse térmico cíclico, quando alimentados com as dietas com os diferentes conteúdos proteicos.

4.2.5. Digestibilidade

Os coeficientes da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB) e extrato etéreo (CDEE) das rações estão apresentados na Tabela 34. Pela análise de regressão linear simples não houve modelos significativos para os coeficientes de digestibilidade estudados.

Tabela 34. Coeficientes de digestibilidade (%) da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) das rações de acordo com o nível de proteína bruta da dieta de frangos de corte em crescimento criados em estresse térmico cíclico

Nível de Proteína Bruta (%)	CDMS	CDPB	CDEE
16	74,58 A	57,87 C	72,97 C
18	73,22 AB	63,43 B	77,60 B
20	70,65 B	68,25 A	76,82 B
22	70,21 B	63,15 B	81,50 A
CV ¹ (%)	3,64	2,90	3,05

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação

A digestibilidade da matéria seca (CDMS) da ração contendo 16% de proteína bruta foi superior ($p \leq 0,05$) em relação aos níveis de 20 e 22% de proteína bruta na dieta. Apesar da ração com 16% de PB ter obtido o melhor CDMS, este resultado não refletiu sobre o CDPB e do CDEE. Esses resultados estão relacionados principalmente à maior inclusão de farelo de soja nas formulações com maior teor de PB e, conseqüentemente, à maior participação de carboidratos como estaquiose e rafinose de menor digestibilidade, em relação ao milho, constituído basicamente de amido na sua fração glicídica. Também a maior ou menor quantidade de casca pode influenciar a digestibilidade. Gerber *et al.* (2006) observaram aumento no CDMS, rações formuladas com farelo de soja 48% de PB em comparação à digestibilidade do mesmo farelo acrescido de casca para atingir 44% PB.

No presente estudo, os maiores coeficientes de digestibilidade de proteína bruta (CDPB) foram obtidos na ração contendo 20% de PB e os maiores coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE) foram obtidos na ração contendo 22% de PB ($p \leq 0,05$). A maior inclusão de óleo na ração com 22% de PB pode ter favorecido a maior digestibilidade do extrato etéreo. De acordo com Furlan e Macari (2002), a quantidade e a qualidade dos carboidratos, proteínas e gorduras contidas em diferentes tipos de ração podem alterar o tempo de retenção da digesta e com isso, influenciar a eficiência da digestão e absorção dos nutrientes. Os autores sugeriram que a adição de lipídeos na dieta reduz a taxa de passagem e pode aumentar a digestibilidade dos nutrientes. Todavia, Vieira *et al.* (2002) verificaram que as aves que consumiram dietas contendo adição de gordura apresentaram redução na digestibilidade da matéria seca e da proteína da ração, quando comparadas àquelas aves que receberam dietas sem adição de gordura.

Sibbald (1982) observou que os resultados de vários estudos que relacionam digestibilidade e estresse por calor não foram conclusivos.

4.2.6. Produção de calor e incremento calórico

Os dados de produção de calor de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes teores de proteína bruta e criados em estresse térmico cíclico encontram-se na Tabela 35. Para o modelo de regressão simples não houve ajuste de equações para as variáveis estudadas.

Tabela 35. Produção de calor (PC kcal/kg^{PV} e PC kcal/kg^{0,75}) e incremento calórico das rações (IC kcal/kg^{PV} e IC kcal/kg^{0,75}) por dia em função do peso vivo e do peso metabólico de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse cíclico por calor de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

Proteína Bruta (%)	PC kcal/kg ^{PV}	PC kcal/kg ^{0,75}	IC kcal/kg ^{PV}	IC kcal/kg ^{0,75}
16	202 A	217 A	112 A	120 A
18	175 AB	195 AB	86 BC	96 A
20	174 AB	192 B	98 AB	98 A
22	163 B	193 AB	72 C	97 A
CV ¹ (%)	11,44	7,52	12,77	14,93

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação

A produção de calor, em função do peso vivo, observada nas aves alimentadas com a ração contendo 16% de proteína bruta e suplementada com aminoácidos foi mais elevada em relação à da ração contendo 22% de PB, fato que influenciou de forma semelhante os valores do incremento calórico em função do peso vivo. Em função do peso metabólico, observou-se maior produção de calor nas aves alimentadas com a ração contendo 16% de proteína bruta e suplementada com aminoácidos em relação à da ração contendo 20% de PB. No presente trabalho o maior conteúdo de proteína bruta da dieta de 22% não resultou em maior incremento calórico, seja em função do peso vivo ou do peso metabólico das aves. Uma suspeita é que o elevado teor proteico estudado não estivesse sendo totalmente utilizado pelas aves para *turnover* muscular, mas sim utilizado também como suporte energético para auxiliar na dissipação de calor corporal nesta situação de estresse, além da maior presença de óleo na formulação que pode ter melhorado a eficiência de utilização da energia por reduzir o incremento calórico.

Resultados encontrados por Temim *et al.* (2000), corroboram com o presente estudo, ao verificarem que em frangos que receberam alta proteína bruta (25%), em temperatura elevada (32°C), não apresentaram elevação no *turnover* muscular (síntese protéica e proteólise) e considerando que a produção de calor está positivamente correlacionada com a síntese de proteína corporal (Macleod, 1997), a utilização de dietas com alta proteína bruta, em 32°C, não alteraria a produção de calor nas aves.

Assim como Nieto *et al.* (1997) mostraram que dietas com baixa proteína bruta aumentaram a produção de calor, resultando em maior exigência de energia para manutenção e reduzindo a eficiência de utilização da energia metabolizável para acréscimo de proteína. Os resultados desse trabalho demonstraram o referido aumento na produção de calor nas aves alimentadas pela ração menos proteica, porém não foi verificado aumento na exigência de manutenção, conforme discutido posteriormente.

De forma contraditória dos resultados publicados no NRC, (1994), por Emmans, (1994) e Penz Júnior *et al.*, (1999) que observaram que o incremento calórico pode ser aumentado no caso do animal utilizar proteína como fonte de energia no lugar de carboidratos e lipídios, ou ainda, em função de um excesso de proteína na ração. Vasconcellos (2009), trabalhando com níveis de 15%, 17%, 19% e 21% de PB em dietas para frangos de corte criados em termoneutralidade, não encontrou diferenças na produção de calor e incremento calórico.

4.2.7. Valores de energia

Na análise de regressão, houve efeito significativo para os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e para a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn). Para as variáveis, energia metabolizável de manutenção e energia líquida, não houve ajuste de modelo.

A energia metabolizável aparente (EMA) apresentou efeito linear, conforme a equação: $\hat{Y} = 1366,65 + 97,2733x$ ($r^2 = 0,93$; $p = 0,0333$), de acordo com a Figura 17, demonstrando que para os maiores teores de proteína bruta na dieta, obtiveram-se os maiores valores de energia metabolizável aparente para os frangos de corte criados em estresse térmico cíclico. A maior inclusão de óleo nas dietas mais proteicas, contendo 22% de PB, resultaram em melhores

CDEE, conforme apresentado na Tabela 34, o que pode ser atribuído ao aumento dos valores da EMA.

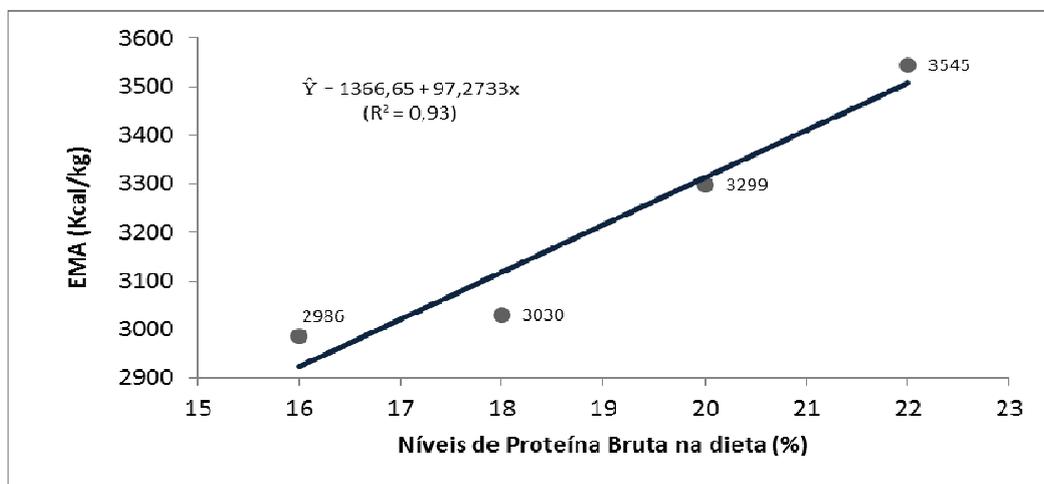


Figura 17. Energia metabolizável aparente (EMA) de rações formuladas com diferentes níveis de proteína para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade e criados em estresse térmico cíclico

Para a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) houve efeito quadrático, demonstrado na Figura 18, através da equação: $\hat{Y} = 6536,55 - 458,989x + 14,2031x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p = 0,0450$). De forma semelhante ao ocorrido com os dados da EMA, o menor teor proteico avaliado na dieta, de acordo com a Figura 18, equivalente a 16,1% de PB resultou em menor valor de EMAn. Esta menor disponibilidade energética desta dieta também estaria relacionada à sua composição nutricional, principalmente ao teor de óleo na formulação e apresentou piores resultados de CDEE, bem como de CDPB.

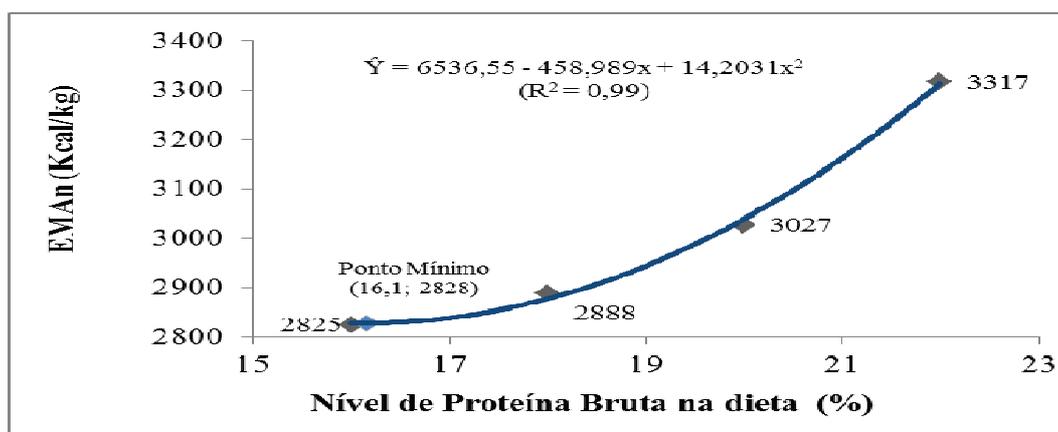


Figura 18. Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) de rações formuladas com diferentes níveis de proteína para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade e criados em estresse térmico cíclico

Na Tabela 36 estão apresentados os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), energia metabolizável de manutenção e energia líquida (EL).

