

ANNA ROSA CHAGAS ABREU

NÍVEIS DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS EM DIETAS PARA FRANGOS DE
CORTE FÊMEAS ABATIDOS EM DIFERENTES IDADES

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em
Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade
Federal de Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Nutrição de Não Ruminantes

Prof. Orientador: Leonardo José Camargos Lara

Prof. Coorientador: Nelson Carneiro Baião

BELO HORIZONTE

2019

A162n Abreu, Anna Rosa Chagas, 1987-
Níveis de proteína e aminoácidos em dietas para frangos de corte fêmeas abatidos em diferentes idades / Anna Rosa Chagas Abreu. – 2019.
79 p. : il.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara

Coorientador: Nelson Carneiro Baião

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.

Inclui bibliografia

I. Frango de corte – Alimentação e rações – Teses. 2. Proteínas na nutrição animal – Teses. 3. Aminoácidos na nutrição animal – Teses. 4. Dieta em veterinária – Teses. 5. Desempenho produtivo – Teses. I. Lara, Leonardo José Camargos. II. Baião, Nelson Carneiro. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. IV. Título.

CDD – 636.513 085

Tese defendida e aprovada em 22/02/2019, pela comissão examinadora constituída por:



Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

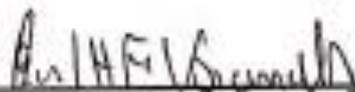
(Orientador)



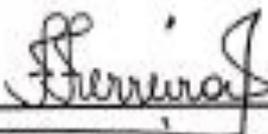
Prof. Dr. Itallo Coimbra Sousa de Araújo



Prof. Dr. Dalton de Oliveira Fontes



Prof. Dr. Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcellos



Profa. Dra. Fabiana Ferreira

“Obstáculos são aqueles perigos que você vê quando desvia os olhos do seu objetivo”

Henry Ford

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos (*in memoriam*) e Myriam.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	09
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Proteínas e aminoácidos: digestão, absorção e metabolismo	13
2.1.1. Proteínas e aminoácidos	13
2.1.2. Digestão e metabolismo de proteínas nas aves	13
2.1.3. Formulações baseadas no conceito de proteína bruta para frangos de corte.	16
2.1.4. Formulações baseadas no conceito de proteína ideal para frangos de corte..	17
2.2. Lipídios: digestão, absorção e metabolismo	25
2.2.1. Lipídios	25
2.2.2. Digestão e metabolismo de lipídios nas aves	26
2.3. Mecanismos práticos envolvidos na manipulação proteica para aves	28
2.4. Miopatias em frangos de corte	30
2.4.1. Classificação das miopatias	31
2.4.2. Miopatias e nutrição	34
2.5. Parâmetros bioquímicos sorológicos em frangos de corte	35
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
4. CAPÍTULO 1: Efeito da idade, manipulações proteicas e aminoacídicas sobre a metabolizabilidade dos nutrientes custos e desempenho de frangos de corte	49
RESUMO	50
INTRODUÇÃO	51
MATERIAL E MÉTODOS	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	65
5. CAPÍTULO 2: Efeito da idade de abate, manipulações proteica e aminoacídica sobre miopatias e rendimento de carcaça de frangos de corte	68
RESUMO	69
INTRODUÇÃO	70
MATERIAL E MÉTODOS	71
RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS	85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1	Composição percentual das rações experimentais.....	45
Tabela 2	Valores nutricionais calculados das rações experimentais.....	46
Tabela 3	Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca CMMS (%), proteína bruta CMPB (%), extrato etéreo CMEE (%), excreção de nitrogênio EM (g/kg), energia metabolizável aparente EMA (kcal/kg) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio EMAn (kcal/kg) na matéria natural para frangos de corte fêmeas de acordo com os tratamentos.....	49
Tabela 4	Valores das médias do peso inicial aos 21 dias PI(kg), consumo de ração CR (kg), ganho de peso GP (kg), conversão alimentar CA (kg/kg), viabilidade VIA (%), índice de eficiência produtiva IEP, eficiência econômica entre as rações EER (R\$/kg) e índice de eficiência econômica IEE (%) de frangos de corte fêmeas de acordo com as rações e as idades.....	53

CAPÍTULO II

Tabela 1	Composição percentual das rações experimentais.....	63
Tabela 2	Valores nutricionais calculados das rações experimentais.....	64
Tabela 3	Valores médios do rendimento de carcaça (%), peito (%) e coxas + sobrecoxas (%) de acordo com os tratamentos e com as idades de frangos de corte fêmeas	68
Tabela 4	Médias dos escores de estria branca no músculo <i>Pectoralis major</i> de frangos de corte fêmeas de acordo com os tratamentos e as idades.....	69
Tabela 5	Estudo de frequência de peito amadeirado no músculo <i>Pectoralis major</i> em frangos de corte fêmeas de acordo com os tratamentos e as idades.....	71
Tabela 6	Valores médios da dosagem de glicose Glic (g/dL), colesterol total Col (g/dL), triglicérides total TG (g/dL), HDL (g/dL), LDL (g/dL), VLDL (g/dL), proteínas totais Ptna (g/dL), albumina (g/dL), lipase Lip (g/dL) e amilase (g/dL) no soro de frangos de corte fêmeas de acordo com os tratamentos e as idades.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS

Aa – aminoácidos

ALB - albumina

CMEE – coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo

CMMS – coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca

CMPB – coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta

COL – colesterol

EMA – energia metabolizável aparente

EMAn – energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio

EN – excreção de nitrogênio

GLIC - glicose

PB – proteína bruta

PTN - proteína

TRIG - triglicerídeos

RESUMO GERAL

Foram utilizados 390 frangos de corte fêmeas com 21 dias de idade para avaliar o efeito de cinco manipulações proteicas na ração (19P – 19% de proteína; 21P – 21% de proteína; 19E – 19% de proteína; 21E – 21% de proteína; 19E+Aa - 19% de proteína) e duas idades de abate (38 e 46 dias). Obteve-se dados de metabolizabilidade dos nutrientes, desempenho, rendimento de carcaça e cortes, miopatias, perfil bioquímico sérico e custos de produção. O delineamento foi inteiramente ao acaso (DIC) com cinco tratamentos (rações) e seis repetições para metabolizabilidade dos nutrientes; DIC em esquema fatorial (5 rações x 2 idades) para desempenho, rendimento de carcaça e cortes, miopatias e custos de produção; e DIC em parcelas subdivididas para perfil bioquímico sérico. Pior metabolizabilidade da matéria seca foi encontrada no tratamento 21E ($p \leq 0,05$). O tratamento 19E+Aa melhorou a utilização da proteína e reduziu a excreção de nitrogênio ($p \leq 0,05$). Os tratamentos 19E, 21E e 19E+Aa melhoraram a metabolizabilidade do extrato etéreo ($p \leq 0,05$). Menor valor de energia metabolizável foi observado no tratamento 21P ($p \leq 0,05$). Não houve interação entre ração e idade para nenhuma das variáveis ($p > 0,05$). O tratamento 19P aumentou o consumo de ração ($p \leq 0,05$), além disso, maiores consumos de ração e ganho de peso foram observados aos 44 dias do que com 37 dias ($p \leq 0,05$). O tratamento 19P piorou a conversão alimentar e o índice de eficiência produtiva ($p \leq 0,05$). Os tratamentos 19P e 21P apresentaram melhores custos de produção ($p \leq 0,05$). Não houve efeito das dietas sobre o rendimento de carcaça, de peito, de coxas + sobrecoxas ($p > 0,05$). Entretanto, o rendimento de carcaça e de peito foi maior para as aves abatidas aos 46 dias do que com 38 dias ($p \leq 0,05$). Não houve efeito das dietas nem das idades sobre o escore de estria branca ($p > 0,05$) nem sobre o aparecimento de peito amadeirado ($p > 0,05$). Não houve efeito das dietas sobre o perfil bioquímico e enzimas ($p > 0,05$). Aos 37 dias os níveis de LDL – colesterol ($p \leq 0,05$) e proteínas totais ($p \leq 0,05$) foram maiores do que aos 25 dias. Já aos 37 dias, os níveis de lipase sérica ($p \leq 0,05$) foram menores do que aos 25 dias. Conclui-se que a manipulação proteica do tratamento 21P pode ser mais interessante zootécnica e economicamente para frangos de corte fêmeas tanto dos 21 aos 37 dias, quanto dos 21 aos 44 dias. O abate das aves com 46 dias de idade proporcionou aumento do rendimento de carcaça e de peito sem alterar a incidência de lesões miopáticas macroscópicas quando comparado ao abate aos 38 dias. Além disso as rações e as idades não causaram alterações importantes no perfil bioquímico e enzimas de frangos de corte fêmeas.

ABSTRACT

A total of 390 broiler chickens were used at 21 days of age to evaluate the effect of five protein manipulations on the diet (19P - 19% protein, 21P - 21% protein, 19E - 19% protein, 21E - 21% protein ; 19E + Aa - 19% protein) and two slaughter ages (38 and 46 days). Nutrient metabolizability, performance, carcass yield, myopathies, blood biochemical profile and production costs were evaluated. The design was completely randomized (DIC) with five treatments (diets) and six replicates for metabolizability; DIC in a factorial scheme (5 rations x 2 ages) for performance, carcass yield, myopathies and production costs; and DIC in subdivided plots for blood biochemical profile. Lower metabolizable dry matter was found in the 21E treatment ($p \leq 0.05$). The 19E + Aa treatment improved protein utilization and reduced nitrogen excretion ($p \leq 0.05$). The treatments 19E, 21E and 19E + Aa improved the metabolizable of ethereal extract ($p \leq 0.05$). Lower value of metabolizable energy was observed in the 21P diet ($p \leq 0.05$). There was no interaction between feed and age for any of the variables ($p > 0.05$). Diet 19P increased feed intake ($p \leq 0.05$); in addition, higher feed intake and weight gain were observed at 44 days than at 37 days ($p \leq 0.05$). The 19P diet worsened the feed conversion and the productive efficiency index ($p \leq 0.05$). The 19P and 21P diets had better production costs ($p \leq 0.05$). There was no effect of diets on carcass yield, breast, thigh + overcooked ($p > 0.05$). However, carcass and chest yields were higher for broilers slaughtered at 46 days than at 38 days ($p \leq 0.05$). There was no effect of diets or ages on the white striping score ($p > 0.05$) or the woody breast ($p > 0.05$). There was no effect of the diets on the blood biochemical profile and enzymes ($p > 0.05$). At 37 days LDL - cholesterol levels ($p \leq 0.05$) and total proteins ($p \leq 0.05$) were higher than at 25 days. At 37 days, lipase levels ($p \leq 0.05$) were lower than at 25 days. It is concluded that the protein manipulation of the diet 21P may be more for performance and costs for female broiler chickens from 21 to 37 days, and from 21 to 44 days. Slaughter of 46-day-old broilers increase in carcass and breast yield without altering the incidence of macroscopic myopathic lesions when compared to slaughter at 38 days. In addition, diets and ages did not cause significant changes in the blood biochemical profile and enzymes of female broilers.

1. INTRODUÇÃO

A medida que a avicultura industrial atinge altos patamares de produtividade, surgem também novos desafios para manter ou aumentar a produção da atividade. Nesse sentido muitas pesquisas têm sido realizadas buscando alternativas nutricionais que promovam o bom desempenho animal, mantenham a saúde, reduzam a excreção de nutrientes para o meio ambiente, tudo isso com o menor custo para a cadeia produtiva.

Na produção animal, a avicultura de corte é sem dúvida uma das atividades mais avançadas pois, além dos programas de melhoramento genético que desenvolvem animais especializados para crescimento rápido e alto rendimento de carcaça, a atividade dispõe de investimentos em ambiência com galpões climatizados e sistemas de criação automatizados. Somado a isso, os eficientes programas sanitários e a nutrição adequada permitem que as aves expressem todo seu potencial genético, o que faz do Brasil o maior exportador e o segundo maior produtor de carne de frango do mundo (ABPA, 2018).

Com o crescimento da avicultura no Brasil devido à sua estrutura organizacional, a atividade se expandiu, alcançando também mercados externos. Nesse sentido, uma série de mudanças no hábito de consumo de carne de frango vêm ocorrendo. O frango antes comercializado inteiro, passa agora por maiores processamentos e também é comercializado em cortes nobres e produtos processados. Segundo Mendes (2013), essa mudança na preferência do mercado precisa ser acompanhada de aves com maior peso vivo e maior rendimento de carcaça.

Dessa maneira, busca-se alternativas nutricionais para produzir o frango que atenda às necessidades do mercado, explorando formulações dietéticas para tal objetivo. A manipulação proteica das dietas de frango de corte é amplamente estudada, não só pelo fato das proteínas e aminoácidos estarem intimamente ligados ao rendimento e composição da carcaça e dos cortes, mas também pelo alto incremento calórico do metabolismo proteico, além da necessidade de redução da excreção de nitrogênio para o meio ambiente e dos custos de produção, tendo em vista que esse nutriente representa um dos maiores custos na formulação.

Além da dieta, o sexo e a idade de abate também podem influenciar o rendimento de carcaça. Os machos possuem maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e atingem o peso de abate mais cedo do que as fêmeas. Já a fêmea, atinge o ponto máximo na curva de crescimento com idade inferior ao macho, por isso, diminuem a taxa crescimento,

pioram a conversão alimentar e começam a acumular gordura na carcaça mais cedo (Marcato, 2007). Todos esses fatores podem reduzir a eficiência econômica da atividade. Portanto, o ideal do ponto de vista zootécnico, seria abater as fêmeas mais cedo, com idade média entre 35 a 38 dias. Entretanto, do ponto de vista econômico, para melhor eficiência do abatedouro e para atender às necessidades do mercado, as fêmeas têm sido abatidas mais tarde, com idade média entre 45 a 48 dias, ou com o peso médio próximo a 2,700 kg, visando maior volume de carne.

Em contrapartida, a obtenção de carcaças mais pesadas e com maior rendimento de cortes pode estar associada à ocorrência de alterações na musculatura dessas aves, denominadas miopatias, até então sem uma causa específica definida (Sosnicki, 1993; Kuttappan et al., 2009; Sihvo et al., 2013).

Diante do exposto, considerando que as manipulações proteicas nas dietas envolvem questões que vão além da redução/ aumento do teor proteico, objetivou-se avaliar cinco manipulações proteicas na dieta e idade de abate para frangos de corte fêmeas na fase de crescimento e seus efeitos sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, o desempenho, os rendimentos de carcaça e cortes, os custos de produção e as possíveis alterações miopáticas nos músculos das aves.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Proteínas e aminoácidos: digestão, absorção e metabolismo

2.1.1. *Proteínas e aminoácidos*

As proteínas são as macromoléculas biológicas mais abundantes, ocorrendo em todas as células e em todas as partes das células, de maneira que três quartos dos sólidos corporais dos animais domésticos consistem em proteína (Lehninger, 2011). O conhecimento do metabolismo proteico em animais de produção é um fator preponderante para otimização de sua função econômica nas diferentes cadeias produtivas. O metabolismo das proteínas e dos aminoácidos constitui um complexo sistema biológico que diferentemente dos carboidratos e dos lipídios, que podem ser armazenados como glicogênio hepático ou muscular e reservas de lipídios corporais, respectivamente, os aminoácidos quando fornecidos em excesso, não podem ser armazenados e são excretados. Por isso, os produtos finais do metabolismo proteico são considerados poluidores ambientais, o que requer certa preocupação por parte dos nutricionistas (Dorigam, 2014).

O crescimento do animal ocorre quando o anabolismo (síntese) é maior que o catabolismo (degradação) celular, sendo este um dos principais objetivos da produção animal. Independentemente da fonte, os aminoácidos livres absorvidos no intestino vão para a corrente sanguínea, e aqueles que não são imediatamente incorporados à nova proteína são degradados no fígado (Lehninger, 2011). Como os aminoácidos em excesso não são armazenados e nem excretados como aminoácidos, eles são catabolizados para gerar energia, função que os carboidratos e os lipídios podem exercer a um custo mais baixo. O grupo amino é removido e então excretado na forma de ácido úrico nas aves e o esqueleto carbônico, pode ser utilizado nas vias metabólicas envolvendo a transferência de energia pela conversão em carboidratos (gliconeogênese e glicogênese), em lipídios (lipogênese) ou ainda oxidado para dióxido de carbono e expirado (Silva et al., 2014).

2.1.2. *Digestão e metabolismo de proteínas nas aves*

A primeira etapa da digestão de proteínas nas aves se inicia no estômago, ou proventrículo. Quando o alimento ingerido chega no proventrículo, estímulos químicos e mecanorreceptores enviam sinais, via nervo vago, que estimulam a secreção de gastrina pelas células G da mucosa estomacal (Sturkie, 1986). A gastrina age sobre células

principais, estimulando a secreção de HCl, e também age sobre as células enterocromafins-like (ELC), que irão produzir histamina, cuja função é potencializar a produção de HCl pelas células principais. O estímulo persiste juntamente com a secreção de HCl até que se inicie o esvaziamento gástrico. Em resposta ao estímulo da gastrina, ocorre produção da pepsina, que é uma endopeptidase com afinidade por ligações peptídicas envolvendo o grupo carboxila dos aminoácidos aromáticos (Phe, Thr ou Tyr), e mais lentamente por ligações peptídicas que envolvem a leucina e os resíduos ácidos. A digestão gástrica tem como função a quebra da cadeia proteica em polipeptídeos, mas pode, eventualmente, gerar oligopeptídeos e aminoácidos livres (Rutz et al., 2015).

Quando o quimo deixa o estômago, ocorre a liberação da secreção de enterogastrona pela mucosa do intestino delgado, que age inibindo a secreção de HCl. Nos ácinos pancreáticos, os zimogênios das proteases tripsina, quimiotripsina, pro-carboxipeptidases A e B e proelastase são sintetizados. As endopeptidases atuam no interior da cadeia, produzindo vários oligopeptídeos; já as exopeptidases hidrolisam as proteínas pelos aminoácidos da extremidade carboxi-terminal. A hidrólise é completada na luz intestinal por enzimas secretadas pelos enterócitos. As aminopeptidases são enzimas produzidas pelo citoplasma e excretadas pelas células da mucosa do intestino delgado, localizadas na borda em escova. Neste local, os oligopeptídeos são transformados em tri e dipeptídios pela presença de exopeptidases que clivam, repetidamente, o resíduo N-terminal dos oligopeptídios. A partir daí, os aminoácidos estão digeridos e prontos para a absorção (Sturkie, 1986).

A capacidade de transporte dos aminoácidos do lúmen para o citosol do enterócito depende da disponibilidade dos transportadores, da afinidade dos transportadores com o substrato e da concentração dos aminoácidos dentro e fora da célula. Dessa maneira, de acordo com Mazzuco et al. (2000), a restrição alimentar não severa aumenta a capacidade de absorção de aminoácidos, pois o número de transportadores disponíveis está aumentado. Por outro lado, numa restrição muito severa pode ocorrer redução do tamanho dos vilos e a consequente perda dos enterócitos.

No jejuno das aves, cerca de 70 a 85% da absorção proteica ocorre na forma de peptídeos, o que sugere que as proteínas não precisam ser completamente quebradas para serem absorvidas, pois, pequenos peptídeos, além de não precisarem de transportadores específicos, são absorvidos mais rapidamente do que os aminoácidos livres. Já no íleo é onde se encontra grande parte das proteínas carreadoras, implicando ser o local de maior

absorção de aminoácidos livres (Leeson e Summers, 2001). Todos os mecanismos de absorção de aminoácidos são baseados em transportes ativos (Lehninger, 2011).

A velocidade de passagem do alimento pelo trato digestivo influencia sua digestibilidade e consequente absorção. Portanto, quanto mais tempo o alimento estiver sob ação enzimática do trato digestivo, mais eficiente será a sua digestão. O aumento da quantidade de lipídios na dieta pode reduzir os movimentos gástricos, retardando a passagem do alimento no trato digestivo, o que reflete numa menor velocidade de passagem no intestino delgado e, consequente, melhor digestibilidade dos aminoácidos (Noblet et al., 2001).

A absorção dos aminoácidos pelas aves é influenciada pela idade, sexo, temperatura ambiente, e por fatores nutricionais como a estereoespecificidade, ou seja, pelos L-isômeros que em geral são absorvidos em níveis maiores do que os D-isômeros (Wannmacher e Dias, 1988). Os aminoácidos são denominados “D” ou “L” devido à configuração absoluta dos substituintes ao redor do átomo de carbono quiral e quando estão alinhados ao radical (cadeia carbonílica) e ao carboxilato (COO-) nas linhas verticais da projeção de Fischer, aminoácidos com o grupo amina (NH_3^+) à esquerda serão L-aminoácidos, e os com o grupo amina à direita, D-aminoácidos (Vollhardt e Schore, 2004). Para que ocorra melhor utilização dos D-isômeros, eles devem ser convertidos em L-isômeros e essa conversão é constituída em duas etapas: oxidação do carbono alfa ao ceto-análogo e transaminação do ceto-análogo ao L-aminoácido (Baker, 1994). A conversão de D-isômeros em L-isômeros não ocorre com todos os aminoácidos, sendo a metionina um exemplo de aminoácido em que ocorre essa conversão.

Em situações em que o fornecimento de aminoácidos é superior à exigência, ocorre catabolismo desses nutrientes. Nesse caso, os aminoácidos sofrem desaminação e os esqueletos de carbono podem seguir diferentes vias. Os aminoácidos que são degradados à piruvato ou à intermediários do ciclo de Krebs podem formar glicose, via fosfoenolpiruvato e esses aminoácidos são chamados de glicogênicos (Lehninger, 2011). Os que produzem acetil CoA ou acetoacetil CoA, precursores dos corpos cetônicos, são classificados como cetogênicos (leucina e lisina). Entretanto alguns aminoácidos são glicogênicos e cetogênicos (Silva et al., 2014).

2.1.3. Formulações baseadas no conceito de proteína bruta para frangos de corte

Um dos primeiros conceitos utilizados para formulação de rações para atender as exigências em proteína e em aminoácidos dos animais foi o de proteína bruta (PB). A proteína bruta é estimada pelo conteúdo de nitrogênio total de um alimento, portanto, o termo proteína bruta envolve um grande grupo de substâncias semelhantes, porém com funções fisiológicas diferentes (Parr e Summers, 1990).

Na realidade, as exigências dos animais não são em proteína bruta, mas sim em aminoácidos essenciais além da exigência de nitrogênio para a síntese de aminoácidos não essenciais. Com o avanço das formulações de dietas para animais, surgiram as formulações baseadas em aminoácidos totais, e mais posteriormente, surgiram os métodos de digestibilidade dos aminoácidos *in vitro* ou *in vivo* para sanar as dificuldades das formulações com aminoácido total (Tavernari et al., 2014).

A formulação de rações para frangos de corte utilizando proteína bruta, muitas vezes resulta em dietas com conteúdo de aminoácidos superior às exigências reais dos animais. Leclercq (1996) demonstrou em seus estudos que cerca de 30% da proteína bruta ingerida pelo frango é excretada. O excesso de proteínas é catabolizado e excretado na forma de ácido úrico, que tem um alto custo energético para o animal. Assim, a energia dos processos produtivos é desviada para excreção de nitrogênio. De acordo com Noblet e Perez (1993), pode ser calculado que para cada grama de proteína bruta adicionada à dieta, o conteúdo de energia metabolizável reduz 0,7 kcal. Em outras palavras, o catabolismo do excesso da proteína bruta exigida para crescimento foi associada com a perda de 0,7 kcal de energia na urina para cada grama de proteína bruta dietética.

A proteína bruta da ração é considerada o nutriente que proporciona o maior incremento calórico durante o processo digestivo (Sakomura e Rostagno, 2016). Dessa forma, a formulação com base na proteína bruta, proporciona rações com elevados níveis de aminoácidos, que ao serem metabolizados resultam em aumento da produção de calor corporal nas aves (Oliveira et al., 2010). O alto poder de incremento calórico das proteínas é devido principalmente às séries de complexas reações metabólicas características do metabolismo proteico, além dos mecanismos de absorção, que são baseados em transportes ativos (Vieira, 2003). De forma contrária ao que seria esperado pela teoria do

alto incremento calórico das proteínas, Soares (2014) ao realizar trabalhos com diferentes níveis de proteína na ração (16%, 18%, 20% e 22%) para frangos de corte em crescimento, encontrou menor incremento calórico nas rações que continham maior teor de proteína bruta (20% e 22%) quando comparadas com as rações com menor teor de proteína. O autor justificou o ocorrido devido à maior inclusão do óleo nas dietas mais proteicas, que através de seus efeitos extra-calóricos poderia ter compensado o possível aumento da produção de calor oriundo do metabolismo proteico.

Por outro lado, 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. Segundo os autores, embora a deficiência de aminoácidos tenha efeitos individuais nos hormônios da tireoide, os mecanismos metabólicos pelos quais essas deficiências alteram os níveis de hormônios tireoidianos não são conhecidos.

Segundo Sakomura et al. (2004), os aminoácidos presentes na ração devem estar ajustados aos níveis de energia da dieta, pois há custo metabólico para deposição dos nutrientes na carcaça. Além da digestibilidade dos aminoácidos, o aproveitamento da energia contida nas rações é determinante para que haja máxima deposição de aminoácidos e menor deposição de lipídios. A relação energia/proteína refere-se ao total de energia na ração que é necessária para metabolizar a proteína fornecida aos tecidos corporais.

Os aminoácidos cristalinos, também chamados de aminoácidos sintéticos ou industriais, são absorvidos mais rapidamente do que aminoácidos contidos na proteína intacta da dieta. Porém, pode não ocorrer completa biodisponibilidade devido a competição por sítios de absorção (Longland, 1993). Segundo Penz Jr. (1990), parece existir um limite para a substituição da proteína intacta por aminoácidos sintéticos, sendo que a maior velocidade de absorção destes aminoácidos resultaria em um descompasso entre a quantidade disponível para a síntese e a velocidade da mesma.

2.1.4. Formulações baseadas no conceito de proteína ideal para frangos de corte

Como forma de substituição ao sistema de formulações por proteína bruta, surgiu o conceito de proteína ideal, que de acordo com Baker e Ham (1994), pode ser definido

como o balanço exato de aminoácidos essenciais na dieta, sem deficiências nem excessos, com o objetivo de satisfazer as exigências absolutas de todos os aminoácidos para manutenção e para máximo ganho de proteína corporal. Com isso, há redução do uso dos aminoácidos como fonte de energia e diminuição da excreção de nitrogênio. Este conceito estabelece que todos os aminoácidos essenciais sejam expressos como proporções ideais ou porcentagens de um aminoácido de referência. A lisina foi determinada como aminoácido padrão por ser o primeiro limitante em dietas a base de milho e farelo de soja para suínos e o segundo limitante para aves, por ser um aminoácido estritamente essencial, por ser relativamente de fácil análise e pela abundância de estudos com determinação da sua exigência sobre várias condições ambientais e genéticas (Emmert e Backer, 1997).

Devido ao custo e à pouca disponibilidade em quantidades industriais, esse conceito não foi muito utilizado logo que foi estabelecido. Porém, com expansão da indústria de aminoácidos sintéticos, a utilização do conceito de proteína ideal tornou-se mais acessível para as formulações de ração animal e é uma alternativa para viabilizar a redução do teor de proteína bruta nas rações, desde que haja disponibilidade de todos os aminoácidos e que o custo de produção não seja onerado (Rostagno et al., 2002).

Portanto, a formulação de rações baseada no conceito de proteína ideal possibilita formular rações de mínimo custo, com baixos teores de proteína bruta, desde que as aves sejam suplementadas de acordo com as exigências aminoacídicas. Essa prática pode evitar perdas energéticas por incremento calórico e excreção excessiva de ácido úrico, pois diminui o excesso de aminoácidos circulantes no sangue (Lesson e Summers, 2005). Entretanto, ainda é necessário o uso de um mínimo proteico nas dietas, em função da importância também dos aminoácidos não essenciais.

O excesso de aminoácidos pode resultar em queda na eficiência de utilização e aumento da exigência dos aminoácidos essenciais, pois, o excesso de proteína é catabolizado na forma de ácido úrico e esse processo tem um alto custo energético. Estima-se que para excretar um aminoácido são gastos de 6 a 18 mols de ATP, dependendo da quantidade de N do aminoácido (Skalan e Plavnik, 2002).

Ainda existem muitas dúvidas sobre até que nível a proteína bruta dietética pode ser reduzida sem comprometer o desempenho das aves. Faria Filho et al. (2005), avaliando dietas com 20%, 18,5% ou 17% de proteína, 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°C, 25°C ou 33°C, observaram que a utilização de dietas com baixa proteína piorou o desempenho de frangos criados em estresse por calor. No entanto, a ração contendo 17% de proteína pode ser utilizada em frangos criados em ambiente com temperatura de 20 ou 25°C, pois não ocorreu alteração no desempenho. Para as dietas com maior teor de proteína, os autores sugerem que o excesso de aminoácidos não essenciais poderia ajudar a evitar a deficiência destes nutrientes durante condições de estresse por calor.

Vasconcellos et al. (2011) desenvolveram um estudo para avaliar os efeitos dos níveis de proteína bruta de 23%, 21%, 19% ou 17% para a fase de um a 21 dias para frangos de corte criados em ambiente termoneutro. Os autores observaram perdas no desempenho das aves com a redução proteica. Houve efeito linear crescente da proteína sobre as variáveis de desempenho sendo o melhor resultado de conversão alimentar, ganho de peso e peso final obtidos com o nível de 23 % de proteína. Para a fase de 21 a 42 dias, os autores utilizaram níveis de proteína de 21%, 19%, 17% ou 15% e observaram efeito quadrático dos níveis de proteína bruta sobre as variáveis de desempenho, sendo que o nível proteico para máximo ganho de peso foi de 19,28% de proteína, melhor peso aos 42 dias foi obtido com o nível de 19,35% de proteína e o maior consumo de ração foi obtido com o nível de 16,75% proteína. Na avaliação da digestibilidade dos nutrientes na fase de crescimento, de acordo com Vasconcellos et al. (2011), a redução do teor de proteína proporcionou melhora linear na digestibilidade da matéria seca e da energia metabolizável e melhora com efeito quadrático da digestibilidade da proteína, sendo o nível de 15,3% de proteína bruta dietética o que proporcionou melhor digestibilidade da proteína.

Soares (2014) também encontrou piora no desempenho de frangos de corte em crescimento quando reduziu o teor de proteína na ração. Ao utilizar níveis de 22%, 20%, 18% ou 16% de proteína na ração, o autor encontrou melhor desempenho das aves quando se forneceu a ração com teor de 22% de proteína. Devido ao caráter prático das formulações desse trabalho, a ração com maior teor de proteína também continha maior inclusão de óleo de soja, o que através dos seus efeitos extracalóricos, pode ter contribuído para o melhor resultado desse tratamento.

Para os casos de desempenho inferior com dietas de baixa proteína para frangos, geralmente são dadas duas explicações; ou essas dietas não fornecem nitrogênio suficiente para síntese dos aminoácidos não essenciais ou o suprimento dos aminoácidos

essenciais é inadequado por razões como erros na exigência, baixa digestibilidade ou mudanças no balanço de aminoácidos com a redução proteica (Leeson e Summers, 2001).

Quando o conteúdo de proteína bruta das dietas é reduzido, não só os aminoácidos essenciais se tornam limitantes, mas muitas vezes também os não essenciais. A necessidade da suplementação dos aminoácidos não essenciais vai depender do grau de redução proteica da dieta. Segundo Corzo et al. (2005), muitas vezes a suplementação de aminoácidos não essenciais em dietas de baixa proteína é necessária para que as aves tenham o mesmo desempenho daquelas alimentadas com dietas de alta proteína.