Tabela 36. Valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), energia metabolizável de manutenção (EMm) e energia líquida (EL), na matéria seca de acordo com o nível de proteína bruta da dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse cíclico por calor

Proteína Bruta (%)	EMA (kcal/kg)	EMAn (kcal/kg)	EMm (kcal/kg)	EL (kcal/kg)
16	2986 C	2825 C	121 A	1895 B
18	3030 C	2888 BC	124 A	2111 B
20	3299 B	3027 B	116 A	2251 AB
22	3545 A	3317 A	121 A	2640 A
CV ¹ (%)	3,64	3,26	8,80	3,97

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação

O valor de EMA da dieta para frangos criados em estresse térmico cíclico, contendo 22% de proteína bruta, observado foi superior aos das demais dietas, uma vez que os melhores CDEE e a maior composição lipídica desta dieta podem ter contribuído para a elevação dos valores de energia. Em relação à energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) observou-se um comportamento semelhante aos resultados encontrados para a EMA. De forma semelhante ao ocorrido no ensaio termoneutro, os valores médios de EMA das rações estudadas foram superiores aos valores encontrados para a EMAn. Essa superioridade também pode ser atribuída ao balanço positivo de nitrogênio das aves em crescimento. De acordo com Wolynetz e Sibbald (1984), em condições de consumo à vontade, a EMA é maior que a EMAn, quando a retenção de nitrogênio é positiva. Como neste estudo as aves apresentaram consumo *ad libitum*, estão em crescimento, ou seja, retendo nitrogênio e, conseqüentemente, a EMA superou os valores de EMAn.

Os valores encontrados para EMA e EMAn das rações no ensaio envolvendo o estresse térmico cíclico foram numericamente bem semelhantes aos obtidos no ensaio termoneutro, sinalizando que os frangos tendem a buscar mecanismos adaptativos que favoreçam o metabolismo e a eficiência no aproveitamento energético, bem como o seu equilíbrio nutricional na situação do estresse; uma das alternativas seria uma compensação do consumo de ração nas horas mais amenas do dia. Essa semelhança dos valores de EMA e EMAn, entre os dois ensaios, ficou mais evidente para as rações mais proteicas, com 18%, 20% e 22% de

PB, que para a ração com 16% de PB, na qual os valores de EMA e EMAn do ensaio de estresse foram numericamente bem inferiores aos do ensaio termoneutro. Como os suplementos de aminoácidos neste ensaio foram baseados em necessidades determinadas em temperaturas de termoneutralidade, a maior suplementação de aminoácidos sintéticos na ração com 16% de PB pode ter influenciado este resultado, uma vez que em situação de estresse, a exigência de aminoácidos pela ave pode ser alterada e a suplementação pode incorrer em desbalanço, prejudicando o aproveitamento energético. Dessa forma, uma estratégia nutricional seria estabelecer exigências de aminoácidos digestíveis em frangos de corte durante as condições de estresse associadas a melhores condições de ambiência. Segundo Chen *et al.* (2003), conhecer melhor estas exigências poderia proporcionar ajustes nas dietas em relação aos níveis de aminoácido mínimos ou coeficientes de digestibilidade para atender às necessidades nutricionais de forma mais adequada nestas situações.

A energia metabolizável de manutenção (EMm) dos frangos criados em estresse térmico cíclico apresentou diferença não significativa pelo teste F ($p \geq 0,05$) em função do teor de proteína bruta avaliado na dieta. Os valores de energia metabolizável de manutenção (EMm) obtidos neste estudo (121, 124, 116 e 121 Kcal/kg das dietas com 16%, 18%, 20% e 22% de PB, respectivamente), ficaram mais próximos dos obtidos por Nieto (1995) que encontraram o valor de 111 a 143 kcal/kg^{0,75}/dia de EMm em frangos; por Vasconcellos (2009) que encontrou valores de EMm de 121,51 Kcal/kg^{0,75}/dia, e por Longo *et al.* (2006) que ao trabalharem com a técnica de abate comparativo em frangos de corte da linhagem Ross, encontraram o valor de 116,20 Kcal/kg^{0,75}/dia quando as aves foram mantidas na temperatura de 23°C, porém nestes trabalhos as aves foram criadas em termoneutralidade. Por outro lado, Sakomura *et al.* (2004) encontraram valores superiores de EMm de 141 kcal/kg^{0,75}/dia em frangos dos 22 aos 43 dias de idade e menores valores de EMm foram obtidos por Lara (2007) de 108 Kcal/kg^{0,75}/dia para a linhagem Ross e 96 kcal/kg^{0,75}/dia para a Cobb, também criados em termoneutralidade. Já Furlan *et al.* (2004) observaram que, em dietas de alta proteína, há aumento na exigência de energia de manutenção e diminuição no desempenho dos frangos, quando criados em altas temperaturas. Entretanto, essa diferença não foi verificada neste trabalho.

Estudos para a determinação da EMm em frangos de corte criados em situações de estresse ainda são necessários para elucidar melhor estas questões.

A ração contendo mais proteína, 22% de PB, apresentou maior energia líquida quando comparada as demais rações proteicas. A energia líquida das rações foi calculada a partir dos valores de EMAn e do incremento calórico encontrados neste ensaio e conseqüentemente está relacionada com estes valores. Como a dieta com 22% de PB obteve um menor incremento calórico, a disponibilização da EL para esta dieta também foi mais elevada em relação às demais dietas.

Em contrapartida ao presente resultado, DeGroot (1974) afirmou que mudanças nas dietas de frangos em relação aos valores de energia e proteína bruta ou aminoácidos, provavelmente poderiam influenciar os níveis de energia líquida destas dietas. Segundo ele, a energia líquida de uma dieta de baixa proteína suplementada com aminoácido seria maior que de uma dieta convencional para frangos, devido ao elevado incremento calórico das dietas mais proteicas. Estudos de Noblet *et al.* (1987) e Roth *et al.* (1999) comprovam estes dados, ao observarem que dietas com baixo teor de proteína têm sido associadas com a redução de perdas energéticas, pois ao se diminuir os teores de proteína bruta da dieta, reduzem-se também a desaminação do excesso de aminoácidos e, com isso, a síntese e a excreção de ácido úrico nas excretas das aves.

Os valores de energia líquida (EL) observados neste estudo também diferiram dos encontrados por Vasconcellos (2009) que trabalhando em temperaturas termoneutras e com teores de 15, 17, 19 e 21% de PB nas dietas, não verificou efeito da redução dos níveis de PB sobre os valores de EMA, EMAn e energia líquida.

De maneira geral, estes resultados de EL obtidos contribuíram para um melhor desempenho dos frangos quando alimentados com estas dietas mais proteicas, mas foram parcialmente diferentes dos encontrados por Noblet *et al.* (2007) que observaram melhora no ganho de peso e na deposição de proteína para as aves que receberam a dieta com maior PB, mas de forma contraditória a Noblet *et al.* (1987) que não encontraram nenhum efeito da proteína dietética sobre o aproveitamento energético.

Os melhores CDPB e CDEE para as rações contendo 20% e 22%, respectivamente, favoreceram os resultados de EMA e EMAn. Assim como as melhores digestibilidades da PB e do EE encontradas para as rações contendo 22% também refletiram em maiores valores de

EL, sugerindo que a maior oferta de aminoácidos desta ração mais proteica pode ter resultado em um melhor equilíbrio entre aminoácidos essenciais e não essenciais, melhorando o desempenho dos frangos.

4.2.8. Desempenho nas aves

Para o modelo de regressão simples não houve ajuste de equação para o consumo de ração, mas houve efeito linear para o ganho de peso e para a conversão alimentar. Na Figura 19 está demonstrada a resposta significativa linear em função do nível de proteína bruta na dieta para o ganho de peso, mensurada a partir da seguinte equação: $\hat{Y} = 0,760078 + 0,0443397x$ ($r^2 = 0,96$; $p = 0,0180$). A ração contendo menor teor de proteína bruta resultou em ganho de peso inferior nos frangos de corte aos 42 dias de idade, criados em temperaturas elevadas.

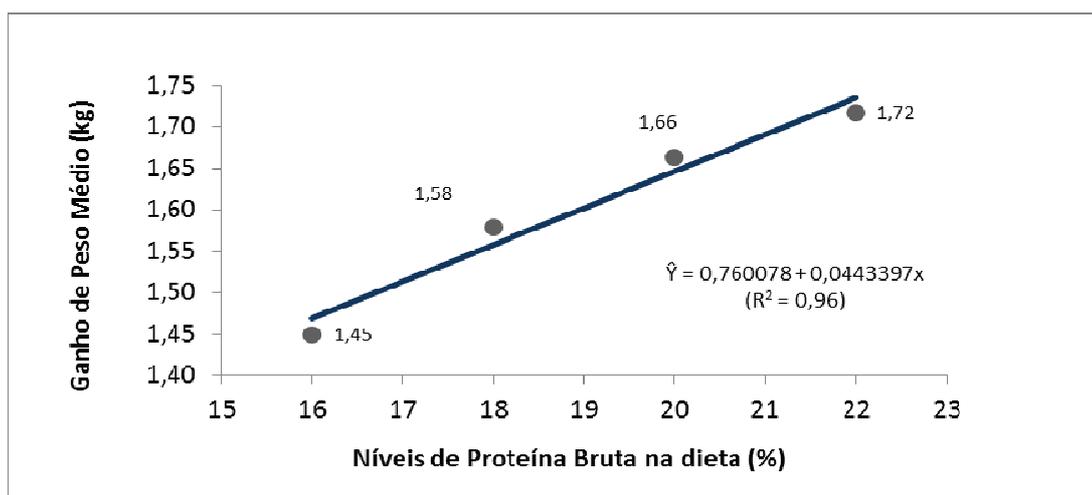


Figura 19. Regressão do ganho de peso médio (kg) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade e criados em estresse térmico cíclico

A resposta linear para a conversão alimentar, em função do nível de proteína bruta na dieta, está demonstrada na Figura 20, mensurada a partir da seguinte equação: $\hat{Y} = 2,89161 - 0,0523846x$ ($r^2 = 0,97$; $p = 0,0136$). Os melhores resultados da digestibilidade da proteína e do extrato etéreo, bem como a maior disponibilidade energética observada nas rações com 20% e 22% de PB também contribuíram para o esses valores de conversão alimentar, uma vez que estiveram refletidos no ganho de peso das aves.

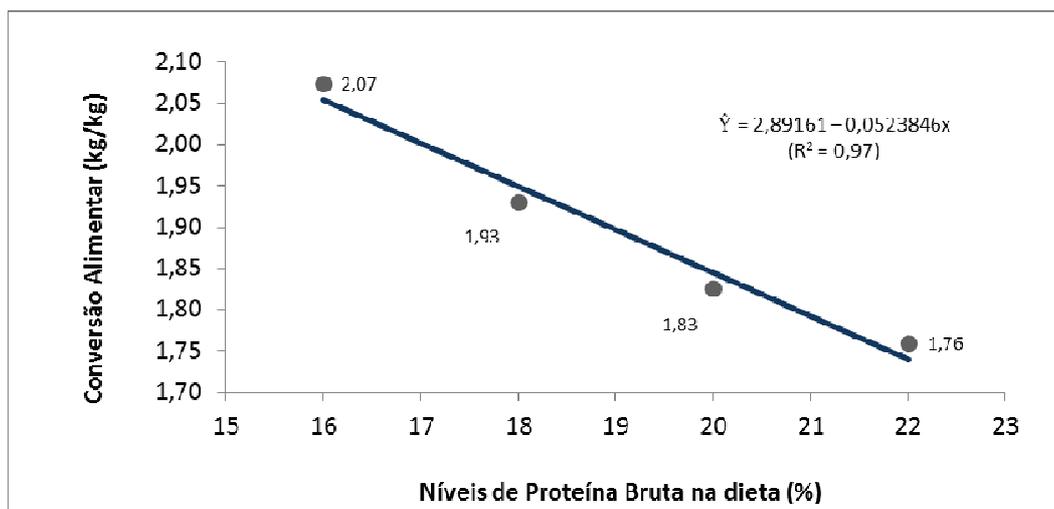


Figura 20. Conversão alimentar (Kg ração/Kg peso vivo) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade e criados em estresse térmico cíclico

Os resultados do desempenho das aves submetidas ao estresse cíclico por calor estão apresentados na Tabela 37. O consumo e a viabilidade não foram influenciados pelo teor de proteína bruta da dieta ($p \leq 0,05$), diferentemente do ganho de peso e da conversão alimentar ($p \leq 0,05$).

Tabela 37. Desempenho de frangos de corte em crescimento, de 22 aos 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico, em função do nível de proteína bruta na dieta

Níveis PB (%)	Consumo (kg)	Ganho Peso (kg)	CA (kg/kg)	Viabilidade (%)
16	3,001 A	1,450 B	2,073 C	94,129 A
18	3,039 A	1,579 AB	1,929 BC	98,809 A
20	3,032 A	1,664 A	1,825 AB	98,889 A
22	3,015 A	1,717 A	1,759 A	98,889 A
Média	3,022	1,603	1,896	97,679
CV ¹ (%)	5,89	7,62	4,82	5,00

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação

Não houve diferença estatística para o consumo de ração ($P \geq 0,05$) em função dos tratamentos. Como o estresse calórico submetido nas aves na sala climatizada foi de caráter cíclico, o período de termoneutralidade e a iluminação utilizada podem ter favorecido o consumo durante as horas mais amenas do dia, permitindo às aves ajustarem o consumo, independente do teor de proteína utilizado na dieta.

Gonzalez-Esquerria e Leeson (2005) consideram que a redução dos níveis de proteína bruta nas dietas de aves estressadas pelo calor como um meio de reduzir a produção de calor pode não ser sempre justificada. Uma vez que, pesquisadores têm relatado piora no desempenho produtivo de frangos mantidos sob esta condição e alimentados com rações com teor proteico abaixo dos preconizados em tabelas nutricionais (Alleman e Leclercq, 1997; Laganá *et al.*, 2007; Faria Filho *et al.*, 2006; Oliveira Neto e Oliveira, 2009). Para estes autores, os resultados estariam relacionados ao baixo consumo de ração das aves criadas em temperatura ambiente de 32°C, que reduziu o consumo de energia e nutrientes. Neste ensaio, utilizando temperaturas elevadas de criação, observou-se redução média em valores absolutos de 12,80% no consumo das rações estudadas em relação ao experimento I (termoneutralidade), sendo que as rações contendo 22%, 20%, 18% e 16% de PB apresentaram uma redução de 15,4%, 10,32%, 11,53% e 13,94% no consumo de ração respectivamente.

Os resultados presentes mostraram que as rações mais proteicas, contendo 20 e 22% de PB resultaram em maior ganho de peso dos frangos em relação à ração com 16% de PB. Alguns estudos (Temim *et al.*, 1999; 2000) relataram que a alimentação de frangos de corte com dietas de alta proteína e criados em temperaturas elevadas melhoraram o desempenho das aves, sendo justificados pela disponibilização de aminoácidos e excesso de aminoácidos não-essenciais, que poderiam ajudar a evitar a deficiência de aminoácidos durante as condições de estresse por calor além da maior disponibilização de energia pela maior inclusão de óleo nestas rações.

Por outro lado, observou-se que a ração contendo menor teor de proteína bruta, mesmo suplementada com aminoácidos, resultou em ganho de peso inferior nos frangos de corte aos 42 dias de idade, criados em temperaturas elevadas. Segundo Leeson *et al.* (2000), duas explicações são normalmente dadas para o pior desempenho, com dietas pobres em proteínas. Ou estas dietas não forneceram nitrogênio suficiente para permitir a síntese de aminoácidos não essenciais, ou o fornecimento de aminoácidos essenciais foi insuficiente para um bom desempenho. Outro fator que pode ter contribuído para os piores resultados de desempenho com a dieta menos proteica seria a menor inclusão de óleo em sua formulação.

As rações contendo 20% e 22% de PB apresentaram os melhores resultados de conversão alimentar em relação às demais rações avaliadas. Como o consumo de ração encontrado foi

semelhante entre as dietas estudadas, pode-se atribuir aos resultados da conversão, o maior ganho de peso obtido pelos frangos quando alimentados com as rações com 20% e 22% de PB. Por outro lado, a dieta contendo o menor teor proteico, de 16%, ocasionou os piores resultados de conversão alimentar.

Em relação aos ambientes, observou-se que a resposta da conversão alimentar teve comportamento semelhante em termoneutralidade e em estresse térmico cíclico. Com o aumento do teor de PB na dieta obteve-se melhora na conversão alimentar para ambos os ambientes, porém, em valores absolutos, a resposta da conversão alimentar foi melhor em ambientes termoneutros. Segundo Beterchini *et al.* (1991a), temperaturas elevadas provocam gasto maior de energia e prejudica a conversão alimentar, segundo esses autores, melhores resultados são obtidos em frangos de corte na fase final em ambiente com temperaturas médias de 22°C e não ocorrem diferenças significativas entre as temperaturas 17,1 e 27,9°C.

A viabilidade, por sua vez, não foi influenciada pelo teor de proteína bruta da dieta ($p \geq 0,05$). Era esperada maior mortalidade das aves atribuída ao estresse térmico. As altas temperaturas ambientes atuam como agente estressor, ocasionando maior incidência de mortalidade por estresse calórico, mas este fato não ocorreu. Uma das possibilidades consideradas estaria ligada ao fato do menor consumo de ração observado em relação à criação termoneutra e das mudanças comportamentais, atestadas pelo aumento da frequência respiratória, estarem atuando como recursos adaptativos ao estresse, que possibilitaram a maior sobrevivência das aves nestas condições.

4.2.9. Peso relativo de órgãos e gordura abdominal

Os resultados de peso relativo do baço, bursa e timos, estão apresentados na Tabela 38. Não foi observada diferença significativa dos pesos relativos do baço e bursa em relação aos níveis de proteína bruta estudados nas dietas pelo teste F ($p \geq 0,05$). O peso relativo do timo foi influenciado pelo teor de proteína bruta da dieta dos frangos, quando criados em temperaturas de estresse térmico cíclico. Não houve ajuste de equação para nenhum dos pesos relativos dos órgãos linfoides avaliados.

Tabela 38. Peso relativo do baço, bursa e timo, em percentagem, de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta

Nível de PB (%)	Baço (%)	Bursa (%)	Timo (%)
16	0,070 A	0,127 A	0,140 B
18	0,068 A	0,116 A	0,182 AB
20	0,072 A	0,125 A	0,262 A
22	0,085 A	0,127 A	0,223 AB
CV ¹ (%)	29,60	38,61	32,07

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação.

O peso de órgãos linfóides é facilmente medido e reflete a capacidade do organismo de produzir células linfóides durante uma resposta imune (Ribeiro *et al.*, 2008). Os órgãos linfóides, baço e bursa, não foram influenciados pelas dietas. O peso relativo do timo aumentou em função do maior teor de PB da dieta. A ração contendo 20% de proteína bruta resultou em maior peso de timo, comparadas à ração de 16% de PB. Esses resultados diferem parcialmente dos verificados por Rosales *et al.* (1989) e Donker e Beuving (1989) que encontraram atrofia de todos os órgãos linfóides (timo, baço e bursa) em aves sob estresse cíclico por calor. Supondo-se que no calor há maior produção de corticosterona, esperar-se-ia diferença mais consistente no rendimento de todos os órgãos linfóides.

Pela análise de regressão para peso relativo de coração e fígado em função do nível de proteína bruta da dieta, observou-se efeito linear para ambas variáveis, sendo expressas pelas seguintes equações: $\hat{Y} = 0,628846 - 0,00935421x$ ($r^2 = 0,91$; $p = 0,0472$), conforme a Figura 21; $\hat{Y} = 2,30295 - 0,0335024x$ ($r^2 = 0,93$; $p = 0,0383$), conforme a Figura 22, respectivamente. Os maiores teores de PB nas dietas provocaram uma redução linear no peso relativo do coração e fígado. Não houve ajuste de equação para os pesos relativos da moela, intestino e gordura abdominal.