Dean et al. (2006) avaliaram os efeitos da adição de aminoácidos essenciais e não essenciais sobre o desempenho de frangos de corte com idade de um a 17 dias e concluíram que a adição de glicina (aa não essencial para aves) nas dietas de baixa proteína bruta (16%) melhorou linearmente a conversão alimentar. Segundo Corzo et al. (2003), a glicina desempenha papel em diversos processos metabólicos como síntese de proteínas, purinas, glutatona, creatina, ácido úrico entre outros. Nos estudos de Eklund et al. (2005), foi encontrado importante papel da glicina no controle da função hipotalâmica-pituitária e liberação de hormônio do crescimento em humanos. Como a maior liberação de hormônio do crescimento está diretamente relacionada com aumento da síntese de proteínas, o melhor desempenho obtido com o aumento do fornecimento de glicina às dietas de baixa proteína bruta para frangos de corte, pode ser resultado de uma maior liberação de hormônio do crescimento (Corzo et al., 2003).

Sabino et al. (2004) avaliaram os efeitos dos níveis de proteína bruta da dieta (23, 21, 19, 17 e 15 %) suplementadas com aminoácidos essenciais sobre o desempenho de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. Para os machos, os autores encontraram maior ganho de peso com 21,12% de proteína bruta na ração e melhor conversão alimentar com 21,70% de proteína. Para as fêmeas o desempenho máximo ocorreu com 19 % de proteína bruta na dietas.

Rigueira et al. (2006) avaliaram os efeitos da redução do nível de proteína bruta na ração suplementada com aminoácidos sintéticos sobre o desempenho de frangos de corte machos (20, 19, 18, 17 e 16% de PB) e fêmeas (19, 18, 17, 16 e 15% de PB) dos 21 aos 35 dias. Foi encontrado efeito linear positivo dos níveis de proteína bruta para as características de desempenho nos machos e não foi observado efeito dos tratamentos

para os frangos de corte fêmeas. Os autores recomendaram o teor de 20% de proteína bruta na ração para machos e 15% para as fêmeas.

Na Tabela 1, encontram-se dados da exigência para frangos de corte de alguns aminoácidos limitantes em rações à base de milho e farelo de soja (Rostagno et al, 2005; Rostagno et al., 2011; Rostagno et al., 2017).

Tabela 1 - Exigência de aminoácidos digestíveis (%) para frangos de corte machos e fêmeas de desempenho superior de acordo com as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos publicadas nos anos de 2005, 2011 e 2017

Machos										
Ano	1 -21 dias					22 – 42 dias				
	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Arg	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Arg
2005	1,27	0,91	0,83	0,20	1,34	1,07	0,77	0,70	0,18	1,13
2011	1,27	0,91	0,83	0,22	1,37	1,09	0,80	0,71	0,20	1,18
2017	1,33	0,98	0,87	0,24	1,41	1,15	0,85	0,76	0,21	1,23

Fêmeas										
2005	1,24	0,88	0,81	0,20	1,30	0,97	0,70	0,64	0,17	1,03
2011	1,27	0,91	0,82	0,22	1,37	0,99	0,73	0,65	0,18	1,07
2017	1,31	0,97	0,87	0,24	1,40	1,07	0,79	0,71	0,19	1,15

Adaptado de Rostagno et al. (2005); Rostagno et al. (2011) e Rostagno et al. (2017).

A ordem em que os aminoácidos essenciais serão limitantes depende basicamente da composição dos ingredientes das rações e das exigências nutricionais aplicadas para formulação. Nas rações para frangos de corte que têm como base o milho e o farelo de soja, com ou sem farinha de carne e ossos, os três primeiros aminoácidos limitantes em ordem são metionina, lisina e treonina (Warnick e Anderson, 1968).

Apesar da lisina não ser o primeiro aminoácido limitante para aves, é utilizada como o aminoácido base para cálculo da proteína ideal, visto que, de acordo com Corzo et al.

(2007), é utilizada quase que exclusivamente para formação de proteína corporal e não participa de interações metabólicas com outros aminoácidos.

Já a metionina é considerada o primeiro aminoácido limitante para aves, provavelmente em função da grande exigência desse aminoácido para formação das penas, além da composição das dietas normalmente utilizadas para essa espécie (Neto, 2014). O grupamento “R” da metionina e cistina contém enxofre, que confere a classificação desses aminoácidos como sulfurados (Silva et al., 2014). Existe mais metionina que cistina numa dieta típica de frangos de corte e a metionina tem várias funções na fisiologia animal. A metionina é componente essencial para a síntese proteica como doador do grupo metil e como precursor da cisteína. Assim, quando a cisteína é deficiente e a metionina está em excesso, a metionina é convertida em cisteína. A conversão de cisteína à metionina não ocorre, portanto, a cisteína não supre as necessidades dietéticas de metionina (Bunchasak, 2009).

A metionina, a lisina e a treonina, sendo os três primeiros aminoácidos limitantes para frangos de corte, assim como o triptofano, já são amplamente utilizadas com sucesso na formulação das dietas. Segundo Corzo et al. (2009), a valina vem sendo apontada como o quarto aminoácido limitante em dietas para frangos de corte à base de milho e farelo de soja, sobretudo devido à sua baixa concentração em alimentos de origem vegetal e sua grande importância no empenamento, no sistema imune, no ganho de peso e na conversão alimentar.

Caetano et al. (2015) realizaram estudos para avaliar as relações de valina: lisina digestíveis em dietas com teor reduzido de proteína para frangos de corte de um a 46 dias e não encontraram efeitos dos tratamentos sobre o desempenho zootécnico nem sobre o rendimento de cortes das aves, mas a redução proteica piorou a conversão alimentar até os 21 dias. Portanto os autores não recomendam a redução proteica das dietas durante as três primeiras semanas de idade dos frangos de corte.

A treonina é um aminoácido essencial para aves, sendo encontrado em altas concentrações no coração, músculos, trato gastrointestinal e sistema nervoso central. É exigida para formação da proteína e manutenção do “*turnover*” proteico corporal, além de auxiliar na formação do colágeno e elastina (Sá et al., 2007). A treonina é o terceiro aminoácido limitante para aves em dietas a base de milho e farelo de soja, e em dietas com alto conteúdo de proteína bruta pode ocorrer aumento da sua exigência. A treonina

atua como precursor da serina e da glicina, sendo este último um aminoácido importante na formação do ácido úrico para excreção do excesso de nitrogênio, pois, um dos quatro átomos de nitrogênio do ácido úrico é originado da glicina (Kidd e Kerr, 1996). A treonina também participa de forma direta da produção das mucinas, que são glicoproteínas de alto peso molecular. Estima-se que mais da metade da treonina consumida nas dietas de aves seja utilizada nos intestinos para as funções de manutenção, sendo primariamente utilizada na síntese de mucina (Corzo et al., 2007). A treonina torna-se mais importante à medida que a idade dos animais avança, pois a proporção da exigência de treonina para manutenção é alta (Rostagno et al., 2017).

Corzo et al. (2003) observaram influência dos níveis de arginina na ração para frangos de corte sobre os defeitos na carcaça resfriada. Com o aumento dos níveis de arginina o aparecimento de arranhões infectados diminuiu, o que pode indicar o envolvimento da arginina com o sistema imunológico, já que, esse aminoácido é precursor do óxido nítrico, considerado modulador imunológico. Segundo os autores, a arginina também está relacionada com colágeno e tecidos conectivos, por isso também participa do desenvolvimento ósseo. Nesse sentido, Castro et al. (2018) encontraram aumento do crescimento corporal, maior deposição de massa magra e maior densidade mineral óssea quando suplementaram arginina na ração de frangos de corte, porém sem aumento na deposição de gordura corporal.

De acordo com Gadelha et al. (2007), quando há excesso de lisina na dieta ocorre redução da relação arginina: lisina, levando ao aumento na degradação renal da arginina (degradada a ornitina e ácido úrico), o que gera um quadro de deficiência de arginina, induzindo o aparecimento de problemas de pernas e de empenamento.

Goulart et al. (2009) avaliaram o desempenho de frangos de corte submetidos a dietas com redução proteica suplementadas com valina, isoleucina e glicina, além de metionina, lisina e treonina. A redução média de dois pontos percentuais na proteína das dietas, em relação ao tratamento controle, obtida pela suplementação dos aminoácidos L-Valina e L-Isoleucina manteve o desempenho dos frangos, que apresentaram ganho de peso e conversão alimentar semelhantes àqueles alimentados com a dieta de alta proteína bruta. A suplementação de glicina não melhorou o desempenho das aves, mostrando que, com a redução proteica estudada, não houve problema de deficiência deste aminoácido.

Vasconcellos et al. (2015) avaliaram a redução da proteína bruta das dietas (19%) com inclusão de diferentes níveis de glicina+serina para frangos de corte de um a 21 dias. Ao comparar os resultados com os obtidos com a dieta controle, que continha 23% de proteína bruta, os autores observaram que os níveis de glicina+serina apresentaram efeito linear crescente sobre a conversão alimentar. Porém a redução do nível de proteína aumentou o conteúdo de extrato etéreo da carcaça, provavelmente devido ao menor gasto energético para excreção da proteína excedente, maior quantidade de energia ficou disponível para a síntese de gordura corporal. De acordo com Roush (1983), rações com baixa proteína causam aumento na deposição de gordura nos tecidos, em função da incapacidade da ave em fazer uso produtivo da energia. Além disso, aminoácidos em excesso são catabolizados e esse processo é acompanhado de gasto energético. Dessa forma, rações com o perfil de aminoácidos mais próximo às necessidades das aves, com teores mais baixos de proteína bruta e níveis mais ajustados de aminoácidos, promovem menor gasto de energia para catabolizar os aminoácidos em excesso (Sklan e Noy, 2004).

Para composição de uma dieta e atendimento das exigências nutricionais deve-se considerar a digestibilidade dos aminoácidos para maximizar a absorção, a síntese de proteína nos tecidos e, conseqüentemente, a eficiência de ganho. Isso torna-se necessário uma vez que os alimentos apresentam diferentes valores de digestibilidade dos nutrientes em função de diversos fatores como: categoria animal, idade, peso, consumo, linhagem, composição dos alimentos (Levesque et al., 2010).

De acordo com Sakomura e Rostagno (2016), a digestibilidade é determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácidos consumida e a excretada e é identificada com base no local em que é realizada a coleta de material, podendo ser pelo método de coleta fecal ou ileal. A quantidade de aminoácido que desaparece no intestino delgado é denominada de aminoácido digestível aparente, onde a palavra aparente é utilizada para enfatizar os aminoácidos dietéticos não digeridos e os aminoácidos de origem endógena que foram secretados dentro do trato gastrointestinal.

Já a disponibilidade dos aminoácidos é definida como a quantidade de aminoácidos absorvidos e utilizados pelos animais. Os ensaios para determinar a disponibilidade dos aminoácidos são baseados em ensaios de crescimento e, embora determinem valores mais precisos, apresentam limitações quanto ao uso, exigindo ensaios de crescimento com maior duração de tempo e fornecem ainda informações de apenas um aminoácido por ensaio (Anderson et al., 1992).

Porém é necessário cautela ao decidir utilizar aminoácidos industriais, pois dietas altamente digestíveis podem aumentar a quantidade de bactérias maléficas no lúmen do intestino, devido a uma saturação dos sítios de absorção no intestino delgado (Guyton et al., 1996). Um exemplo é o uso de aminoácidos sintéticos em excesso, que podem passar até o intestino grosso, servindo como fonte de substrato microbiano. Com o aumento de aminoácidos livres no lúmen do intestino ocorre maior concentração polar, induzindo a entrada de água das células para o lúmen (ação osmótica) podendo ocasionar diarreias. A permanência de aminoácidos no lúmen do intestino delgado também evita a entrada de água nos enterócitos (Lehninger et al., 1993).

2.2.Lipídios: digestão, absorção e metabolismo

2.2.1. Lipídios

Biologicamente, os lipídios fazem parte de um grupo de compostos quimicamente heterogêneos entre si, e a única característica comum entre eles é a insolubilidade em água (Vilar da Silva et al., 2014). Os lipídios estão presentes na proporção de 3 a 8% nas rações de aves e sua utilização aumenta o nível energético das rações, melhora a palatabilidade, a conversão alimentar, a absorção das vitaminas lipossolúveis, a digestibilidade dos nutrientes além de propiciar melhoria na consistência das rações fareladas e/ou peletizadas dependendo do nível de inclusão utilizado (Pupa, 2004).

Em termos energéticos, as gorduras são mais concentradas (9,4 kcal energia bruta) do que as proteínas (5,65 kcal de energia bruta) e os carboidratos (4,15 kcal de energia bruta). Entretanto a densidade energética das gorduras depende do tamanho da cadeia carbônica, da presença e do número de duplas ligações na cadeia, pois, quanto mais carbonos e menos insaturação, menor é a digestibilidade e a disponibilização de energia do ácido graxo. Dessa maneira, os óleos ricos em ácidos graxos insaturados têm maior aproveitamento que algumas gorduras e o sebo bovino por exemplo (Vilar da Silva et al., 2014).

Existem muitas fontes de lipídios disponíveis para utilização na formulação de rações, dentre elas o óleo de soja em suas diversas formas resultantes do processo industrial tem participado mais comumente das formulações de dietas. Entretanto, o óleo de vísceras de aves parece ser o mais utilizado em formulações práticas para frangos de corte em função da disponibilidade. Outros óleos, como por exemplo óleo de coco, canola, dendê, têm produção muito regionalizada e/ou em pequena escala e são, geralmente, mais caros (Andreotti et al., 2004).

Diversos autores recomendam a inclusão de óleos de alta digestibilidade na dieta de frangos de corte estressados pelo calor e as recomendações se justificam pelo menor incremento calórico dos óleos e gorduras, além dos efeitos extracalóricos desse ingrediente que podem reduzir os efeitos prejudiciais do estresse por calor sobre o consumo de ração e pior aproveitamento dos nutrientes (Bertechini et al., 1991; Leeson e Summers, 2001; Nobakht et al., 2011).

Dentre os fatores intrínsecos das aves que podem melhorar o aproveitamento dos lipídios, podem ser destacados a atividade proteolítica no proventrículo, que libera os lipídios da matriz do alimento, a acidez e a motilidade gástrica, que dispersa os lipídios dentro de emulsões grosseiras (Furlan e Macari, 2002).

2.2.2. Digestão e metabolismo de lipídios nas aves

No trato digestório superior das aves (boca, papo e proventrículo) não existe nenhuma enzima envolvida diretamente com a digestão dos lipídios, porém há enzimas como a pepsina que são capazes de hidrolisar proteínas que os retém. Dessa maneira, falhas na digestão das proteínas podem influenciar a digestão lipídica (Skalan et al., 1975).

O principal local de digestão e absorção de lipídios nas aves é o duodeno, onde os lipídios estimulam a liberação de tampões de bicarbonato que voltam o pH, até então ácido pelo HCl do proventrículo, quase para a neutralidade. No duodeno, também são adicionados ao lúmen sais biliares e suco pancreático. Então os ácidos graxos livres e os fosfolipídios se dissociam novamente, o que aumenta a área superficial e melhora a eficiência digestiva (De Blas e Mateos, 1991; Moran Jr., 1994).

Os lipídios livres são emulsificados pelos sais biliares em micelas e absorvidos pela mucosa intestinal. No interior dos enterócitos a micela é desdobrada em cada um de seus componentes e os sais biliares retornam ao lúmen intestinal e são reabsorvidos, principalmente no íleo inferior (Leeson e Summers, 2001; Macari et al., 2002). Já os monoglicerídios e ácidos graxos livres são reconvertidos em triglicerídios que, devido à sua insolubilidade em água, para serem transportados pelo sangue precisam estar ligados a proteínas que contrabalancem esta insolubilidade. Nas aves o sistema linfático é pouco desenvolvido e a rota de absorção dos lipídios é via veia porta, o que resulta na absorção dos lipídios do intestino direto para o fígado, de onde são transportados para os músculos e tecido adiposo (Lehninger et al., 2000).