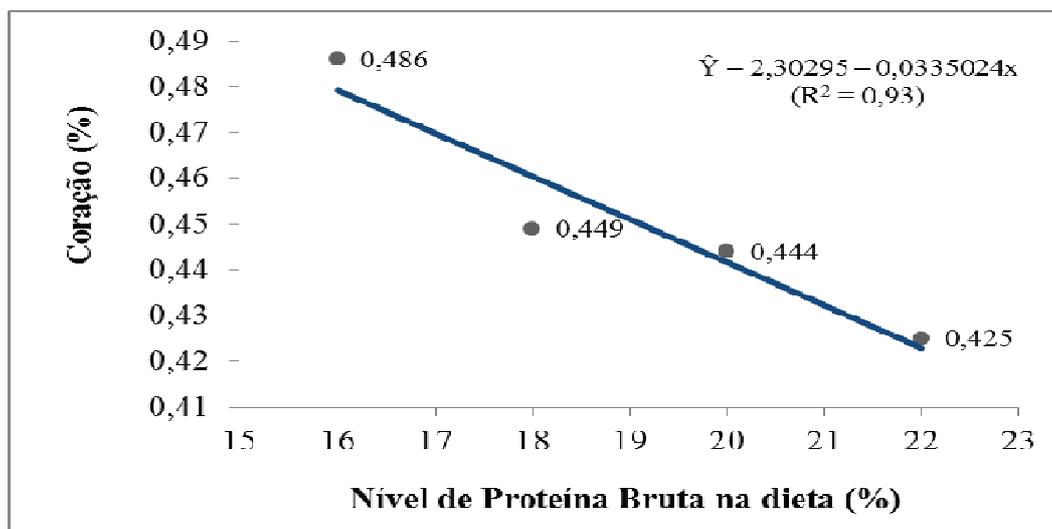


Figura 21. Peso relativo do coração de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína

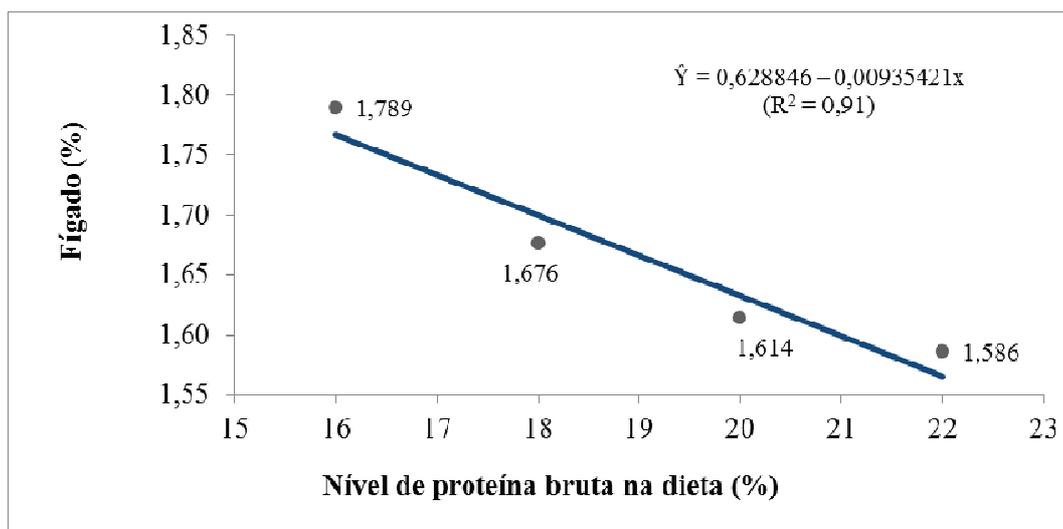


Figura 22. Peso relativo do fígado de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína

A redução e o aumento do tamanho do fígado pode ser ocasionada pela redução e pelo aumento da atividade metabólica. Dessa forma, esta redução no tamanho do fígado das aves submetidas ao calor cíclico, aqui observado, pode ser derivada de uma tentativa das aves de reduzirem o seu metabolismo no estresse. Através do resultado mostrado na Figura 23, quanto maior a densidade proteica da dieta, menor o peso relativo do fígado.

O peso relativo da moela, fígado, coração, intestino e gordura abdominal estão apresentados na Tabela 39. Apenas o peso relativo do intestino, da gordura abdominal e da moela apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

Tabela 39. Peso relativo da moela, fígado, coração, intestino e gordura abdominal (percentagem) de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta

Nível de PB (%)	Moela (%)	Fígado (%)	Coração (%)	Intestino (%)	Gordura abdominal (%)
16	2,409 A	1,789 A	0,486 A	3,690 A	2,367 A
18	2,038 B	1,676 A	0,449 A	2,900 B	1,585 B
20	2,330 AB	1,614 A	0,444 A	3,113 B	1,202 B
22	2,207 AB	1,586 A	0,425 A	2,828 B	1,336 B
CV ¹ (%)	9,83	11,26	11,86	9,52	23,08

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação

Em relação à temperatura de criação, ao se comparar em valores médios absolutos, o peso relativo do coração em condições de estresse por calor acentuado (0,451%) em relação às aves do experimento I, mantidas em condições de conforto térmico (0,559%), apresentaram redução de 19,32% no peso relativo do coração. Essa redução do peso relativo do coração estaria diretamente relacionada com o menor tamanho corporal das aves criadas em altas temperaturas em relação àquelas criadas em ambiente termoneutro.

Estes resultados corroboram com Oliveira Neto *et al.* (2000), que verificaram redução no peso absoluto de coração, fígado, moela, proventrículo, intestino e pulmões e no peso relativo de coração, fígado, moela e intestinos em razão do estresse de calor. Oliveira (2001) considera que a redução do peso das vísceras constitui um ajuste fisiológico das aves ao estresse térmico, pois considerando a influência que órgãos metabolicamente ativos, como fígado e coração, têm sobre a produção de calor e, conseqüentemente, o gasto de energia dos frangos, pode-se deduzir que a exigência de manutenção das aves expostas ao calor é menor que aquela das aves expostas ao frio, pela maior necessidade de produção de calor no frio.

O peso relativo da moela das aves alimentadas com a ração com 16% de PB foi superior ao daquelas alimentadas com a ração com 18% de PB ($p \leq 0,05$) e semelhante às demais. Em relação ao peso relativo do intestino, observou-se que a ração com 16% de PB proporcionou um maior peso de intestino em relação às demais ($p \leq 0,05$). Supõe-se que a maior

digestibilidade da matéria seca (CDMS) encontrada nesta ração pode ter ocasionado um aumento da atividade metabólica intestinal, refletindo no aumento do seu peso. Apesar disto, o CDPB e o CDEE foram inferiores para esta ração, fato que acabou impactando na pior resposta de desempenho observada.

Na Figura 23 está apresentado o efeito quadrático para o peso relativo da gordura abdominal em função dos níveis de proteína na dieta, demonstrado pela equação: $\hat{Y} = 25,3043 - 2,34919x + 0,0572483x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p = 0,0292$). Pela regressão, a menor percentagem de gordura abdominal, dentro dessas condições experimentais, seria obtida utilizando uma dieta com 20,52% de PB e a maior percentagem de gordura abdominal seria proveniente de dietas com teores próximos a 16% de proteína bruta.

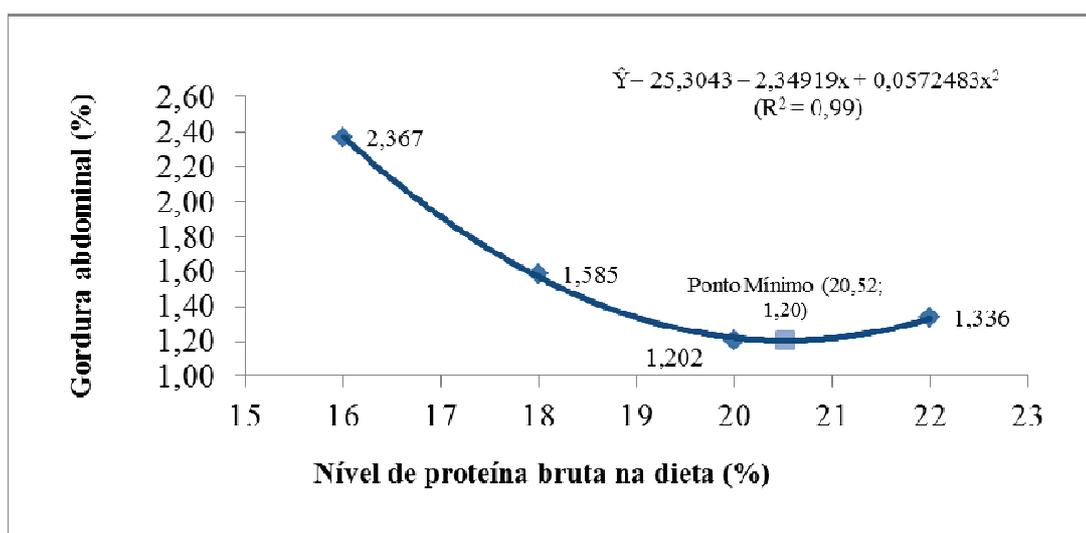


Figura 23. Peso relativo da gordura abdominal em frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína

Shannon e Brown (1969a) relataram que a maior disponibilidade de energia metabolizável poderia resultar em aumento da energia retida como gordura e Geraert *et al.* (1996) complementam que o problema pode ser acentuado em altas temperaturas, uma vez que a percentagem de energia na forma de gordura dietética retida foi maior em frangos submetidos a estresse crônico por calor a 32°C que em frangos submetidos a 22°C. Entretanto, os presentes resultados foram contraditórios as afirmativas de Shannon e Brown (1969a) e Geraert *et al.* (1996), quando se verificou uma redução no conteúdo de gordura abdominal

com o aumento do teor de proteína bruta da dieta e indiretamente da disponibilidade de energia.

De acordo com a Figura 23 e a Tabela 39, a dieta contendo 16% de PB refletiu em maior conteúdo de gordura abdominal quando comparada às demais dietas avaliadas. Este fato foi explicado por Macleod (1997) e Zarate *et al.* (2003) ao afirmarem que a suplementação de aminoácidos em dietas de frangos, acima de valores comerciais, tem pouco efeito sobre a produção de calor, uma vez que o excesso de energia seria mais depositado na forma de gordura que como síntese de proteína. Alleman e Leclercq (1997) também verificaram que em criações de frangos de corte à 32°C, o ganho de peso e o rendimento de peito foram significativamente reduzidos e a gordura abdominal significativamente aumentada com frangos alimentados com a dieta de baixa proteína e suplementada com aminoácidos.

4.2.10. Índice de eficiência produtiva e análise de custos

O índice de eficiência produtiva (IEP) e o custo de ração por quilo de frango de corte vivo criado em estresse térmico cíclico estão apresentados na Figura 24. A análise de regressão para a variável índice de eficiência produtiva demonstrou resposta significativa de efeito linear para o nível de proteína bruta, mensurada a partir da seguinte equação: $\hat{Y} = -33,3516 + 14,9115x$ ($r^2 = 0,98$; $p = 0,0096$), de acordo com a Figura 24. Tanto o IEP quanto o custo de produção de frango vivo foram influenciados pelo teor de proteína bruta da dieta ($p \leq 0,05$) de acordo com a Tabela 40.

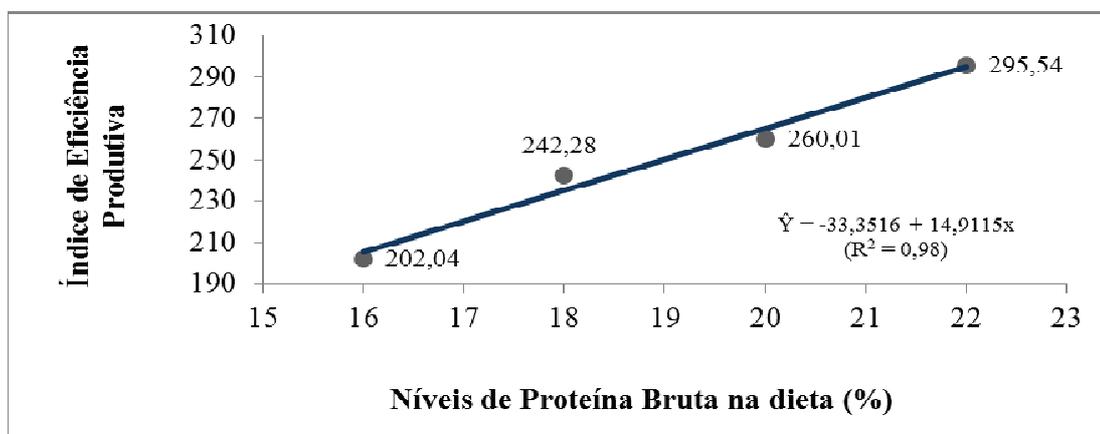


Figura 24. Regressão do índice de eficiência produtiva (IEP) em função do nível de proteína bruta na dieta de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico.

Tabela 40. Índice de eficiência produtiva e custo de ração por quilo de frangos vivo, de 22 a 42 dias de idade, criados em estresse térmico cíclico, em função do nível de proteína bruta na dieta

Níveis PB (%)	IEP	Custo de ração/kg de frango vivo (R\$)
16	202,039 B	2,74 C
18	242,282 AB	2,28 B
20	260,009 AB	1,96 A
22	295,541 A	1,93 A
Média	249,968	2,23
CV ¹ (%)	16,82	4,91

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ¹ CV: coeficiente de variação

Os melhores resultados de IEP e de custo de ração/kg de frango vivo, criados em estresse térmico cíclico foram verificados com as dietas contendo 18%, 20% e 22% de proteína bruta em relação às dietas de 16% de PB. O comportamento destas respostas na criação durante o estresse foi semelhante às respostas em termoneutralidade. O melhor desempenho, baseado nas melhores conversões alimentares e maiores ganhos de peso, uma vez que o consumo de ração e a viabilidade foram semelhantes, refletiram neste resultado. As vantagens nutricionais já discutidas acima, como os melhores CDEE e CDPB e a maior contribuição energética destas dietas, contribuíram para os resultados de desempenho que naturalmente impactaram nestas respostas econômicas. A utilização de rações com mais proteína, 20 ou 22% de PB, foram superiores quanto ao desempenho das aves e favoreceram o custo de produção dos frangos em situação de estresse térmico cíclico de forma suplantarem a utilização da ração de 16% de PB, com redução proteica e suplementada com aminoácidos.

O elevado custo dos aminoácidos sintéticos também pode ter influenciado o custo das rações menos proteicas e com suplementação, o que aumentou o custo de ração/kg de frango vivo. Mas além desse aspecto, o pior resultado de desempenho observado nos frangos de corte para a ração com 16% de proteína bruta, suplementada com aminoácidos, foi decisivo para o aumento dos custos de produção, quando comparados às rações mais proteicas de 20 e 22% de PB, com o mínimo ou nenhuma necessidade de suplementação.

5 CONCLUSÕES

Os níveis de proteína bruta da dieta não influenciaram os parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hematológicos dos frangos de corte submetidos ao estresse por calor.

A exposição ao estresse por calor provocou nos frangos alterações na temperatura retal e frequência respiratória, sugerindo que os mecanismos termorregulatórios não foram suficientes para impedir estas variações. Apesar disso, os resultados bioquímicos e hematológicos encontrados nos permite concluir que as aves buscaram ativar seus mecanismos fisiológicos compensatórios visando uma adaptação à situação de estresse térmico cíclico.

A redução dos níveis de proteína bruta da dieta, de 22% para 16%, com suplementação de aminoácidos, prejudicou a digestibilidade da proteína bruta e do extrato etéreo, diminuindo a disponibilização de energia para a ave, demonstrada através dos piores resultados de ganho de peso e conversão alimentar dos frangos aos 42 dias de idade, tanto em temperaturas termoneutras de 21°C a 25°C, como no estresse cíclico por calor, de 30°C a 34°C. A correção aminoacídica utilizada na ração de 16% de PB, contendo o menor teor de proteína bruta, não foi capaz de refletir o mesmo desempenho nas aves, quando comparadas às dietas com teores de proteína bruta mais elevada para os dois ambientes estudados.

A utilização de dietas com 20 ou 22% de PB mostrou-se uma alternativa economicamente viável para a criação de frangos em crescimento, independente do ambiente de criação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFTAB, U.; ASHRAF, M.; JIANG, Z. Low protein diets for broilers. *World's Poultry Science Journal*, v. 62, n.4, p.688-701, 2006.

AIN BAZIZ, H.A.; GERAERT, P.A.; PADILHA, J.C.F. *et al.* Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poultry Science*, v.75, n.4, p.505-513, 1996.

ALLEMAN, F.; LECLERCQ, B. Effect of dietary protein and environmental temperature on growth performance and water consumption of male broiler chickens. *British Poultry Science*, v.38, n.5, p.607-610, 1997.

ALLEN, S.H.; HOLM, J.L. Lactate: physiology and clinical utility. *Journal Veterinary Emergency and Critical Care*, v.18, n.2, p.123-132, 2008.

ALMEIDA, E. U. *Níveis de lisina digestível e planos de nutrição para frangos de corte machos de 1 a 42 dias de idade*. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Curso de Pós-graduação em Ciência Animal, Centro Universitário de Vila Velha, Vitória, ES.

AMUBODE, F.O.; FETUGA, B.L. The influence of dietary methionine, protein, and energy levels on glutamic-oxalacetate and glutamic-pyruvate transaminase of chicken. *Beiträge zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin*, v.22, n.1, p.193-200, 1984.

ANNISON, G.; MOUGHAN, P.J.; HENDRIKS, W.H. *et al.* The non-starch polysaccharide component of wheat milling by-products. In: *Process Australian Poultry Science Symposium*, 9, 1997, Sydney. University of Sydney, 1997, p.244.

ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, C.S.S. Redução do nível protéico da dieta, através da formulação baseada em aminoácidos digestíveis. *Ciência Rural*, v.34, n.4, p.1197-1201, 2004.

AUSTIC, R.E. Feeding poultry in hot and cold climates. *Stress Physiology in Livestock*, v.3, p.123-136, 1985.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. *Ambiência em edificações rurais – conforto animal*. Viçosa: UFV, 2010. 246p.

BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V. Artíficos biológicos para aliviar o estresse calórico em frangos de corte. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, n.34, p.15-22, 2001.

BALNAVE, D.; OLIVA, A. Responses of finishing broilers at high temperatures to dietary methionine source and supplementation levels. *Australian Journal Agriculture Research*, v.41, n.3, p.557–564, 1990.

BATAL, A.B.; PARSONS, C.M. Effects of age on development of digestive organs and performance of chicks fed a cornsoybean meal versus a crystalline amino acid diet. *Poultry Science*, v.81, n.9, p.1338-1341, 2002.

BELAY, T.; TEETER, R. G. Broiler water balance and thermobalance during termoneutral and high ambient temperature exposure. *Poultry Science*, v.72, n.1, p. 116-124, 1993.

BERMUDEZ, A.J. Principles of diseases prevention: diagnosis and control. In: SAIF, Y.M. *Disease of poultry*. 11 ed. Ames: Iowa State Press, 2003, p.3-55.

BETERCHINI, A.G.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A.E. *et al.* Efeitos da temperatura ambiente e do nível de energia da ração sobre o desempenho e a carcaça de frangos de corte. *Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.20, n.3, p.218-228, 1991a.

BIRKETT, S.; DE LANGE, K. Limitations of conventional models and a conceptual framework for a nutrient flow representation of energy utilization by animals. *British Journal of Nutrition*. v.86, n.6, p.647–659, 2001b.

BLAXTER, K.L. *Energy metabolism in animals and man*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, 336p.

BOLEK, K. J.; PERSIA, M. E. "The effect of chick methionine status on broiler performance and physiological response to acute and chronic heat stress," *Animal Industry Report*, AS 659, ASL R2806, 2013. Disponível em: <http://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol659/iss1/57>. Acessado em: 31/10/2013.

BOOKALLIL, M.J. PH of the blood: acid base balance. 2012. Disponível em: <http://www.anesthesia.med.usyd.edu.au/resources/lectures/acidbase_mjb/acidbase.html>. Acessado em: 26/02/2012.

BORGES, A.B. *Suplementação de cloreto de potássio e bicarbonato de sódio para frangos de corte durante o verão*. Jaboticabal; 1997. 84f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

BORGES, S.A. *Balanço eletrolítico e sua interrelação com o equilíbrio ácido-base em frangos de corte submetidos a estresse calórico*. 2001. 97f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

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

BORGES, S. A.; FISCHER DA SILVA, A.V.; ARIKI, J. *et al.* Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. *Poultry Science*, v.82, n.2, p.428–435, 2003a.