A produção de adenosina trifosfato (ATP), que é a principal moeda energética dos organismos animais (através da β -oxidação dos ácidos graxos) supera de longe a produção de ATP que os carboidratos poderiam oferecer. Uma molécula de ácido palmítico por exemplo, completamente oxidada fornece, entre a β -oxidação e o Ciclo de Krebs, 106 moléculas de ATP, resultado da saturação do carbono dos ácidos graxos com o hidrogênio em vez dos abundantes grupos hidroxila presentes nos açúcares. Estes rendem apenas a metade da energia considerando-se a massa seca. Porém, os carboidratos nos organismos vivos estão sempre acompanhados de muita água, ao contrário das gorduras, que até repelem a água (Lehninger, 2011).

A energia veiculada pelo alimento, quando ingerida em excesso, é estocada no tecido adiposo sob a forma de triglicerídeo. Essa mesma energia pode ser mobilizada quando a ingestão de alimentos é limitada, permitindo ao tecido adiposo uma variação considerável de sua massa, dependendo da condição nutricional do animal (Nelson e Cox, 2014). Mudanças na massa do tecido adiposo durante a vida produtiva do frango de corte são resultado do balanço entre a síntese de triglicerídios, a qual envolve a lipogênese no fígado e a sua mobilização no tecido adiposo (lipólise) (Bertechini, 2004).

Os processos de lipogênese e lipólise estão diretamente relacionados à composição da dieta e ao regime alimentar (Dias, 1999), uma vez que a enzima lipase lipoprotéica, responsável pela hidrólise das lipoproteínas ricas em triglicerídios do plasma, tem suas atividades correlacionadas com o nível de ácidos graxos na dieta. Quando o animal está alimentado, a atividade desta enzima é alta no tecido adiposo, o que resulta em armazenamento de lipídios neste tecido, ocorrendo processo contrário quando o animal está em jejum alimentar (Kessler e Snizek, 2001).

A lipogênese nas aves é influenciada pelos níveis de gordura e proteína da dieta, porém, a quantidade de carboidratos consumida é o fator mais importante na regulação desse processo e, nas aves, o fígado é o principal local da síntese dos ácidos graxos (Nir *et al.*, 1988). Saadoun e Leclercq (1987) demonstraram que a lipogênese hepática nas aves é reduzida pela ingestão de dietas com altas quantidades de gordura ou proteína e o contrário ocorre quando há elevado consumo de energia na forma de carboidratos, o que leva ao aumento da síntese de lipídios no fígado dos animais.

Há uma relação indireta entre a velocidade máxima de atividade da lipoproteína lipase, o grau de saturação e o comprimento da cadeia dos ácidos graxos, de maneira tal, que a

velocidade máxima de atividade da lipoproteína lipase para o ácido palmítico (16:0), encontrado no sebo bovino, é muito maior do que a velocidade máxima de atividade da lipoproteína para o ácido linolênico (18:3), encontrado no óleo de girassol. Logo, a fluidez da lipoproteína e a atividade da lipase estão em função do tamanho da cadeia carbônica, o que também reforça a maior deposição de ácidos graxos saturados em relação aos insaturados (Strayer, 1992).

Tanaka et al. (1983b), avaliando a inclusão de níveis crescentes de lipídios em dietas para frangos de corte em crescimento, observaram que o aumento no consumo de lipídios inibe a síntese de ácidos graxos hepáticos e leva a redução das atividades da enzima málica e da enzima clivagem citrato, que são enzimas atuantes no processo de lipogênese.

Estudos conduzidos por Latour et al. (1994) sugerem que com o aumento da quantidade de gordura da dieta, ocorre diminuição no tamanho do fígado das aves, como consequência da redução da lipogênese neste tecido. Soares (2014) também encontrou redução no peso fígado de frangos de corte que se alimentaram com ração contendo maior teor de proteína bruta e maior inclusão de óleo de soja quando comparado com aves que receberam ração com menor inclusão de óleo e menor teor proteico. Isso ocorreu porque a adição de gordura à ração das aves favoreceu a transferência direta de ácidos graxos da dieta para o tecido adiposo, sem necessidade de realização da síntese destes pelo fígado das aves (Bikker et al., 1994).

Swennen et al. (2005) encontraram aumento nos níveis de triglicerídios plasmático em frangos de corte alimentados com rações contendo baixos níveis proteicos, porém com alta inclusão de gordura (9,5%). As aves têm uma limitada capacidade de síntese “*de novo*” de ácidos graxos e os triglicerídios depositados no tecido adiposo são provenientes do plasma sanguíneo, então, é possível inferir que a taxa de deposição no tecido adiposo seja influenciada pela concentração de triglicerídios plasmáticos, pois segundo Griffin et al. (1992), aves com elevada concentração de triglicerídios plasmático apresentam grande teor de gordura na carcaça em relação às aves com baixas concentrações de triglicerídio.

2.3. Mecanismos práticos envolvidos na manipulação proteica da dieta para aves

Sendo a proteína e os aminoácidos nutrientes estreitamente relacionados ao desempenho zootécnico e rendimento de carcaça de frangos de corte, estes nutrientes são amplamente estudados na formulação de dietas para esta espécie. Formulações com aumento no teor

de proteína bruta podem apresentar resultados de melhoria no desempenho (Soares, 2014). Entretanto a redução do teor de proteína bruta na ração é recomendada com o objetivo de ajustar melhor o fornecimento de proteína à exigência dos animais, bem como reduzir a excreção de nitrogênio, já que este elemento é potencial poluidor ambiental, além de que a excreção de proteína ingerida em excesso pelos animais, possui alto custo energético (Sakomura e Rostagno, 2016).

Em formulações de custo mínimo à base de milho e farelo de soja para frangos de corte, quando o objetivo é aumentar o teor de proteína bruta da ração, naturalmente ocorre maior inclusão de farelo de soja. Dessa maneira haverá menos espaço na fórmula para o milho, principal ingrediente energético, o que faz com que ocorra maior inclusão de óleo (fonte lipídica) para que a fórmula atinja o teor energético desejado.

O efeito benéfico da adição de óleo nas rações de aves está associado a modificações na fisiologia gastrointestinal como redução do tempo de passagem e ao menor incremento calórico, resultante da atividade gastrointestinal, hepática, renal, dos sistemas circulatório e respiratório verificado durante os processos de digestão, absorção e assimilação dos lipídios (Just, 1982; Church e Pond, 1977).

Sendo assim, como a maior inclusão de lipídios às rações proporciona menor incremento calórico, conseqüentemente, pode levar ao aumento da energia líquida utilizada para produção, e ainda modificar a taxa de passagem e digestibilidade do alimento (Gonzalo, 1983). Esses efeitos são denominados efeitos “extracalóricos” da gordura e foi primeiramente descrito por Mateos e Sell (1980), cuja definição se baseia na capacidade dos lipídios de modificar a taxa de passagem e melhorar a digestibilidade do alimento, proporcionando melhor utilização da energia.

A relação entre consumo de energia metabolizável e gastos de energia ainda não foi muito bem elucidada para frangos de corte. Frangos alimentados com dieta rica em gordura e alta relação energia:proteína tem uma baixa produção de calor, apesar do maior consumo de energia (Macleod, 1997). Porém, nos estudos de Nieto et al. (1997) ocorreu aumento na produção de calor e maior teor de gordura na carcaça de frangos alimentados com ração contendo alta quantidade de óleo e alta relação energia:proteína. Estes resultados discrepantes remetem à necessidade de mais pesquisas com a finalidade de esclarecer o efeito de dietas isoenergéticas, com diferentes quantidades de macronutrientes, nos componentes do balanço energético das aves.

DeGroot (1974) encontrou resultados que demonstravam que, em dietas isoenergéticas, as maiores quantidades de proteína e fibra bruta proporcionam diminuição nos níveis de energia líquida. Já o aumento do conteúdo de gordura na dieta apresenta efeito contrário, incrementando os níveis de energia líquida. Isso ocorre porque a predição da energia líquida leva em consideração as perdas de energia sob a forma de incremento calórico, o que não ocorre quando é considerada a energia metabolizável da dieta. Através desta informação é possível inferir que dietas com a mesma quantidade de energia metabolizável, porém apresentando diferentes níveis de proteína, fibra e gordura poderiam influenciar de maneiras diferentes a energia disponível para os processos produtivos dos animais.

Por outro lado, em formulações de custo mínimo com níveis de proteína e aminoácidos mais ajustados, ocorre menor inclusão de farelo de soja e maior utilização de aminoácidos industriais, o que de certa forma abre mais espaço na fórmula para entrada do milho, ingrediente energético e com menor custo do que o óleo. Portanto, o nutricionista formulador deve levar em consideração a disponibilidade e o custo das matérias-primas visto que principal ingrediente proteico das rações para frangos de corte, o farelo de soja, vem sofrendo alta dos preços no mercado brasileiro no ano de 2018 (Agrolink, 2018). Em contrapartida, a redução da proteína bruta da ração requer inclusão de aminoácidos industriais para que o animal mantenha o desempenho, o que muitas vezes pode ser inviável devido ao alto custo e à indisponibilidade de alguns aminoácidos para produção animal, principalmente devido à competição com a nutrição humana.

2.4. Miopatias em frangos de corte

Miopatia é qualquer alteração na normalidade do tecido muscular e um dos primeiros relatos de miopatia em aves, foi observado por Harper et al. (1975). Tratava-se da miopatia peitoral profunda que inicialmente foi observada em perus, e, mais tarde, observada em frangos de corte (Richardson et al., 1980).

As miopatias ainda não possuem etiologia definida e a literatura não relata haver prejuízo para a saúde pública (Ecco e Braga, 2015), porém o corte cárneo com a presença dessas alterações musculares é geralmente rejeitado pelo consumidor acarretando em perdas econômicas para o setor avícola.

Apesar do aparecimento de miopatias em frangos de ter sido relatado em 1993 (Sosnicki, 1993), sua ocorrência tornou-se mais frequente recentemente, o que pode estar

relacionado ao intenso trabalho de melhoramento genético e nutrição altamente especializada para crescimento rápido, alto rendimento de carcaça, sistemas intensivos de criação e manejo. Desse modo, a busca constante pelo rápido crescimento e rendimento das aves trouxe consequências para a fisiologia do animal e conseqüentemente alterações na qualidade da carne (Bailey et al. 2015).

Carcaças afetadas por miopatias musculares apresentam uma aparência visual prejudicada, aumentando a condenação das carcaças e afetando a aceitabilidade do consumidor, resultando em perdas econômicas para toda a cadeia produtiva (Zambonelli, 2016). A mudança no perfil do consumidor, que aumentou a procura por cortes e produtos processados levou a maior manipulação do produto. Sendo assim, questões de aparência que não eram vistas em uma ave inteira, começaram a ser visualizadas em seus cortes.

Além do aspecto prejudicado, há aumento dos problemas de qualidade da carne associado ao processamento como falta de tenacidade, fraca coesão (tendência para separação de feixes de fibras musculares) relacionadas à imaturidade intramuscular do tecido conjuntivo e aumento da ocorrência de problemas relacionados com capacidade reduzida de retenção de água durante o processamento e armazenamento (Bailey et al., 2015).

Como o crescimento do músculo peitoral é obtido pela hipertrofia das fibras musculares, que resulta num aumento do diâmetro das fibras, há também redução do espaço para o tecido conjuntivo e, como consequência, causa aumento na degeneração muscular. Estas alterações morfológicas limitam o aporte sanguíneo comprometendo o fornecimento de nutrientes e a remoção de metabólitos produzidos pelas fibras musculares, alterando dessa maneira a qualidade da carne (Sandercock et al., 2009).

2.4.1. Classificação das miopatias

Os tipos de miopatias mais recorrentes e encontradas na literatura tem sido: estria branca no filé do peito, coxas e sobrecoxas (*white striping*), miopatia do musculo profundo ou doença do peito verde, miopatia do musculo dorsal, peito amadeirado (*wood breast*) e mais recentemente, a espaguete (*spaguetti breast*). A seguir cada uma dessas miopatias serão caracterizadas.

As estrias brancas (*white spring*) são caracterizada por faixas brancas paralelas às fibras musculares na superfície do músculo (Bauermeister et al., 2009; Kuttappan et al., 2009) e parece ser mais frequente em regiões mais espessas do músculo afetado. Normalmente acomete o músculo peitoral maior e os músculos das coxas. Esta miopatia pode ser

classificada de acordo com o grau das estrias presentes no músculo: músculo normal, não apresenta estrias aparentes; moderado, apresenta estrias visíveis e inferiores a um mm de espessura; e severo, com estrias superiores a um mm e facilmente observadas na superfície do músculo (Kuttappan et al., 2009).

A ocorrência de estrias brancas no músculo não prejudica apenas a aparência do produto, mas também as propriedades tecnológicas como capacidade de retenção de água, textura e perda por cocção (Petracci et al., 2013). A ocorrência dessa miopatia parece estar relacionada com altas taxas de crescimento, dessa forma, machos possuem maior incidência de estrias brancas, o que pode ser explicado pelo maior peso corporal destes animais (Kuttappan et al., 2009). Além disso, Russo et al. (2015) observaram aumento da gravidade das lesões de estria branca em animais mais pesados, o que pode estar relacionado tanto à maior massa muscular, quanto à idade mais avançada ao abate.

A Miopatia Peitoral Profunda (MPP) ou doença do peito verde é uma doença degenerativa dos músculos peitorais menores (filézinho), caracterizada pela atrofia e necrose. A condição surge quando as fibras do músculo se tornam deficientes em oxigênio e está associada com o repentino e excessivo movimento das asas. Embora a incidência da MPP aumente nos frangos pesados, esta pode ocorrer em qualquer idade ou peso e depende do manejo e dos sistemas de criação utilizados (Aviagen, 2008).

As lesões podem afetar ambos os filézinhos e variam na cor, indo de uma aparência hemorrágica rosada até uma descoloração cinza-esverdeada. Entretanto, a principal questão com a MPP é que se as aves forem comercializadas como carcaças ou peças inteiras, o problema é raramente detectado durante o processamento, provocando reclamações de consumidores e dificultando a identificação da causa do problema. Contudo, a condição não está associada à agentes infecciosos e, portanto, não tem nenhuma relevância para a saúde pública, exceto a de afetar a aparência estética da carne (Kijowski et al., 2009).

A miopatia do musculo dorsal (MMD) foi relatada inicialmente por Coates (2003) que a descreveu como uma lesão muscular degenerativa incomum em frangos de aproximadamente cinco semanas de idade. Conforme o autor, o músculo envolvido é o grande dorsal cranial ou anterior *latissimus dorsi*. As possíveis causas para a ocorrência da lesão seriam o excessivo bater de asas, possível deficiência de vitamina E e selênio e/ou níveis tóxicos de ionóforos no alimento, predisposição genética, envolvimento de

algum estímulo irritante, ou ainda pelo vírus da Bronquite Infecciosa (Trevisol et al., 2006).

A miopatia do peito amadeirado (*wood breast*) acomete o *Pectoralis major* de frangos de corte e pode estar ou não associada à miopatia da estriação branca. Conforme descrito por Sihvo et al. (2013), os filés de peito acometidos pela miopatia do peito amadeirado são caracterizados por serem endurecidos, pálidos e recobertos por líquido viscoso e em casos mais severos, é observada a presença concomitante de lesões da miopatia da estriação branca. A etiologia e os fatores que causam o aumento desta miopatia no músculo peitoral não foram identificadas, sendo descrita predominantemente em linhagens de crescimento rápido. Mudalal et al. (2015) encontraram alta associação da ocorrência do peito amadeirado com o maior peso e espessura do músculo *Pectoralis major*.

Clinicamente, a presença do peito amadeirado pode ser detectada por palpação do músculo do peito de aves vivas a partir de 3 semanas de idade, sendo mais evidenciado em aves com maior peso inicial e final (Mutryn et al., 2015). O grau de miodegeneração que acomete os peitos com a miopatia referida refletem em ampla modificação da composição química e deficiência notável na capacidade de processamento da carne, pois a carne acometida pelo amadeiramento possui propriedades tecnológicas inferiores, tais como capacidade de retenção de água reduzida além de alterações na textura (Mazzoni et al., 2015).

Finalmente, umas das miopatias mais recentes é denominada “*Spaghetti breast*”, caracterizada por alterações macroscópicas no músculo *Pectoralis major* que afetam as características da carne apresentando textura mole e com as fibras muito desfiadas, que se desprendem com facilidade quando em grau severo, sem sinais “*ante-mortem*”, e podem não apresentar diferenças em relação ao filé de peito normal quando observado somente na parte externa (Sihvo et al., 2013). Entretanto, Voutila (2009) observou que na carne *in natura* com a presença desta patologia, a estrutura se desintegrou, sendo possível puxar a fibra muscular com os dedos. Montagana (2017) estudando o efeito do tipo de instalação e das linhagens de frangos de corte sobre o aparecimento de “*spaghetti breast*”, observou que as aves criadas em galpões *Dark House* apresentaram maior incidência desse tipo de miopatia, quando comparadas às aves criadas em galpões convencionais tipo túnel. Esta maior incidência de miopatias em galpões mais modernos pode estar relacionada ao maior crescimento das aves. As condições ambientais das instalações podem influenciar na incidência das miopatias peitorais, assim como a nutrição, a

sanidade e a ambiência (Kuttappan et al., 2012) além de que, estas anormalidades podem estar correlacionadas ao nível de estresse das aves durante a fase produtiva.

2.4.2. Miopatias e nutrição

Algumas miopatias podem ter origem nutricional, podendo estar relacionadas ao aporte energético, teor de proteína e aminoácidos ou deficiências de selênio e de vitamina E, esta última conhecida como diátese exsudativa e distrofia muscular (Back, 2012).

O selênio (Se) faz parte da enzima glutathione peroxidase e age protegendo as membranas celulares da lesão peroxidativa, bem como a vitamina E (alfa tocoferol) que age de maneira semelhante (Avanzo et al., 2001). Por isso, a adição de vitamina E e selênio nas dietas pode reduzir o aparecimento de diátese exsudativa e distrofia muscular. Entretanto, estudos conduzidos por Kuttappan et al. (2012) demonstram que não houve relação entre a suplementação de vitamina E com o não aparecimento de miopatias em frangos de corte, sugerindo que a alteração muscular estaria mais relacionada com o peso do filé de peito das aves. Já nos estudos de Guetchom et al. (2012), a suplementação extra de vitamina E reduziu dano ao tecido muscular do peito das aves aos 28 dias, mas este efeito não foi observado nas aves mais velhas.

Estudos indicam que dietas menos energéticas e restrições alimentares podem ser possíveis alternativas para reduzir a presença de miopatias, pois no estudo de Ferreira et al. (2014) foi observado que o fornecimento de dietas menos energéticas reduziu tanto a taxa de crescimento, como a ocorrência de miopatias. Da mesma forma, Radaelli et al. (2016) observaram que a restrição alimentar na fase de crescimento dos 14 aos 21 dias foi eficaz no controle e redução da degeneração da fibra muscular, porém apenas no período de restrição. Nenhum efeito positivo residual foi registrado após a alimentação *ad libitum* no restante do período.

Estando as proteínas e aminoácidos estreitamente relacionados ao rendimento de peito e rápido crescimento muscular, é provável que a redução desses nutrientes desacelerem a taxa de deposição muscular, como forma de prevenir o aparecimento de miopatias. Carvalho e Vieira (2014), ao avaliarem o efeito de diferentes teores de energia e aminoácidos na ração para frangos de corte, observaram que o escore de estrias brancas foi significativamente maior nas aves que receberam dieta com os maiores níveis de aminoácidos e energia aos 20 dias. Entretanto o efeito não foi mantido nas avaliações

subsequentes aos 30, 40 e 50 dias, onde os escores de estria branca foram semelhantes para todos os tratamentos.

Além disso, diversos autores (Bauermeister et al., 2009; Kuttappan et al., 2009; Mudalal et al., 2014) encontraram aumento da ocorrência de miopatias peitorais com o aumento do peso do peito e com o aumento da idade da ave.

2.5. Parâmetros bioquímicos sorológicos de frangos de corte

O acompanhamento dos padrões bioquímicos dos animais de produção é uma importante forma de embasar diagnóstico de doenças, desequilíbrios nutricionais e desordens metabólicas. Todo esse complexo sistema químico-biológico que compõe o corpo animal precisa funcionar em perfeita sintonia para obtenção de boa saúde, digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes pois são indicativos das funções pancreática, renal e hepática. Nas aves o uso desta ferramenta está limitado a lotes experimentais porque muitas vezes não se conta com valores de referência para explorações avícolas, assim, a principal dificuldade é que muitas vezes os dados são obtidos a partir de indivíduos e não de populações, o que constitui um problema ao se fazer comparações (Bowes et al., 1989). Os principais parâmetros avaliados são a glicose, o colesterol total e suas frações e as proteínas séricas.

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 alimentação. Durante circunstâncias normais do dia-a-dia, o glucagon e o hormônio do crescimento são responsáveis pela manutenção das concentrações adequadas de glicose. Em contraste aos múltiplos fatores atuando para aumentar a glicose, há somente um hormônio responsável pela sua redução, que é a insulina (Kerr, 2002). Thrall et al. (2012) relatam que em aves saudáveis os níveis de glicose podem variar entre 200 a 500 mg/dL. Valores dentro dessa faixa foram encontrados por Soares (2014) ao mensurar a glicemia de frangos de corte em diferentes idades, recebendo dietas com diferentes teores de proteína, criados em ambiente de estresse por calor ou termoneutralidade.

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 corticosteroides (Campbell, 2004).

A concentração sérica normal de proteínas nas aves é menor que a de mamíferos, sendo constituída de 40 a 50% por albumina, além de proteínas de transporte, de coagulação, enzimas e hormônios produzidos no fígado. As imunoglobulinas sintetizadas por linfócitos B e plasmócitos também representam importantes componentes da proteína total (Campbell, 1986). Como o principal local de produção de proteínas é o fígado, importantes alterações nas funções hepáticas afetam o metabolismo das proteínas, evidenciado por inibição da síntese proteica.

As proteínas plasmáticas estão agrupadas em duas grandes categorias, albumina e globulinas, as quais têm muitas funções, embora as mais importantes estejam relacionadas com a manutenção da pressão osmótica do plasma, o transporte de substâncias através do corpo (hormônios, minerais), a imunidade, a ação tampão e a regulação das enzimas (Boettcher, 2004). Nas aves a maior fração proteica (40-60%) é a albumina que é sintetizada 100% no fígado, por isso sua medição pode ser complementar no diagnóstico das doenças hepáticas. A albumina possui níveis normais variam de 16 a 20 g/L para aves e tem como função transporte de ácidos graxos, cálcio, magnésio, zinco, cobre, bilirrubina, ácido úrico, vitaminas A e C, hormônios sexuais e, no caso específico das aves, dos hormônios tireoideanos (Lumeij, 1987). Já as globulinas são constituídas em sua grande maioria por transferrina, uma glicoproteína responsável pelo controle da absorção do ferro no intestino e a sua distribuição no organismo (Burke, 1996).

Em doenças agudas ou crônicas, como processos inflamatórios, ocorre aumento das proteínas plasmáticas totais porque se elevam as globulinas e ocasionalmente diminui a albumina causando-se uma diminuição na relação albumina/globulinas. Muitas vezes as proteínas totais podem estar em intervalos normais, embora a relação albumina/globulina diminuía, de forma que esta relação tem maior significado clínico. Em aves desidratadas observa-se aumento da albumina, já hipoproteinemia severa pode ser observada no caso de doença gastrointestinal ou renal e em aves desnutridas (Lumeij, 1987).

Os níveis séricos de lipase e amilase podem ser indicativos da atividade do pâncreas, que também sintetiza essas enzimas. No entanto, o aumento nos níveis séricos de lipase e amilase pode ocorrer em decorrência de lesão pancreática, como na pancreatite aguda e nos casos de necrose, inflamação ou neoplasia pancreática (Lumeij, 1997). Além disso,

aumento no nível sérico dessas enzimas também pode ser indício de danos na filtração glomerular dos rins, porém a melhor forma de se avaliar a função renal das aves é através da mensuração sérica do ácido úrico (Campbell, 1986).

As provas de função hepática para aves estão divididas em testes de enzimas hepáticas que refletem lesão hepatocelular (aspartato aminotransferase – AST e glutamiltransferase - GGT) e testes funcionais do fígado ou metabólitos, como o colesterol e as proteínas (Schmidt et al., 2007).

A avaliação dos ésteres de colesterol nas aves é comumente utilizado na clínica aviária, pois 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 da bainha de mielina (Duncan, 2000). Porém a utilidade da determinação do colesterol e suas frações 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 (Lumeij, 1997). As concentrações plasmáticas de colesterol para a maioria das espécies de aves variam de 100 a 250 mg/dL (Kaneko et al., 1997).

A concentração de triglicerídeos circulantes reflete o equilíbrio entre sua absorção intestinal, sua síntese/secreção nos hepatócitos e sua absorção no tecido adiposo, influenciados pelo teor de gordura na dieta e pela produção de hormônios. Pode-se observar hipocolesterolemia na fase final da doença hepática e em casos de má digestão, má absorção e inanição (Campbell, 1986).

REFERÊNCIAS

- ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual. 2018.
- ABREU, A. R. C. Teores de energia e proteína para frangos de corte fêmeas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil. 2015.
- AGROLINK. Cotações de grãos Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/graos/milho/>. Acessado em 04 de dezembro de 2018.
- ANDERSON, J. S. LALL, S. P. ANDERSON, D. M. et al. Aparent and true availability of amino acids from comom feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo solar*) reared in sea water. *Aquaculture*. V.108, n. 1, p. 1700-1709, 1992.
- ANDREOTTI, M. O., JUNQUEIRA, O. M., BARBOSA, M. J. B. et al. Influência da fonte energética no tempo de trânsito de rações para frangos de corte. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGROPOLES AND AGRO-INDUSTRIAL TECHNOLOGICAL PARKS, 1999, Barretos. Anais... Barretos: AGROTEC'99, p.412-415. 1999.
- AVANZO, J. L., de MENDONÇA Jr, C. X., PUGINE, S. M. P., de CERQUEIRA CESAR, M. Effect of vitamin E and selenium on resistance to oxidative stress in chicken superficial pectoralis muscle. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 129(2), 163-173, 2001.
- AVIAGEM. Miopatia peitoral profunda. Revisão Técnica: Eduardo de Albuquerque Lima (Gerente de Serviços Veterinários). Ano 1, n. 3, 2008.
- BACK, A. Manual de doenças de aves: Mionecrose peitoral profunda. 2ed. P. 285-286, Editora Integração. 2012.
- BAILEY, R. A., WATSON, K. A., BILGILI, S. F. and AVENDANO, S. 2015. The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*, 94(12): 2870-2879. 2015.
- BAKER, D.H., 1994. Utilization of Precursors for L-Amino Acids. In: *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. D'Mello, J.P.F.
- BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. *Poultry Science*, v.73, p.1441- 1447, 1994.
- BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. *Poultry Science*, v.73, p.1441- 1447, 1994.

BAUERMEISTER, L. J., A. U. MOREY, E. T. MORAN, M. SINGH, C. M. OWENS, and S. R. MCKEE. Occurrence of white striping in chicken breast fillets in relation to broiler size. *Poultry Science*, 88: 33.

BAUERMEISTER, L. J.; MOREY, A. U.; MORAN, E. T.; SINGH, M.; OWENS, C. M.; and MCKEE, S.R. Occurrence of white striping in chicken breast fillets in relation to broiler size. *Poultry Science*, 88: 33, 2009.

BERTECHINI, A. G.; ROSTAGNO, H. S.; SOARES, P. R. et al. Efeitos de programas de alimentação e níveis de energia da ração sobre o desempenho e a carcaça de frangos de corte. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.20, n.3, p.267- 80, 1991.

BERTECHINI, A.G. Nutrição de monogástricos. Lavras, M.G., Editora UFLA, 301p. 2004.

BIKKER, P.; KARABINAS, V.; VERSTEGGER, M. W.; CAMPBELL, R. G. Partitioning of dietary nitrogen between body components and waste in Young growing pigs. *Netherlands Journal of Agriculture Science*, v.42, p.37-45, 1994.

BOETTCHER, A. Valores bioquímicos sanguíneos del cisne de cuello negro (*Cygnus melanocoryphus*, Molina 1782), en una población silvestre, de Valdivia, Chile. *Médico Veterinario. Universidad Austral de Chile*. 2004.

BOWES, V; JULIAN, R; STIRTZINGER, T. Comparison of Serum Biochemical Profiles of Male Broilers with Female Broilers and White Leghorn Chickens *Can J Vet Res*; 53: 7-11. 1989.

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.

BUNCHASAK, C. Role of dietary methionine in poultry production. *Japan Poultry Science*,v. 46, p.169-179, 2009.

BURKE, W; Reprodução das aves. Em SWENSON, M; O'REECE, W. *Fisiologia dos animais domésticos*. Cornell University Press, 1996.

CAETANO, V.C.; FARIA, D. E.; CANIATTO, A. R. M.; FARIA FILHO, D. E.; NAKAGI, V.S. Desempenho e rendimento de carcaça em frangos de corte de um a 46 dias alimentados com dietas contendo diferentes níveis de valina e reduzido teor proteico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.67, n.6, p.1721-1728, 2015.

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. 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.

CAREW, L.B.; EVARTS, K.G.; ALSTER, F.A. Growth and plasma thyroid hormone concentrations of chicks fed diets deficient in essential amino acids. *Poultry Science*. v.76. p.1398-1404, 1997.

CASTRO, F. L. S.; SU, S.; CHOI, H. et al. L-Arginine supplementation enhances growth performance, lean muscle, and bone density but not fat in broiler chickens. *Poult Sci*. 2018 Nov 18. doi: 10.3382/ps/pey504.

CHURCH, D.C.; POND, W.G. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos, Zaragoza: Acribia, 1977. 462p.

COATES, J. An unusual degenerative muscle lesion (myopathy) in broilers. *Diagnostic Diary*, v.13, n.2, 2003.

CORZO, A.; FRITTS, C.A.; KIDD, M.T.; KERR, B.J. Response of broiler chicks to essential and non-essential amino acid supplementation of low crude protein diets. *Animal feed science and technology*. v.118. p.319-327, 2005.

CORZO, A.; KIDD, M.T.; DOZIER III, W.A. et al. Dietary threonine needs for growth and immunity of broilers raised under different litter conditions. *Journal of Applied Poultry Research*, v.16, p.574-582, 2007.

CORZO, A.; LOAR II, R.E.; KIDD, M.T. et al. Limitations of dietary isoleucine and valine in broiler chick diets. *Poultry Sci.*, v.88, p.1934- 1938, 2009.

CORZO, A.; MORAN, E.T.; HOEHLERT, D. Arginine need of heavy broiler males: applying the ideal protein concept. *Poultry Science*. v.82. p.402-407. 2003.

DE BLAS, C., MATEOS, G.G. Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. MUNDIPRENSA, Madri, 1991, 263 f.

DEAN, D.W.; BIDNER, T.D.; SOUTHERN, L.L. Glycine supplementation to low protein, amino acid-supplemented diets supports optimal performance of broiler chicks. *Poultry Science*. v.85. p.288-296, 2006.

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.

DIAS, T.S.L. Metabolismo hepático de lipídios em frangos de corte (*Gallus domesticus*) com diferentes níveis de proteína e energia. 1999. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

DORIGAM, J. C. de P. Método fatorial para determinar exigências de energia. In: SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2 ed. Jaboticabal: Funep, p. 163 – 190, 2016.