BORGES, S.A.; FISCHER DA SILVA, A.V.; MAIORKA, A. *et al.* Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poultry Science*, v.83, n.9, p.1551–1558, 2004.

BORSA, A. Valores hematológicos em frangos de corte de criação industrial. *Colloquium Agrariae*, v. 5, n.1. 2009, p. 25 – 31.

BOUNOUS, D. I.; STEDMAN, N.L. Normal avian hematology: chicken and turkey. in: feldman, b.f.; zinkl, j.g.; jain, n.c. *schalm's veterinary hematology*. 5.ed, Philadelphia: Williams & Wilkins, 2000, p.1147-1154.

BRAKE, J.; BALNAVE, D.; DIBNER, J.J. Optimum dietary arginine:lysine ratio for broiler chickens is altered during heat stress in association with changes in intestinal uptake and dietary sodium chloride. *British Poultry Science*, v.39, n.5, p.639–647, 1998.

BREGENDAHL, K.; SELL, J.L.; ZIMMERMAN, DR. Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. *Poultry Science*, v.81, n.8, p.1156-1167, 2002.

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. In: BLAXTER, K.L. (Ed.). *Energy metabolism*. London:Academic Press, 1965, p. 441-443.

BROOKS, G.A. The lactate shuttle during exercise and recovery. *Medicine Science in Sports and Exercise*, v. 18, n., 3, p. 360-368, 1986.

BROOKS, G.A. Current concepts in lactate exchange. *Medicine Science in Sports and Exercise*, v. 23, n. 8, p. 895-906,1991.

BUYSE, J; DECUYPERE, E; BERGHMAN, L. *et al.* Effect of dietary protein content on episodic growth hormone secretion and on heat production of male broiler chickens. *British Poultry Science*, v.33, n. 5, p.1101-1109, 1992.

CAMPBELL T.W; COLES, E.H. Avian clinical pathology. In: COLES, EH. *Veterinary clinical pathology*. 4.ed. Philadelphia: WB Saunders, 1986. 279-301p.

CAMPBELL, T.W; DEIN, F.J. Avian hematology: the basics. *Veterinary Clinics of North American: Small Animal Practice*, v.14, n.2, p. 223-48, 1984.

CAMPBELL, T.W. *Avian hematology and cytology*, 2.ed., Ames: Iowa State University, 1995. 104p.

CAMPBELL, T. Blood biochemistry of lower vertebrates. In: *55th Annual Meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP) & 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology (ASVCP)*, 2004. American College of Veterinary Pathologists and American Society for Veterinary Clinical Pathology, Middleton: WI, USA: ACVP e ASVCP (EDS.), 2004.

CARDOSO, A.L.S.P.; TESSARI, E.N.C. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. *Arq. Inst. Biol.*, v.70, n.4, p.419-424, 2003.

CARLSON, G.P. Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In: KANEKI, S. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5.ed. London: Academic Press, 1997. p.52-71.

CARLSON, G.P.; BRUSS, M. Fluid, eletrolyte and acid-base balance. In: KANEKI, J. *Clinical biochemistry of domestic animal*. 6.ed. London: Academic Press, 2008. p.529-559.

CHEN, J.; HAYAT, J.; HUANG, B. *et al.* Responses of broilers at moderate or high temperatures to dietary arginine:lysine ratio and source of supplement methionine activity. *Australian Journal Agriculture Research*, v.54, n.2, p.177-181, 2003.

CHWALIBOG, A. Energetics of animal production. *Acta Agriculture Scandinavica*, v. 41, n.2, p. 147-160, 1991.

CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production the fire of life. *Research School of Animal Nutrition and Physiology*, p.1-23, 2004.

COLES, E.H. Liver function: veterinary clinical pathology. 2.ed. Philadelphia: Saunders, 1974. 165p.

DAY, T.K. Blood gas analysis. *Veterinary Clinical of North American: Small Animal Practice.*, v.32, n.5, p.1031-1048. 2002.

DeGROOTE, G. A comparison of a new net energy system with the metabolisable energy system in broiler diet formulation, performance and profitability. *British Poultry Science*, v.15, n.1, p.75 – 77, 1974.

DE LANGE, C. F. M.; VAN MILGEN J.; NOBLET, J. *et al.* Previous feeding level influences fasting heat production in growing pigs. *Journal Animal Science*, v.80, n.6, supl.01, p.158, 2002.

DIBARTOLA, S.P. *Anormalidades de fluidos, eletrólitos e equilíbrio ácido-básico na clínica de pequenos animais*. 3. ed. São Paulo: Roca, 2007. 664p.

DONIN, D.S.; HEINEMANN, R.; MOREIRA, N. Estresse térmico e suas conseqüências sobre as características do sêmen de machos suínos. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.31, n.4, p. 456-461, 2007.

DONKER, R.A.; BEUVING, G. Effect of corticosterone infusion on plasma corticosterone concentration, antibody production, circulating leukocytes and growth in chicken lines selected for humoral immune responsiveness. *British Poultry Science*, v.30, n.3, p.361-369, 1989.

DRAGE, S.; WILKINSON, D. Acid-base balance. *Pharmacology*, v.3., n.12, p.1-13, 2001.

DUNCAN, J. Bioquímica clínica. In: *Manual de patología clínica em pequenos animais*. Barcelona, España: Ed. Harcourt, 2000, p.83-115.

EMMANS, G. C. Effective energy: a concept of energy utilisation applied across species. *British Poultry Science*, v.71, n.6, p.801 – 821, 1994.

ESTATÍSTICAS da produção. ABEF, 2014. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br>. Acessado em: 25/02/2014.

FARIA FILHO, D.E. *Efeito de dietas com baixo teor protéico, formuladas usando o conceito de proteína ideal, para frangos de corte criados em temperaturas fria, termoneutra e quente.* 2003. 93f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

FARIA FILHO D.E.; ROSA, P.S.; Vieira, B.S. *et al.* Protein levels and environmental temperature effects on carcass characteristics, performance, and nitrogen excretion of broiler chickens from 7 to 21 days of age. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.7, n.4., p.247-253, 2005.

FARIA FILHO D.E.; ROSA, P.S.; FIGUEIREDO, D.F. *et al.* Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n. 1, p.101-106, 2006.

FERREIRA, R.A. *Efeitos do clima sobre a nutrição de suínos.* Concórdia: 2000. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/abrades-sc/pdf/Memorias2000/1_RonyFerreira.pdf>. Acessado em: 24/06/2010.

FERREIRA NETO, J.M.; VIANA, E.S.; MAGALHÃES, L.M. *Patologia clínica veterinária.* Belo Horizonte: Rabelo e Brasil, 1978. 293p.

FISHER, C.; WILSON, B.J. Response to dietary energy concentration by growing chickens, In: MORRIS, T.R.; FREEMAN, B.M. (EDS). *Energy requirements of poultry*, (Edinburgh, British Poultry Science Ltda, 1974. p.151-184.

FURLAN, C; MACARI, M.; MORAES, V.M.B. *et al.* Alterações hematológicas e gasométricas em diferentes linhagens de frangos de corte submetidos ao estresse calórico agudo. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.1, n.1, p. 77 - 84,1999.

FURLAN, R.L.; CARVALHO, N.C.; MALHEIROS, E.B. *et al.* Efeitos da restrição alimentar inicial e da temperatura ambiente sobre o desenvolvimento de vísceras e ganho compensatório em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.53, n.4, p.1-7, 2001.

FURLAN, R.L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2.ed. Jaboticabal: FUNESP, 2002. p.209-230.

FURLAN R.L.; FARIA FILHO, D.E.; ROSA, P.S. *et al.* Does low-protein diet improve broiler performance under heat stress conditions? *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.6, n.2, p.71–79, 2004.

GERAERT, P. A.; PADILHA J.C.F.; GUILLAUMIN S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: Growth performance, body composition and energy retention. *British Journal of Nutrition*, v.75, n.2, p.195–204, 1996.

GERBER, L.F.P; PENZ, A.M.; RIBEIRO, A.M.L.. Efeito da composição do farelo de soja sobre o desempenho e o metabolismo de frangos de corte. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.35, n.4, p.1359-1365, 2006.

GOMES, O.M. *Interpretação clínica das alterações ácido-básicas e distúrbio da oxigenação*. Belo Horizonte: Edictor, 1997, 254p.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. *Introdução à bioquímica clínica veterinária*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 220p.

GONZÁLEZ, F; SILVA, S. *Introdução à bioquímica clínica veterinária*. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Effects of acute versus chronic heat stress on broiler response to dietary protein. *Poultry Science*, v.84, n.10, p.1562–1569, 2005.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Effect of arginine:lysine ratio and source of methionine on growth and body protein accretion in acutely and chronically heat-stressed broilers. *Poultry Science*, v.85, n.9, p.1594–1602, 2006.

GOUS, R.M.; MORRIS, T.R. Nutritional interventions in alleviating the effects of high temperatures in broiler production. *World's Poultry Science Journal*, v. 61, n.3, p.463-475, 2005.

GUAHYBA, A. S. Causas e consequências do estresse na produção comercial de aves. In: *IX Semana Acadêmica da Medicina Veterinária da UFSM*, 2000. Santa Maria. *Anais...*Santa Maria, RS, 2000.

HAI, L.; RONG, D.; ZHANG, D.Z.Y. *et al.* The effect of thermal environment on the digestion of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Verlag, v.83, n.1, p.57-64, 2000.

HAN, Y.; SUZUKI, H.; PARSONS, C.M. *et al.* Amino acid fortification of a low-protein corn and soybean meal diet for chicks. *Poultry Science*, v.71, n.7, p.1168-1178, 1992.

HARRISON, P.C.; BIELLIER, H.V. Physiological response of domestic fowl to abrupt changes of ambient air temperature. *Poultry Science*, v.48, n.3, p.1034-1045, 1968.

HARMON, B.G. Avian heterofilis in inflammation and disease resistance. *Poultry Science*, v.77, n. 1, p.972-977, 1998.

HOFFMAN, A.; VOLKER, J. *Anatomia e fisiologia de las aves domésticas*. Zaragoza: Acribia, 1969. 190p.

JAIN, N.C. *Essentials of veterinary hematology*. Philadelphia: Lea e Febiger, 1993.

JONHSON, P.J.; MORAIS, H.A. Distúrbios ácido-básicos respiratórios. In: DIBARTOLA, S.P. *Anormalidades de fluídos, eletrólitos e equilíbrio ácido-básico na clínica de pequenos animais*. 3. ed. São Paulo: Roca, 2007. p.270-282.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 9.ed., Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan S.A., 1999. 727p.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M. L. *Clinical biochemistry of domestic animals*, 6.ed. Elsevier Inc., 2008, 918p.

KAMRAN, Z.; MIRZA, A.; AHSAN-ULHAQ; MAHMOOD, S. Effect of decreasing dietary protein levels with optimal amino acids profile on the performance of broilers. *Pakistan Veterinary Journal*, v.24, n.4, p.302-312, 2004.

KAMRAN, Z.; SARWAR, M.; NISA, M. *et al.* Effect of low-protein diets having constant energy-to-protein ratio on performance and carcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-five days of age. *Poultry Science*, v.87, n.3, p.468-474, 2008.

KASSIM, H.; SYKES, A.H. The respiratory responses of the fowl to hot climates: *The of Journal of Experimental Biology*, v.97, n.1, p.301-309, 1982.

KERR, M.G. *Veterinary laboratory medicine: biochemistry and haematology*. 2.ed., Oxford: Blackwell Science, 2002, 386p.

KIELANOWSKI, J. Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals. *Energy Metabolism*, v.13, p.121, 1965.

KLASING, K. C.; LAURIN D.E.; FRY, D.M. Immunologically mediated growth depression in chicks: Influence of feed intake, corticosterone and interleukin-1. *Journal Nutrition*, v.117, n.9, p.1629–1637, 1987.

KOH, K.; MACLEOD, M.G. Circadian variation in heat production and respiratory quotient in growing broilers maintained at different food intakes and ambient temperatures. *British Poultry Science*, v. 40, n.3, p. 353-356, 1999.

KORTE, S. M.; A. SGOIFO; W. RUESINK. *et al.* High carbon dioxide tension (PCO₂) and the incidence of cardiac arrhythmias in rapidly growing broiler chickens. *The Veterinary Record*, v.145, n.2, p.40–43, 1999.

LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; GONZÁLEZ, F.H.D. *et al.* Níveis dietéticos de proteína e gordura e parâmetros bioquímicos, hematológicos e empenamento em frangos de corte estressados pelo calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.1783-1790, 2007.

LANA, G.R.Q.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. *et al.* Efeito da temperatura ambiente e restrição alimentar sobre o desempenho e a composição da carcaça de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n.4, p.1117-1123, 2000.

LANDERS, K.L.; MOORE, R.W.; DUNKLEY, C.S. *et al.* Immunological cell and serum metabolite response of 60-week-old commercial laying hens to an alfalfa meal molt diet, *Bioresource Technology*, v.99, n.3, p.604-608, 2008.

LARA L.J.C. *Efeitos do processamento da ração e da linhagem sobre os valores energéticos e desempenho de frangos de corte.* 2007. 52f. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Energy utilization of low protein diets in growing pigs. *Journal of Animal Science*, v.79, n.5, p.1259-1271, 2001.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D.; CASTON, L.J. Net energy to improve pullet growth with low protein amino acid-fortified diets. *Journal of Applied Poultry Research*, v.9, n. 3, p.384-392, 2000.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Nutrition of the chicken.* 4.ed. Ontario: University Books, 2001. 413p.

LONGO, F.A.; SAKOMURA, N.K.; RABELLO, C.B.V. *et al.* Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35. p.119-125, 2006.

LUFT, F.C. Lactic acidosis update for critical care clinicians. *Journal of the American Society of Nephrology*, v.12 supl.1, p.15-19, 2001.

LUMEIJ, J.T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5.ed. San Diego, Academic Press, 1997. 932p.

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

MACARI, M.; FURLAN, R.L. Ambiência na produção de aves de corte. In: SILVA, I.J.O. (Ed.). *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, 2001. v.1, p.31-87.

MACARI, M.; LUQUETTI, B.C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Eds.) *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2.ed. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2002. p.17-36.

MACLEOD, M.G. Effects of amino acid balance and energy: protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. *British Poultry Science*, v.38, n.4, p.405-411, 1997.

MARZZOCO, A.; TORRES, B.B. *Bioquímica básica*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1999. 360p.

MATSUZAWA, T. Changes in blood components and organ weights in growing White Leghorn chicks. *Growth*, v.45, n.3, p.188-197, 1981.

MATTERSON, L.D. The metabolizable energy of feeds ingredients for chickens. Connecticut: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p. (Research Report, 7).

McNAUGHTON, J. L.; REECE, F.N. Factors affecting pelleting response 1. Influence of dietary energy in broiler starter diets. *Poultry Science*, v.63, n.4, p.682-685, 1984.

MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M. *et al.* Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, v.13, n.4, p. 277-286, 2005.

MELLO, M. A.; LUCIANO, E. Efeitos bioquímicos da ingestão de carboidrato líquido durante o exercício aeróbio em ratos recuperados de desnutrição. *Revista Paranaense de Educação Física*, v.1, p.7-14, 2000.

MENDES, A.A.; WATKINS, S.E.; ENGLAND, J.K. *et al.* Influence of dietary lysine levels and arginine: lysine ratio on performance of broilers exposed to heat or cold stress during the period of three to six weeks of age. *Poultry Science*, v.76, n.3, p.472-481, 1997.

MICKLEBERRY, W.C.; ROGLER, J.C.; STADELMAN, W.J. The influence of dietary fat and environmental temperature upon chick growth and carcass composition. *Poultry Science*, v.45, n.2, p.313-321, 1966.

MIRAGLIOTTA, M.Y.; NÄÄS, I. DE A.; MANZIONE, R.L. *et al.* Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. *Scientia Agrícola*, v.63, n.5, p.426-432, 2006.

MOEHN, S.; ATAKORA, J.; BALL, R.O. Using net energy for diet formulation: potential for the canadian pig industry. *Advances in Pork Production*, v. 16, p.119-129, 2005.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. *Process Nutrition Society*, v.40, p.285-294, 1981.

MORGULIS, M.S. Imunologia aplicada. In: MACARI, M.; FURLAN, R.I.; GONZALES, E. (Eds). *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.248-316.

MOURA, D.J. Ambiência na produção de aves de corte. In: SBEA. AMBIÊNCIA na produção de aves em clima tropical. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2001.v.2, p.75-149.

MUSHARAF, N.A.; LATSHAW, J.D. Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. *World's Poultry Science Journal*, v.55, n.3, p. 233–240, 1999.

NELSON, D. L.; COX, M.M. *Lehninger principles of biochemistry*. New York: Worth Publishers, 2000.

NEWMAN, R. E.; BRYDEN, W.E.; E. FLECK, E. *et al.* Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: Metabolism and abdominal fat deposition. *British Journal of Nutrition*, v.88, n.1, p.11–18, 2002.

NIETO, R.; PRIETO, C.; FERNANDEZ-FÍGARES, I.; AGUILERA, J.F. Effect of dietary protein quality on energy metabolism in growing chicken. *British Journal of Nutrition*, v. 74, n.2, p.163-172, 1995.

NIETO R.; AGUILERA J.F.; FERNANDEZ-FIGARES I. *et al.* Effect of a low protein diet on the energy metabolism of growing chickens. *Archives of Animal Nutrition*, v.50, n.2, p.105-119, 1997.

NOBLET, J.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN, J. *et al.* Heat production in broilers is not affected by dietary crude protein. In: ENERGY and protein metabolism nutrition. Wageningen Academic Publishers The Netherlands, 2007. p.479-480.

NOBLET, J.; ETIENNE, M. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in pregnant sows. *Livestock Production Science*, v.16, n.3, p.243-257, 1987b.

NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X.S. *et al.* Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of Animal Science*, v.72, n.2, p.344-354, 1994.

NUTRIENT requirement of poultry. 4 ed. Washington, D.C : National Academy Press, 1994.

OFFICIAL methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16ed. Washington DC: AOAC, 1995.

OGBE, A.O.; MGBOJIKWE, L.O.; ABDU, P.A.; ATAWODI, S.E. Organ and carcass weight.

OLANREWAJU, H.A.; PURSWELL, L.; D. COLLIE, D. *et al.* Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. *Poultry Science*, v.89, n.12, p.2668–2677, 2010.

OLANREWAJU, H.A.; THAXTON, J.P.; DOZIER III, W.A. *et al.* Electrolyte diets, stress, and acid-base balance in broiler chickens. *Poultry Science*, v.86, n.07, p.1363-1371, 2007.

OLANREWAJU, H.A.; WONGPICHET, S.; THAXTON, J.P. *et al.* Stress and acid-base balance in chickens. *Poultry Science*, v.85, n.7, p.1266–1274, 2006.

OLIVEIRA, G.A. *Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade.* 2001. 26f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA NETO, A. R.; OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J. *et al.* Níveis de energia metabolizável para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em condições de estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.5, p.1054-1062, 1999.

OLIVEIRA NETO, A. R.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. *et al.* Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dieta controlada e dois níveis de energia metabolizável. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.1, p.183-190, 2000.

OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. *et al.* Níveis de metionina + cistina total para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1359-1364, 2007.

OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, W.P. Aminoácidos para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, supl. esp., p.205-208, 2009.

OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T. *et al.* Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

OLIVEIRA, W.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. *et al.* Níveis de proteína bruta com suplementação de aminoácidos na ração de frangos de corte submetidos ao estresse de calor. In: *44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2007, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: UNESP: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007.

OLIVEIRA, W.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. *et al.* Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.5, p.1092-1098, 2010.

OLIVEIRA, W.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. *et al.* Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de termoneutralidade. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, v.40, n.8, 2011.

PARR, J.F.; SUMMERS, J.D. The effect of minimizing aminoacid excess in broiler. *Disease Science*, v.70, n.7, p.1540-1549, 1991.

PATIENCE, J.F. A review of the role acid-base balance in amino acid nutrition. *Journal of Animal Science*, v.68, n.7, p.398-408, 1990.

PENZ JÚNIOR, A.M.; KESSLER, A.M.; BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. In: *Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves*, 1999, Campinas. *Anais...* Campinas: Facta, 1999. p. 1-24.

PEREIRA, D.F. *et al.* Determinação de um padrão de uso de bebedouro em função da temperatura para matrizes pesadas. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas/SP, Suplemento 4, p.79, 2002.

PEREIRA, D.F. Ambiência em frangos de corte. In: *Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas*, 2011, Santos: Associação Brasileira de Produtores de Pinto de Corte, 2002.

PINCHASOV, Y.; MENDONÇA, C.X.; JENSEN, L.S. Broiler chick response to low protein diets supplemented with synthetic amino acids. *Poultry Science*, v.69; n.11, p.1950-1955, 1990.