DUNCAN, J. Bioquímica Clínica. En: Manual de Patología Clínica em Pequenos Animales. Davidson, M; R. Else; J. Lumsden (Eds). Ed. Harcourt, España. 2000.

ECCO, R.; BRAGA, J. F. V. Miopatia em frango de corte. Periódicos Brasileiros em Medicina Veterinária e Zootecnia. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia Vol. 2015 - Fascículo 76 p. 117-125. 2015.

EKLUND, M., E. BAUER, J. WAMATU, AND R. MOSENTHIN. 2005. Potential nutritional and physiological functions of betaine in live- stock. Nutr. Res. Rev. 18:31–48. 2005.

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. The Journal of Applied Poultry Research, Athens, v. 6, n. 4, p. 462-470, 1997.

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.

FERREIRA, T. Z., CASAGRANDE, R. A., VIEIRA, S. L., DRIEMEIER, D. and KINDLEIN, L. An investigation of a reported case of white striping in broilers. The Journal of Applied Poultry Research, 23(4), 748-753, 2014.

FURLAN, R. L., MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M; FURLAN, L. R. e GONZALES, E. (Ed.) Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p. 209-230. 2002.

GADELHA, A.C.; CHAVES, A.A.C.M.; SOUSA, F.M.; PINTO, M.J.F.D. et al. Relação Arginina:Lisina e sódio no desempenho de frangos de corte fêmeas no período de 1 a 28 dias. In: 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2006. João Pessoa, Anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.

GONZALO, G.M. Rate of passage (transit time) as influenced by level of supplemental fat. Poultry Science, Champaign, v.61, p.94-100, 1982.

GOULART, C.C.; COSTA, F.G.; SILVA, J.H.V.; NETO, R.C.L. et al. Exigências de lisina digestível para frangos de corte machos de 1 a 7 e 8 a 21 dias de idade. In: 44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2007. Jaboticabal. Anais... Jaboticabal. UNESP: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007.

GRIFFIN, H.D.; GUO, K.; WINDSOR, D. et al. Adipose tissue lipogenesis and fat deposition in leaner broiler chickens. *Journal of Nutrition*, Baltimore, v.122, p.363-368, 1992.

GUETCHOM, B., VENNE, D., CHENIER, S. and CHORFI, Y. Effect of extra dietary vitamin E on preventing nutritional myopathy in broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 21(3): 548-555, 2012.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E.H., 1996. *Tratado de Fisiologia*. Nona Edição. Guanabara Koogan. 1996.

JUST, A. The net energy value of balanced diets for growing pigs. *Lvstckoc Production Science*, Amsterdam, v.8, p.541-555, 1982.

KANEKO, J; HARVEY, J; BRUSS, M. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 5th ed., San Diego, Academic Press, 932p. 1997.

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

KESSLER, A.M.; SNIZEK, P.N. Considerações sobre a quantidade de gordura na carcaça do frango. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.111-159.

KIDD, M.T.; KERR, B.J. L-threonine for poultry: a review. *Journal Applied Poultry Research*, v.5, n.4, p.358-367, 1996.

KIJOWSKI, J.; KUPINSKA, E.; KACZMAREK, A.; STANGIERSKY, J.; POPIOL, A. Occurrence and characteristics of chicken breast muscles with DPM symptoms. *Medycyna Weterynaryjna*, v.65, p.466-471, 2009.

KUTTAPPAN, V. A., BREWER, V. B., APPLE, J. K., WALDROUP, P. W. and OWENS, C. M. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, v.91, n.10, p.2677-2685. 2012.

KUTTAPPAN, V.A. et al. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. *Poultry Science*, Champagnain, v.88 (Suppl.1), n. 447 (Abstr.). 2009.

LATOUR, M.A.; PEEBLES, E.D.; BOYLE, C.R. et al. The effects of dietary fat on growth performance, carcass composition, and feed efficiency in the broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v.73, p.1362-1369, 1994.

LECLERCQ, B. Les rejet azote Issus de l'áviculture: importance et progress envisageables. *INRA Prod. Anim.*, v. 9, p. 91-101. 1996.

- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. Commercial poultry nutrition.3.ed. Ontario: University Books, p. 98-107, 2005.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. Nutrition of the chicken. 4.ed. Guelph: University Books, 413p. 2001.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M., 1993. Principles of Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. 1993.
- LEHNINGER, D. N.; COX, M. M. Princípios de bioquímica de Lehninger. Porto Alegre: Artmed, 5 ed. 2011.
- LEVESQUE, C.L.; MOEHN, S.; PENCHARZ, P.B.; et al. Review of advances in metabolic bioavailability of amino acids. In: 11th International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. Livestock Science, v.133, n.1, p. 4-9, 2010.
- LONGLAND, A.C., 1993. In: In Vitro Digestion For Pigs and Poultry. Ed. M.F.Fuller. 1993.
- LUMEIJ, J. Plasma urea, creatinine and uric acid concentrations in response to dehydration in Racing pigeons (*Columba Livia Domestica*)', *Avian Pathology*, V.16, n. 3. P. 377-382. 1987.
- LUMEIJ, J.T. Avian Clinical Biochemistry. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals 5th edition. San Diego, Academic Press, 932p. 1997.
- MACLEOD, M.G. Effects of amino acid balance and energy: protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. *British Poultry Science*, Abingdon, v.38, p. 405-411, 1997.
- MARCATO, S. M. Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte. Tese de Doutorado em Zootecnia. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal. 183 p. 2007.
- MATEOS, G.G.; SELL, J.L. Influence of fat and carbohydrate source on rate of food passage of semipurified diets for laying hens. *Poultry Science*, v.60, p.2114-2119, 1981.
- MAZZONI, M. et al. Relationship between Pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. *Poultry Science*, Champaign, v. 94, p. 123–130, 2015.
- MAZZUCO H.; GUIDONI A. L.; JAENISCH F. R. Efeito da restrição alimentar qualitativa sobre o ganho compensatório em frangos de corte. *Pesq. Agropec. Bras.* 35:543–549. 2000.
- MENDES, A. A. Impactos nos Resultados Produtivos e na Qualidade do Produto: A Visão da Indústria. IN: Anais XIV Simpósio Brasil Sul de Avicultura, Chapecó, SC. 2013.

- MONTAGNA, F. S. Incidência de miopatia peitoral em frangos de corte de diferentes sistemas de produção. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Grande Dourados. Mato Grosso do Sul. Brasil. 2017.
- MORAN Jr., E. Digestão e absorção de gorduras. Fisiologia da digestão e absorção das aves. Fundação APINCO de ciência e tecnologia. P. 71-78. 1994.
- MUDALAL S.; LORENZI, M.; SOGLIA, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Implications of White striping and Wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*. V9, N4, 728-34, April, 2015.
- MUTRYN, M. F. et al. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC Genomics*, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2015.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica de Lehninger. Porto Alegre: Artmed, 2011. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- NETO, A.R.O. Metabolismo e exigência de metionina. In: SAKOMURA, N.K., VILAR DA SILVA, J.H., PERAZZO-COSTA, F.G. et al. (Ed). Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, p.188-217, 2014.
- NIETO, R.; AGUILERA, J.F.; FERNÁNDEZ-FÍGARES, I. et al. Effect of a low protein diet on the energy metabolism of growing chickens. *Archives of Animal Nutrition*, Berlin, v.50, p.105-119, 1997.
- NOBAKHT, A.; TABATBAEI, S.; KHODAEI, S. Effects of Different Sources and Levels of Vegetable Oils on Performance, Carcass Traits and Accumulation of Vitamin E in Breast Meat of Broilers. *Journal of Biological Sciences*, v. 3, n. 6, p. 601-605, 2011.
- NOBLET, J. LE BELLEGO, L.; van MILGEN, J. DUBOIS, S. Effects of reduced dietary protein level and fat addition on heat production and nitrogen and energy balance in growing pigs. *Animal Research*. v.50. p.227-238, 2001.
- NOBLET, J.; PEREZ, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *Journal Animal Science*. v.71. p.3389-3398. 1993.
- OLIVEIRA, W. P. O., 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. *Rev. Bras. Zootec.*, v.39, n.5, p.1092-1098, 2010.
- PARR, J.F.; SUMMERS, J.D. The effect of minimizing amino acid excesses in broiler diets. *Poultry Science*, v.70, p.1540-1549, 1991.
- PENZ JUNIOR, A. M., 1990. Exigências de aminoácidos das poedeiras. In: CICLO DE CONFERÊNCIAS DA A. V. E., 2, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: 1990 p. 88 – 110. 1990.

PETRACCI, M., MUDALAL, S., BONFIGLIO, A., CAVANI, C. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, v.92, n.6, p.1670-1675. 2013.

PUPA, J.M.R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.1, p.69-73, 2004.

RADAELLI, G.; PICCIRILLO, A.; BIROLO, M.; et al. Effect of age on the occurrence of muscle fiber degeneration associated with myopathies in broiler chickens submitted to feed restriction. *Poultry Science*, 1-7. 2016.

RICHARDSON, J. A., J. BURGNER, R.W.WINTERFIELD, A. S. DHILON 1980. Deep pectoral myopathy in seven-week-old broiler chickens. *Avian Dis.* 24:1054–1059.

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: 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2006. João Pessoa, Anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.

ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L. et al. Tabelas Brasileiras para aves e suínos. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 186p., 2005.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4a edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 488p. 2017.

ROSTAGNO, H.S., VARGAS JR, J.G.; ALBINO, L.F.T. et al. Níveis de proteína e de aminoácidos em dietas de pintos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Anais... Campinas: Associação Brasileira de Produtores de Pintos de Corte, 2002.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Departamento de Zootecnia. UFV. Viçosa, MG. 252 p. 2011.

ROUSH, W.B. Na investigation of protein levels for broiler starter and finisher rations and the time of ration change by response surface methodology. *Poultry Science*, v.62, p.110-116, 1983.

RUSSO, E. et al. Evaluation of White Striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. *Poultry science*, p.172, 2015.

RUTZ, F.; ROLL, V. F. B.; XAVIER, E. G.; ANCIUTI, M. A.; LOPES, D. C. N. Fisiologia da digestão e absorção em aves. Disponível em:

<https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/fisiologia-digestao-absorcao-aves-t38668.htm>; Publicado em: 30 de junho de 2015; acesso em 15 de fevereiro de 2018.

SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; CECON, P.R. et al. Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p. 1846-1853, 2007.

SAADOUN, A.; LECLERCQ, B. In vivo lipogenesis of genetically lean and fat chickens: effects of nutritional state and dietary fat. *Journal of Nutrition*, Baltimore, v.117, p.428-435, 1987.

SABINO, H. F. N., SAKOMURA, N. K., NEME, R. FREITAS, E. R. Níveis protéicos na ração de frangos de corte na fase de crescimento. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.5, p.407-412, 2004.

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

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. *Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, v. 1. 262p., 2016.

SANDERCOCK, D. A., BARKER, Z. E., MITCHELL, M. A., HOCKING, P. M. Changes in muscle cell cation regulation and meat quality traits are associated with genetic selection for high body weight and meat yield in broiler chickens. *Genetics Selection Evolution*, 41(1), 1, 2009.

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.

SIHVO, H. K., IMMONEN, K., PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology*, 51(3): 619-623, 2013.

SILVA, J.H.V., COSTA, F.G.P., DE LIMA, R.B. Digestão e absorção de proteínas. In: SAKOMURA, N.K., VILAR DA SILVA, J.H., PERAZZO-COSTA, F.G., FERNANDES, J.B.K., HAUSCHILD, L. *Nutrição de não ruminantes*, Jaboticabal: FUNEP, p.95-109., 2014.

SKLAN, D.; PLAVINIK, I. Interactions between dietary crude protein and essential amino acid intake on performance in broilers. *British Poultry Science*, v.43, p.442-449, 2002.

SKLAN, D.; NOY, Y. Catabolism and deposition of amino acids in growing chicks: effect of dietary supply. *Poult. Sci.*, v.83, n.6, p.952-961, 2004.

SKLAN, D.; HURWITZ, S.; BUDOWSKI, S.; ASCARELLI, I. Fat Digestion and Absorption in Chicks Fed Raw or Heated Soybean Meal. *The Journal of Nutrition*, V. 105, n. 1, P. 57–63, 1975.

SOARES, K.R. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em termoneutralidade ou estresse térmico. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

SOSNICKI, A.A. Focal myonecrosis effects in turkey muscle tissue. *Reciprocal Meat Conference Proceedings Volume 46*, American Meat Science Association/National Live Stock and Meat Board, Chicago, p. 97-102, 1993.

STRAYER, L. *Metabolismo: Conceitos e Planos Básicos*. Bioquímica. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro. 3.ed. p.259-405, 1992.

STURKIE, P. D., 1986 *Avian Physiology*. New Brunswick, New Jersey, U.S.A.:462-470. 1986.

SWENNEN, Q.; JANSSENS, G.P.J.; MILLET, S. et al. Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: Endocrine functioning and intermediary metabolism. *Poultry Science*, Champaign, v.84, p.1051-1057, 2005.

TANAKA, K.; OHTANI, S.; SHIGERO, K. Effect of increasing dietary energy on hepatic lipogenesis in growing chicks – Increasing energy by carbohydrate supplementation. *Poultry Science*, v. 62, p. 445-45, 1983a.

TANAKA, K.; OHTANI, S.; SHIGERO, K. Effect of increasing dietary energy on hepatic lipogenesis in growing chicks – Increasing energy by fat or protein supplementation. *Poultry Science*, v. 62, p. 452-458, 1983b.

TAVERNARI, F.C.; BERNAL, L.E.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; VIEIRA, R.A. Relação metionina + cistina / lisina digestível para frangos de corte cobb. *Revista Ceres*, v.61, n.2, p.193-201, 2014.

THRALL, M.A.; WEISER, G.; ALLISON, R.W.; CAMPBELL, T.W. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 776p. 2012.

TREVISOL, I.M et al. Teste de proteção vacinal para uma amostra de bronquite infecciosa isolada de um caso de miopatia frente a amostra de vacina comercial H120. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Suplemento 8. 2006.

VASCONCELLOS, C. H. F.; FONTES, D. O.; LARA, L. J. C.; CORRÊA, G. S. S.; SILVA, M. A.; VIDAL, T. Z. B.; FERNANDES, I. S.; ROCHA, J. S. R. R. Avaliação de

níveis de glicina+serina em dietas de frangos de corte com reduzido teor de proteína bruta. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.67, n.2, p.499-505, 2015.

VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; LARA, L.J.C.; VIDAL, T.Z.M.; SILVA, M; A.; SILVA, P.C. 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.

VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; VIDAL, T.Z.B.; LARA, L.J.C.; RODRIGUES, P.B.; VASCONCELOS, R.J.C. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta sobre o desempenho e composição de carcaça de frangos de corte machos de 21 a 42 dias de idade. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 4, p. 1039-1048, 2010.

VIEIRA, R. Fundamentos de bioquímica. 267 p. 2003.

VILAR DA SILVA, J. H.; LIMA, R. B.; LACERDA, P. B.; OLIVEIRA, A. C. Digestão e absorção de lipídios. In: SAKOMURA, N. K.; VILAR DA SILVA, J. H.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. *Nutrição de Não Ruminantes*. 1. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. P.65 – 76.

VOLLHARDT, K. P. C., SCHORE, N. E., *Química Orgânica - Estrutura e função*, 4ª edição, 2004, p. 986.

VOUTILA, L. Properties of Intramuscular Connective Tissue in Pork and Poultry with Reference to Weakening of Structure. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki, Helsinki, Finland, pp. 13–16, 2009.

WANNMACHER, C.M.D.; DIAS, R.D., 1988. *Bioquímica Fundamental*. 6a.Ed. UFRGS. 1988.

WARNICK, R.E.; ANDERSON, J.O. Limiting essential amino acids in soybean meal for growing chickens and the effects of heat upon availability of the essential amino acids. *Poultry Science*, v.47, p.281-287, 1968.