PONCIANO, P.F.; LOPES, M.A.; YANAGI JUNIOR, T. *et al.* Análise do ambiente para frangos por meio da lógica *Fuzzy*: Uma Revisão. *Archives of Zootechnia*, v.60, p.1-13, 2011.

PUVADOLPIROD, S.; THAXTON, J.P. Model of physiological stress in chickens 1. Response parameters. *Poultry Science*, v.79, n.4, p.363-369, 2000.

QUINIOU, N.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Effect of dietary crude protein level on protein and energy balances in growing pigs: Comparison of two measurement methods. *Livestock Production Science*. v.41, n.1, p.51-61, 1995.

QUINTEIRO-FILHO, W.M.; RIBEIRO, A.; PAULA, V.F. *et al.* Effect estresse of it thermal on the indices of performance, the intestinal integrity and the activity of macrophages in broiler chickens. *Poultry Science*, v.89, p.1905-1914, 2010.

REGINATTO, M.F.; RIBEIRO, A.M.; PENZ JR, A.M. *et al.* Efeito da relação energia:proteína sobre o desempenho e a composição de carcaça na fase de crescimento de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.2, n.3, p.229-233, 2000.

REVIDATTI, F.A.; FERNANDEZ, R.J.; TERRAES, J.C. *et al.* Modificaciones del peso corporal y indicadores de estrés em pollos parrilleros sometidos a inmovilización y volteo. *Revista Veterinaria Argentina*, v.12, n.1, p.11-14, 2002.

RIBEIRO, A.M.L.; VOGT, L.K.; CANAL, C. *et al.* Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootechnia*, v.37, n.4, p. 636-644, 2008.

RIGUEIRA, L.C.M.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CARVALHO, D.C.O. *et al.* Aplicação do conceito de proteína ideal em dietas com diferentes níveis protéicos para frangos de corte no período de 21 a 35 dias de idade. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 43, 2006, João Pessoa, *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.

ROCHA, P.T.; STRINGHINI, J.H.; ANDRADE, M.A.; LEANDRO, N.S.M. *et al.* Desempenho de frangos de corte alimentados com rações pré-iniciais contendo diferentes níveis de proteína bruta e energia metabolizável. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.1, p.162-170, 2003.

RODRIGUES, K.F.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T. *et al.* Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes relações lisina digestível: proteína bruta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.4, p. 645-652, 2008.

ROSALES, A.G.; VILLEGAS, P.; LUKERT, P.D. *et al.* Isolation, identification and pathogenicity of two field strains of infectious Bursal virus. *Avian Disease*, v.33, n.1, p.35-41, 1989.

ROSÁRIO, M.F.; SILVA, M.A.N.; MARTINS, E.; *et al.* Influência do genótipo e do sexo sobre o valor do hematócrito em galinhas reprodutoras pesadas. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.2, n.3, p.281-286, 2000.

ROSE, S.P.; UDDIN, M.S. Effect of temperature on the response of broiler chickens to dietary lysine balance. *British Poultry Science*, v.38, supplement., p.536-537, 1997.

ROSS, J.G.; CHRISTIE, G.; HALLIDAYM, W.G.F. *et al.* Hematological and blood chemistry “comparison values” for clinical pathology in poultry. *Veterinary Record*, v.102, n.2, p.29-31, 1978.

ROSTAGNO, H.S.; VARGAS Jr., J.G.; ALBINO, L.F.T. *et al.* Níveis de proteína e de aminoácidos em dietas de pinto de corte. In: *Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas*, 2002, Campinas. *Anais...* Campinas: Associação Brasileira de Produtores de Pinto de Corte, 2002.

ROSTAGNO, H.S. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 186p.

ROTH, F. X.; GOTTERBARM, G.G; WINDISCH, W. *et al.* Influence of dietary level of dispensable amino acids on nitrogen balance and whole-body protein turnover in growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.81, n.4, p.232–238, 1999.

SABINO, H.F.N.; SAKOMURA, N.K.; NEME, R.; FREITAS, E.R. Níveis protéicos na ração de frangos de corte na fase de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.5, p.407-412, 2004.

SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; RABELLO, C.B.V. *et al.* Efeito do nível de energia metabolizável da ração no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1758-1767, 2004.

SAKOMURA, N.K; R, SILVA. Conceitos aplicados à nutrição de não ruminantes. *Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG*, n.22, 1998, p. 125-146.

SALVADOR, D.; AKIKI, J.; BORGES, S.A. *et al.* Suplementação de bicarbonato de sódio na ração e na água de bebida de frangos de corte submetidos ao estresse calórico. *ARS Veterinária*, v.15, n.2, p.144-148, 1999.

SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. 2.ed., Belo Horizonte: FEPMVZ, 2007. 244p.

SANDERCOCK, D.A.; HUNTER, R.R.; NUTE, G.R. *et al.* Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler

chickens at two ages: implications for meat quality. *Poultry Science*, v.80, n.4, p.418–425, 2001.

SCHMIDT, E; LOCATELLI -DITTRICH, R; SANTIN, E; PAULILLO, A. Patologia clínica em aves de produção: uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola – revisão. *Archives of Veterinary Science*, v 12, n.3, p.9-20, 2007.

SCHMIDT, E.M.S.; PAULILLO, A.C.; SANTIN, E. *et al.* Hematological and serum chemistry values for the ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*): variation with sex and age. *International Journal Poultry Science*, v. 6, n.2, p. 137-139, 2007.

SEVEGNANI, K. B.; CAROR, I.W.; PANADORFI, H. *et al.* Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.1, p.115-119, 2005.

SHANNON, D.W.F.; BROWN, W.O. Calorimetric studies on the effect of dietary energy source and environmental temperature on the metabolic efficiency of energy utilization by mature Light Sussex cockerels. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.72, n.3, p.479–489, 1969.

SIBBALD, J.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. *Canadian Journal Animal Science*, v.62, n.4, p. 983-1048, 1982.

SIEGEL, H. S. Physiological stress in birds. *Bioscience*, v.30, n.8, p.529–533, 1980.

SILVA, M.A.N.; SILVA, I.J.O.; PIEDADE, S.M.S. *et al.* Resistência ao estresse calórico em frangos de corte de pescoço pelado. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.3, n.1, p.27-33, 2001.

SILVA, M.A.N.; ROSÁRIO, M.F.; HELLMEISTER FILHO, P. *et al.* Influência do sistema de criação sobre o desempenho, a condição fisiológica e o comportamento de linhagens de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.1, p.208-213, 2003.

SILVA, Y.L.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; BETERCHINI, A.G. *et al.* Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p. 840-848, 2006.

SILVA, E.P.; CARLOS B. V. RABELLO, C.B.V.; LIRA, R.C. *et al.* Estimativas das perdas endógenas e metabólicas em frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.1, n.3, p.115-121, 2006.

SIQUEIRA, J.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J. L. *et al.* Níveis de lisina digestível da ração e temperatura ambiente para frangos de corte em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.2054-2062, 2007.

SISTEMA para Análises Estatísticas - SAEG, Versão 9.1. Viçosa, MG: UFV, 2007.

SKLAN, D.; PLAVINIK, I. Interactions between dietary crude protein and essential amino acid intake on performance in broilers. *British Poultry Science*, v.43, n.3, p.442-449, 2002.

SOUZA, B.B. Efeito da suplementação de cloreto de potássio na dieta sobre o equilíbrio ácido básico no desempenho de frangos de corte no verão. *Revista Ciência Agrotécnica*, v.26, n.6, p.1297- 1304, 2002.

STRINGHINI, J.H.; CRUZ, C.P.; THON, M.S. *et al.* Níveis de arginina e lisina digestíveis na dieta de frangos de corte na fase pré- inicial . *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1083-1089, 2007.

SWENSON, M.J.; REECE, W.O. DUKES. *Fisiologia dos animais domésticos*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996. 856p.

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

TEMIM S.; CHAGNEAU A.M.; GUILLAUMIN S. *et al.* Effects of chronic heat exposure and protein intake on growth performance, nitrogen retention and muscle development in broiler chickens. *Reproduction, Nutrition Development*, v.39, n.1, p.145-156, 1999.

TEMIM S.; CHAGNEAU A.M.; GUILLAUMIN S. *et al.* Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat-exposed chickens. *Poultry Science*, v.79, n. 3, p.312-317, 2000.

THRALL, M.A.; WEISER, G.; ALLISON, R.W.; CAMPBELL, T.W. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2012. 776p.

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

URDANETA-RINCON, M.; LEESON, S. Quantitative and qualitative feed restriction on growth characteristics of male broiler chickens. *Poultry Science*, v.81, n.5, p.679-688, 2002.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J.; DUBOIS, S. *et al.* Dynamic aspects of oxygen consumption and carbon dioxide production in swine. *British Journal of Nutrition*, v.78, n.3, p.397-410, 1997.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Modelling energy expenditure in pigs. J. P. MCNAMARA, J. FRANCE, and D. E. BEEVER (ed). In: *Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals*. Oxon, U.K: CAB International, 2000. p. 103-114.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J.; DUBOIS, S. Energetic efficiency of starch, protein, and lipid utilization in growing pigs. *Journal Nutrition*, v.131, n.4, p.1309-1318, 2001.

VAN MILGEN, J., QUINIQU, N.; NOBLET, J. Modelling the relation between energy intake and protein and lipid deposition in growing pigs. *Animal Science*, v.71, n.1, p.119-130, 2000.

VASCONCELLOS, C.H.F. *Redução do teor de proteína bruta em dietas suplementares ou não com l-glicina para frangos de corte*. 2009. 134f. Tese (Doutorado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; LARA, L.J.C. *et al.* Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, n.3, p.659-669, 2011.

VIEIRA, S.L.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M. *et al.* Utilização da energia de dietas para frangos de corte formuladas com óleo ácido de soja. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.4, n.2, p.127-139, 2002.

VIRDEN, W. S.; LILBURN, M.S.; THAXTON, J.P. *et al.* The effect of corticosterone-induced stress on amino acid digestibility in Ross broilers. *Poultry Science*, v.86, n.2, p.338-342, 2007.

WOLYNETZ, M.N.; SIBBALD, I.R. Relationships between apparent and true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. *Poultry Science*, v.63, n.7, p.1386-1399, 1984.

ZARATE A.J.; MORAN E.T.; BURNHAM, D.J. Exceeding essential amino acid requirements and improving their balance as a means to minimize heat stress in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, v.12, n.1, p.33-44, 2003.