ZAMBONELLI, P; ZAPPATERRA, M; SOGLIA, F. et al. Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by White Striping – Wooden Breast myopathies. *Poultry Science*, Volume 95, n. 12, p. 2771–2785, 2016.

CAPÍTULO I

Efeito da idade, manipulações proteicas e aminoacídicas sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, custos e desempenho de frangos de corte

Efeito da idade, manipulações proteicas e aminoacídicas sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, custos e desempenho de frangos de corte

RESUMO – Foram utilizados 390 frangos de corte fêmeas com 21 dias de idade para avaliar o efeito de cinco manipulações proteicas na ração (19P – 19% de proteína; 21P – 21% de proteína; 19E – 19% de proteína; 21E – 21% de proteína; 19E+Aa – 19% de proteína) e duas idades de acabamento (37 ou 44 dias). Obteve-se dados da metabolizabilidade dos nutrientes e a energia da ração (28 a 32 dias), desempenho e custos de produção. O delineamento foi inteiramente ao acaso (DIC) com cinco tratamentos e seis repetições de 13 aves para metabolizabilidade e DIC em esquema fatorial (5 rações X 2 idades) para desempenho e custos. Pior metabolizabilidade da matéria seca foi encontrada no tratamento 21E ($p \leq 0,05$). O tratamento 19E+Aa melhorou a utilização da proteína e reduziu a excreção de nitrogênio ($p \leq 0,05$). Os tratamentos 19E, 21E e 19E+Aa melhoraram a metabolizabilidade do extrato etéreo ($p \leq 0,05$). Menor valor de energia metabolizável foi observado no tratamento 21P ($p \leq 0,05$). Não houve interação entre ração e idade para nenhuma das variáveis do desempenho ($p > 0,05$). O tratamento 19P aumentou o consumo de ração ($p \leq 0,05$), piorou a conversão alimentar ($p \leq 0,05$) e o índice de eficiência produtiva (IEP) ($p \leq 0,05$). Além disso, maior consumo de ração e maior ganho de peso foi observado aos 44 dias do que com 37 dias ($p \leq 0,05$). Os tratamentos 19P e 21P apresentaram melhores custos de produção ($p \leq 0,05$). Conclui-se que a manipulação proteica do tratamento 21P pode ser mais interessante zootécnica e economicamente para frangos de corte fêmeas tanto dos 21 aos 37 dias, quanto dos 21 aos 44 dias.

PALAVRAS-CHAVE – aminoácido sintético, conversão alimentar, custo, digestibilidade, frango de corte fêmea, formulação de ração.

INTRODUÇÃO

Vários fatores podem influenciar no desempenho do lote de frangos de corte, dentre os principais destacam-se os fatores nutricionais, sanitários, ambientais, instalações, genéticos, sexo e idade (Oliveira, 2006). Devido às diferenças de exigência, comportamento e desempenho, a separação dos lotes de frangos de corte machos e fêmeas é recomendada, cujo objetivo é proporcionar economia com alimentação, menor competição, maior uniformidade do lote e conseqüentemente melhor padronização na linha de abate (Stringhini et al., 2006).

O frango de corte fêmea atinge o ponto máximo na curva de crescimento com idade entre 35 a 38 dias, diferente dos frangos de corte machos que atingem esse ponto com idade próxima aos 42 dias (Marcato, 2007). O ponto máximo na curva de crescimento de frangos de corte pode indicar a melhor idade para encerrar o lote, pois, a partir dessa idade ocorre redução da taxa crescimento, piora da conversão alimentar e maior acúmulo de gordura na carcaça (Fialho, 1999). Entretanto, devido às preferências do consumidor pelo frango em cortes ao invés da carcaça inteira, busca-se carcaças maiores. Até então, o custo econômico em encerrar os lotes de frangos de corte fêmeas com idade mais tardia não está bem estabelecido, apenas é conhecido que ocorre piora da conversão alimentar e aumento da deposição de gordura na carcaça (Souza e Michelan Filho, 2004).

Do ponto de vista nutricional, a proteína e os aminoácidos são nutrientes estreitamente relacionados ao desempenho zootécnico e rendimento de carcaça de frangos de corte. Nesse sentido existem diversas possibilidades de manipulação proteica e aminoacídica na dieta para esta espécie.

Com a determinação mais precisa das exigências aminoacídicas das aves e com a oferta de alguns aminoácidos essenciais, há possibilidade de redução dos níveis de proteína da ração com o objetivo de adequar melhor às necessidades do animal (Baker e Ham, 1994), reduzindo assim a poluição ambiental (Noblet e Perez, 1993), o desperdício de nutrientes e energia pela excreção do nitrogênio em excesso. As proteínas possuem alto incremento calórico, o que é atribuído principalmente às séries de complexas reações características do seu metabolismo, aos mecanismos de absorção que são baseados em transportes ativos (Vieira, 2003), além da energia gasta na excreção de nitrogênio.

Dessa maneira, nas formulações a base de milho e farelo de soja com redução dos níveis de proteína e níveis ajustados de aminoácidos, ocorre menor inclusão de farelo de soja, principal ingrediente proteico, e maior utilização de aminoácidos sintéticos, o que permite maior inclusão de milho, principal ingrediente energético, que normalmente apresenta menor custo do que as fontes lipídicas. Soares (2014) e Attia et al. (2018) encontraram pior desempenho de frangos de corte na fase de crescimento com a redução do teor de proteína na ração suplementada com aminoácidos sintéticos. Entretanto, a redução proteica foi acompanhada de redução da fonte lipídica, o que também pode ter contribuído para o resultado encontrado.

Por outro lado, o aumento do teor de proteína das rações à base de milho e farelo de soja para aves, requer maior inclusão de farelo de soja. Com isso, ocorrerá menor inclusão de milho, o que estabelece maior inclusão da fonte lipídica para que a fórmula atinja o teor energético desejado. O efeito benéfico da adição de lipídios nas rações de aves está associado a modificações na fisiologia gastrointestinal como redução do tempo de passagem e ao menor incremento calórico, resultante da atividade gastrointestinal, hepática, renal, dos sistemas circulatório e respiratório verificado durante os processos de digestão, absorção e assimilação dos lipídios (Church e Pond, 1977).

Diante do exposto, ao realizar este estudo objetivou-se avaliar o efeito de cinco tipos de manipulações proteicas para frangos de corte fêmeas na fase de crescimento sobre a metabolizabilidade dos nutrientes e valores de energia. Além dos efeitos das dietas, avaliou-se duas idades de abate (37 ou 44 dias) sobre o desempenho e custos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais, dietas e delineamento

Foram utilizados 390 frangos de corte fêmeas da linhagem Cobb®. Todos os procedimentos com os animais seguiram os princípios éticos da experimentação animal. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais (CEUA/UFMG) sob protocolo 179/2018.

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos (rações) e seis repetições com 13 aves cada. Para o desempenho e avaliação econômica, o DIC foi em esquema fatorial 5 x 2 (5 rações x 2 idades), seis repetições de 13 aves cada.

Os pintos de um dia foram adquiridos em incubatório comercial, onde receberam vacinação contra as doenças de Marek e Gumboro e foram criados em sala climatizada com sistema de circulação de ar, temperatura e umidade relativa do ar controlados. As aves foram criadas sob as mesmas condições de 1 a 21 dias de idade recebendo água e ração (Cobb, 2018) à vontade. O programa de luz utilizado foi de seis horas de escuro e 18 horas de luz/dia.

O período experimental foi dos 21 aos 37 dias e dos 21 aos 44 dias. Aos 21 dias todas as aves foram pesadas e distribuídas homogeneamente em gaiolas metabólicas, com peso médio de 0,927 kg/ave. Obteve-se o encerramento do desempenho aos 37 dias e aos 44 dias com o objetivo de comparar qual a melhor idade para finalizar a criação das aves. Os tratamentos foram definidos pela ração que as aves receberam na fase de crescimento e foram formuladas de acordo com as recomendações do manual da linhagem (Cobb, 2018) (tabelas 1 e 2).

As rações da fase de crescimento tiveram diferentes manipulações proteicas:

Tratamento 19 P* – ração com 19% de PB;

Tratamento 21 P* – ração com 21% de PB;

Tratamento 19 E** – ração com 19% de PB;

Tratamento 21 E** – ração com 21% de PB;

Tratamento 19 E** + Aa – ração com 19% de PB com acréscimo de Aa a fim de tornar os níveis de aminoácidos semelhantes ao tratamento 21 E (21% PB).

*Formulação de custo mínimo, com aumento da proteína e demais alterações respeitando formulações de campo.

**Formulação realizada com o objetivo de manter semelhantes os principais nutrientes que poderiam influenciar no aproveitamento nutricional (amido, fibra, extrato etéreo), utilizando ingredientes não usuais na formulação de campo.

Tabela 1 - Composição percentual das rações experimentais

Ingredientes	Inicial	Crescimento				
	Única	19P	21P	19E	21E	10E+Aa
Milho moído	54,667	65,200	58,350	54,080	53,310	53,780
Farelo de soja 45,5% PB	33,333	25,100	31,370	32,000	34,000	31,950
Óleo de soja	3,667	3,060	4,110	5,500	5,500	5,500
Farinha de carne e ossos 41%PB	6,667	5,155	5,000	---	---	---
Amido	---	---	---	2,740	---	2,750
Farelo de glúten de milho	---	---	---	---	2,200	---
Casca de soja	---	---	---	0,830	0,500	0,830
Calcário	0,235	0,322	0,227	0,928	0,840	0,825
Fosfato bicálcico	---	---	---	1,730	1,680	1,730
Sal comum	0,416	0,360	0,358	0,410	0,410	0,410
DL- Metionina	0,325	0,236	0,185	0,225	0,160	0,225
L- Lisina	0,183	0,135	---	0,040	---	0,080
L- Treonina	0,057	0,032	---	---	---	0,080
L - Triptofano	---	---	---	---	---	0,020
L- Arginina	---	---	---	---	---	0,120
L- Valina	---	---	---	---	---	0,110
L- Isoleucina	---	---	---	---	---	0,090
Suplemento vit/min ¹	0,400	---	---	---	---	---
Suplemento vit/min ²	---	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Cloreto de colina	0,050	---	---	---	---	---
Inerte	---	---	---	1,117	1,00	1,100
TOTAL (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Custo (R\$/kg)	---	1,005	1,057	1,161	1,146	1,296

¹ Suplemento vitamínico/mineral (Fase inicial). Cada 1,0 kg contém: Ácido fólico 142 mg, ácido pantotênico 2.600 mg, Halquinol 7.500 mg, *Bacillus subtilis* 75 x 10⁶ UFC, biotina 13 mg, cobre 1.500 mg, colina 75 g, ferro 26 g, iodo 250 mg, manganês 16,25 g, niacina 8.750 mg, monensina 30 g, selênio 60 mg, vit. A 2.500.000 UI, vit. B1 370 mg, vit. B12 3.000 mcg, vit. B2 1.280 mg, vit. B6 410 mg, vit. D3 500.000 UI, vit. E 3.750 UI, vit. K3 635 mg, zinco 11,37 g.

² Suplemento vitamínico/mineral (Fase crescimento). Cada 1,0 kg contém: ácido fólico 877,5 mg, ácido pantotênico 9.900 mg, BHT 13.750 mg, biotina 68.750 mg, cobre 10.000 mg, colina 1.546,3 mg, ferro 30.000 mg, iodo 1.000 mg, manganês 90.000 mg, niacina 38.500 mg, selênio 212,5 mg, Vit. A 9.775 UI, vit. B1 1.725 mg, vit. B2 6.187,5 mg, vit. B6 3.900 mg, vit B12 15.225 mg, vit. D3 2.255 UI, vit. E 25 mg, vit. K3 3.150 mg, zinco 80.000 mg.

Tabela 2 – Valores nutricionais calculados das rações experimentais

Níveis nutricionais	Inicial	Crescimento				
	Única	19P	21P	19E	21E	19E+Aa
PB %	22,50	19,00	21,00	19,00	21,00	19,00
EM (kcal/kg)	3.050	3.130	3.130	3.130	3.130	3.130
Fibra bruta (%)	2,58	2,43	2,61	2,78	2,78	2,78
Amido (%)	---	38,85	35,87	36,01	33,78	35,85
Gordura (%)	---	6,58	7,46	8,09	8,13	8,07
Cálcio (%)	1,08	0,88	0,85	0,87	0,83	0,84
Fósforo disponível (%)	0,49	0,39	0,39	0,41	0,41	0,41
Matéria mineral	5,47	4,59	4,77	2,86	2,98	2,85
Lisina digestível (%)	1,20	0,95	0,99	0,95	0,98	0,98
Met + Cis digestível (%)	0,90	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Metionina digestível (%)	0,62	0,49	0,47	0,48	0,46	0,48
Treonina digestível (%)	0,78	0,65	0,71	0,65	0,72	0,72
Triptofano digestível (%)	0,21	0,19	0,22	0,21	0,23	0,23
Valina digestível (%)	0,91	0,76	0,86	0,79	0,89	0,89
Arginina digestível (%)	1,39	1,12	1,29	1,17	1,27	1,28
Isoleucina digestível (%)	0,82	0,67	0,77	0,74	0,82	0,82
Sódio (%)	0,21	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17

Metabolizabilidade dos nutrientes e valores de energia

O ensaio para a determinação da metabolizabilidade dos nutrientes das rações e dos valores de EMA e EMAn foi realizado pelo método tradicional de coleta total de excretas de acordo com as recomendações de Sakomura e Rostagno (2016). Foram utilizados 13 frangos por unidade experimental, no período de 28 a 32 dias.

As excretas e as rações foram analisadas para determinação da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo (AOAC, 2012). Na determinação do teor do extrato etéreo nas excretas previamente foi realizada hidrólise ácida, com o objetivo de liberar a fração de ácidos graxos que formam sabões insolúveis com o cálcio e o magnésio, bem como outros componentes lipídicos difíceis de serem solubilizados por meio do método de extração convencional, evitando assim que o valor do extrato etéreo seja subestimado.

Os valores de energia bruta foram determinados em bomba calorimétrica adiabática da marca Parr[®], tipo isoperibol 6200. Os cálculos da energia metabolizável foram realizados de acordo com Matterson et al. (1965). A partir dos dados de consumo de ração, produção de excretas e dos resultados das análises bromatológicas foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS), da proteína bruta (CMPB) e do extrato etéreo (CMEE), conforme a fórmula: Metabolizabilidade dos nutrientes (%) = ((nutriente ingerido (g) – nutriente excretado (g)) / nutriente ingerido (g)) * 100.

Desempenho e avaliação econômica

As aves e a ração fornecida foram pesadas semanalmente para obtenção do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. A viabilidade foi calculada considerando o percentual de aves mortas no período. O índice de eficiência produtiva (IEP) do período experimental foi calculado utilizando a seguinte fórmula: (ganho de peso diário (kg) * viabilidade (%)) / conversão alimentar * 100.

Para avaliação econômica, foi calculado o custo de cada um dos cinco tipos de ração da fase de crescimento de acordo com a cotação em real (R\$) dos ingredientes no dia 20/11/2018. Em seguida para comparar a eficiência econômica entre as rações (EER) testadas, determinou-se o custo de alimentação por quilograma de frango produzido de acordo com Bellaver et al. (1985), utilizando a seguinte fórmula: $Y_i = (Q_i * P_i) / G_i$, onde: Y_i = custo médio de alimentação por quilograma de peso vivo, produzido no i-ésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i-ésimo tratamento; P_i = preço da ração consumida no i-ésimo tratamento; G_i = ganho de peso do i-ésimo tratamento verificado no período.

Já a eficiência econômica do desempenho de cada tratamento foi analisada através da estimativa do custo médio da alimentação por quilograma de frango produzido, comparada ao tratamento que obteve o menor custo médio da alimentação. O índice de eficiência econômica (IEE) foi determinado de acordo com Barbosa et al. (1992) e pode ser representado por: $IEE_1 = (MCM_e / CM_{ei}) * 100$, onde: MCM_e = menor custo total médio da alimentação observado entre os tratamentos; CM_{ei} = custo total médio do tratamento i considerado.

Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram analisados por meio do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2002). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados normais foram submetidos à análise de variância (teste F) para verificar os efeitos significativos entre os fatores simples. Diferenças entre as médias foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$ e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados que violaram o princípio de normalidade foram avaliados por meio de estatística não paramétrica, analisados pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Metabolizabilidade dos nutrientes e valores de energia

Os resultados dos coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes, excreção de nitrogênio e valores de energia encontram-se na tabela 3. Houve efeito das rações sobre o CMMS ($p \leq 0,05$). Maiores valores de CMMS foram encontrados nos tratamentos 19P, 21P e 19E+Aa em relação ao tratamento 21E, sendo que o tratamento 19E foi intermediário e semelhante aos demais tratamentos. A redução dos níveis nutricionais em uma dieta tende a melhorar a metabolizabilidade dos nutrientes para frangos de corte (Beretta Netto, 2003). Possivelmente menor CMMS foi encontrado para o tratamento 19E devido à composição dos ingredientes. Na ração do tratamento 19E ocorreu inclusão de farelo de glúten de milho, o que poderia influenciar a metabolizabilidade dos nutrientes, principalmente devido à falta de padronização na composição dessa matéria prima (Santos, 2004). 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.

Houve efeito dos tratamentos sobre o CMPB ($p \leq 0,05$), onde foi encontrado melhor metabolizabilidade da PB no tratamento 19E+Aa em relação aos demais tratamentos, cuja formulação continha maiores inclusões de aminoácidos industriais do que os outros tratamentos. Os aminoácidos industriais são absorvidos mais rapidamente do que aminoácidos contidos na proteína intacta da dieta (Longland, 1993). No tratamento 19E+Aa também foi observada menor excreção de nitrogênio ($p \leq 0,05$) e maior excreção nos tratamentos 21P e 21E que continham maior teor de PB. Os tratamentos 19P e 19E

tiveram valores intermediários, pois apesar do teor de PB ser semelhante ao tratamento 19E+Aa, o tratamento 19P e 19E possuíam menor inclusão de aminoácidos industriais, que são altamente digestíveis. A redução da excreção de nitrogênio é uma questão que deve ser considerada nas formulações, não só pelo potencial poluente do nitrogênio para o ambiente, mas também pelo gasto energético para excretar proteína em excesso. O excesso de proteínas é catabolizado e excretado na forma de ácido úrico, que tem um alto custo energético para o animal. Assim, a energia dos processos produtivos é desviada para excreção de nitrogênio (Noblet e Perez, 1993).

Tabela 3 – Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca CMMS (%), proteína bruta CMPB (%), extrato etéreo CMEE (%), excreção de nitrogênio EM (g/kg), energia metabolizável aparente EMA (kcal/kg) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio EMAn (kcal/kg) na matéria natural para frangos de corte fêmeas de acordo com os tratamentos

<u>Tratamentos</u>	CMMS	CMPB	EN	CMEE	EMA	EMAn
19P	74,587 A	57,146 B	99,456 AB	77,257 B	3306 A	3154 A
21P	73,167 A	56,882 B	110,787 A	77,824 B	3129 B	2956 B
19E	71,498 AB	59,282 B	95,647 AB	80,804 A	3396 A	3227 A
21E	69,788 B	57,188 B	113,558 A	80,938 A	3396 A	3219 A
19E+Aa	73,665 A	63,135 A	86,181 B	81,096 A	3403 A	3221 A
<i>P-valor</i>	<0,001	0,049	0,013	0,034	<0,001	<0,001
CV (%)	2,5	6,6	13,6	5,5	2,5	2,3

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), CV = coeficiente de variação.

Houve efeito das rações sobre o CMEE ($p \leq 0,05$). Os animais que receberam os tratamentos 19E, 21E e 19E+Aa, com maior inclusão de óleo, utilizaram melhor o extrato etéreo da dieta. O aumento da quantidade de lipídios na dieta pode reduzir os movimentos

gástricos, retardando a passagem do alimento no trato digestivo, o que refletiria em menor velocidade de passagem no intestino delgado e conseqüentemente, melhor digestibilidade dos nutrientes (Noblet et al., 2001). Diversos autores descreveram na literatura a melhora do CMEE com a maior inclusão de óleo na ração para frangos de corte (Mateos e Sell, 1981; Braga e Baião, 2001; Soares, 2014; Abreu, 2015; Attia et al., 2018).

Houve efeito das rações sobre os valores de EMA e EMAn ($p \leq 0,05$), sendo que o tratamento 21P apresentou menor valor de ambas as energias. O tratamento 21P teve maior teor de PB, indicando que o teor de 21% de PB pode estar em excesso e dessa maneira os animais estariam gastando parte da energia para excretar o excesso desta proteína e teria assim menos energia disponível.

De acordo com Noblet e Perez (1993), o catabolismo do excesso da PB exigida para crescimento pode estar associada com a perda de 0,7 kcal de energia na urina para cada grama de PB dietética. Entretanto, o valor da EMA e EMAn não foi reduzido para o tratamento 21E que continha 21% de PB e também poderia estar em excesso. Nesse caso pode-se atribuir o resultado à maior inclusão de óleo na ração do tratamento 21E quando se compara ao tratamento 21P. Mais uma vez, o efeito extra-calórico do óleo pode ser observado, indicando que por reduzir os movimentos peristálticos do intestino, esse ingrediente consegue manter a digesta sob ação dos sucos digestivos por mais tempo, melhorando assim o aproveitamento da energia pelos frangos (Vilar da Silva et al., 2014). Os valores médios de EMA das rações estudadas foram superiores aos valores encontrados para a EMAn, resultado que pode ser atribuído 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.

Desempenho

Os resultados do desempenho zootécnico e da avaliação econômica dos frangos de corte fêmeas de 21 aos 37 dias e 21 aos 44 dias encontram-se na tabela 4.

Não houve interação significativa entre rações e idade para nenhuma das variáveis estudadas ($p > 0,05$) (tabela 4). Os tratamentos influenciaram o consumo de ração ($p \leq 0,05$). As aves do tratamento 19P consumiram mais ração quando comparadas com as aves do tratamento 21P e 21E, nos demais tratamentos o consumo de ração foi

Tabela 4 - Valores das médias do peso inicial aos 21 dias PI(kg), consumo de ração CR (kg), ganho de peso GP (kg), conversão alimentar CA (kg/kg), viabilidade VIA (%), índice de eficiência produtiva IEP, eficiência econômica entre as rações EER (R\$/kg) e índice de eficiência econômica IEE (%) de frangos de corte fêmeas de acordo com as rações e as idades

Fatores	Variáveis							
Rações	PI	CR	GP	CA	VIA*	IEP	EER	IEE**
19P	0,937	2,930 A	1,689	1,735 B	100,000	499,801 B	1,743 A	100,00
21P	0,928	2,842 BC	1,705	1,665 A	100,000	524,519 AB	1,760 A	98,97
19E	0,916	2,901 AB	1,720	1,687 A	100,000	521,805 AB	1,958 C	89,49
21E	0,928	2,811 C	1,706	1,645 A	98,718	524,450 AB	1,886 B	92,14
19E+Aa	0,926	2,879 ABC	1,731	1,663 A	98,718	526,148 A	2,156 D	81,02
Idade								
37 dias	-	2,326 B	1,390 B	1,674	99,487	516,843	1,895	-
44 dias	-	3,419 A	2,031 A	1,684	99,487	521,846	1,906	-
ANOVA								
Rações	>0,0001	0,0030	0,2577	<0,0001	0,1764	0,0349	<0,0001	-
Idade	-	<0,0001	<0,0001	0,3041	0,5000	0,3992	0,2980	-
Rações X Idade	-	0,9898	0,7996	0,9321	-	0,9156	0,9259	-
CV (%)	2,15	2,64	2,79	2,38	-	4,39	2,28	-
SEM	-	0,076	0,048	0,040	-	22,789	0,043	-

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), *médias de viabilidade não seguidas de letras distintas são semelhantes pelo teste de Kruskal-Wallis ($p > 0,05$), **variável não analisada estatisticamente, CV = coeficiente de variação.

intermediário. A ração do tratamento 19P tinha 19% de PB e baixa inclusão de óleo de soja. A modulação da ingestão de alimentos é dependente da quantidade de proteína bruta e também da concentração e equilíbrio dos aminoácidos que compõem a dieta (Kamran et al., 2008). 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. Da mesma forma, Abreu (2015) observou maior consumo de ração para frangos de corte fêmeas que receberam ração contendo 19% de PB quando comparado aos animais que receberam ração contendo 21% de PB. Indemententemente das rações, as aves acabadas aos 44 dias de idade apresentaram maior consumo de ração quando comparadas com as aves que foram finalizadas aos 37 dias ($p \leq 0,05$). Este resultado é esperado em virtude do maior tempo para consumo de ração.

As rações não afetaram o ganho de peso dos animais ($p > 0,05$). As aves que tiveram o desempenho finalizado aos 44 dias apresentaram maior ganho de peso em comparação às aves com desempenho finalizado aos 37 dias ($p \leq 0,05$). O maior ganho de peso ocorreu em resposta ao maior consumo de ração apresentado por estas aves. De acordo com Cobb (2018) o ganho de peso de frangos de corte fêmeas dos 21 aos 37 dias é de 1,332 kg e dos 21 aos 44 dias é de 1,932 kg. Os resultados de ganho de peso obtidos neste trabalho foram superiores, cerca de 58 gramas a mais dos 21 aos 37 dias e cerca de 99 gramas a mais dos 21 aos 44 dias, o que pode ter sido alcançado principalmente devido às boas condições de ambiência durante o experimento.

Houve influência das rações sobre a conversão alimentar ($p \leq 0,05$). A pior conversão alimentar foi observada para os animais que receberam ração do tratamento 19P em comparação aos demais tratamentos. Acredita-se que a pior conversão alimentar observada no tratamento 19P possa ser atribuída ao menor teor de PB e também à menor inclusão de óleo de soja, já que o tratamento 19E que continha o mesmo teor de PB e maior inclusão de óleo de soja (5,5%), obteve melhor conversão alimentar. A ração do tratamento 19E+Aa também continha 19% de PB e 5,5% de óleo de soja e teores aminoacídicos semelhantes à formulação com 21% de PB (tratamento 21E), o que indica que a inclusão de aminoácidos industriais na ração com 19% para atingir níveis aminoacídicos semelhantes à ração com 21% de PB pode ser desnecessária quando se tem a mesma inclusão de óleo de soja. Nesse sentido, pode-se concluir que não só o teor

de 21% de PB contribuiu para melhorar a conversão alimentar, mas também é possível observar efeito da maior inclusão de óleo.

Ao realizar estudo utilizando diferentes teores de PB (16%, 18%, 20% ou 22%) para frangos de corte machos, Soares (2014) observou pior ganho de peso e conversão alimentar para os dois teores mais baixos de PB quando comparados aos dois teores mais altos de PB na ração. Entretanto a melhoria de desempenho foi atribuída não somente aos teores mais altos de PB na ração, mas também ao aumento da inclusão de óleo de acordo com o aumento do teor de PB das dietas. O efeito extra-calórico dos óleos e gorduras, por melhorar a aproveitamento dos nutrientes da ração, pode beneficiar o desempenho dos animais (Mateos e Sell, 1981).

De modo semelhante, Attia et al. (2018) realizaram estudo para avaliar o aumento de 2% nos teores de PB, além do aumento de energia junto com o aumento da PB nas rações inicial e crescimento de frangos de corte em estresse por calor. Os autores encontraram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar para o tratamento que recebeu maior teor de PB (22%) junto com o aumento energético, cuja formulação tinha cerca de dois pontos percentuais a mais de inclusão de óleos.

Não houve efeito da idade sobre a conversão alimentar. De acordo com Cobb (2018), a conversão alimentar de frangos de corte fêmeas de 21 a 37 dias é de 1,79 kg/kg e de 21 a 44 dias é de 1,92 kg/kg, ou seja, com o avançar da idade ocorre piora da conversão alimentar, pois o consumo de ração é aumentado em maior proporção do que o ganho de peso. Entretanto este resultado não foi observado nesse trabalho, pois não foi encontrada diferença na conversão alimentar ao finalizar o desempenho com 37 ou 44 dias.

Independentemente da idade, as rações não influenciaram a viabilidade ($p>0,05$). Resultados semelhantes foram encontrados por Soares (2014) e Abreu (2015) que não observaram efeitos dos teores de PB na ração para frangos de corte machos e fêmeas, respectivamente, sobre a viabilidade. Da mesma maneira, não houve efeito da idade sobre a viabilidade ($p>0,05$). A taxa de mortalidade foi muito baixa devido às condições experimentais, portanto mesmo com o avançar da idade a viabilidade não foi alterada.

Foi encontrado efeito das rações sobre o IEP ($p \leq 0,05$) onde o tratamento 19E+Aa apresentou melhor índice em relação ao tratamento 19P. Os demais tratamentos tiveram valores de IEP intermediários. Como o IEP é calculado por meio de relações de variáveis de desempenho, foi possível observar efeito residual da pior conversão alimentar encontrada no tratamento 19P e do ganho de peso do tratamento 19E+Aa que contribuíram para o maior IEP deste tratamento em relação ao tratamento 19P. Ao trabalhar com frangos de corte fêmeas, Abreu (2015) não observou alterações no IEP quando utilizou 19 ou 21% de PB na ração. Independente das rações, não houve efeito das idades sobre o IEP ($p > 0,05$).

Avaliação econômica

Foi observado efeito das rações sobre a EER ($p \leq 0,05$) (tabela 4). Os tratamentos 19P e 21P apresentaram os melhores resultados de EER quando comparados aos demais tratamentos (tabela 4). Estes dois tratamentos apresentaram os menores custos de ração (tabela 2) o que somados à pequenas diferenças no consumo e ganho de peso semelhantes ajudam a explicar os resultados encontrados. O tratamento 19E+Aa, seguido pelo tratamento 19E e 21E apresentaram os piores resultados de EER, o que também pode ser explicado pelo alto custo das rações e semelhanças no ganho de peso. Independentemente das rações, não houve efeito da idade sobre o EER ($p > 0,05$). Apesar do consumo de ração ter aumentado e conseqüentemente o custo com alimentação, o ganho de peso aos 44 dias foi compatível ao consumo, portanto não foi observada diferença na EER com o encerramento do lote aos 37 ou aos 44 dias.

O IEE não foi uma variável avaliada estatisticamente, pois se trata de uma comparação entre o tratamento que apresentou numericamente o menor EER, no caso o tratamento 19P, e os demais tratamentos (tabela 4). Nesse caso considera-se que o tratamento 19P apresentou IEE de 100%, seguido pelo tratamento 21P com IEE de 98,97%, tratamento 21E com IEE de 92,14%, tratamento 19E com IEE de 89,49% e com o pior IEE aparece o tratamento 19E+Aa com 81,02%. Esses resultados eram previstos já que os custos para se produzir as rações experimentais foram maiores tendo em vista que para se fixar a inclusão de óleo e manter semelhantes nutrientes como fibra e amido, foi necessário incluir ingredientes pouco usuais nas formulações para frangos de corte, justamente

devido ao custo. Além disso, alguns aminoácidos industriais como arginina, valina e isoleucina que foram incluídos na ração do tratamento 19E são de difícil disponibilidade no mercado e apresentam alto custo, principalmente devido à competição com o mercado de nutrição humana.

CONCLUSÃO

Visando o desempenho zootécnico e menor custo de produção de frangos de corte fêmeas dos 21 aos 37 dias e dos 21 aos 44 dias, a manipulação proteica do tratamento 21P é a mais indicada porque apresentou melhor CA do que o tratamento 19P e custo mais baixo do que os demais tratamentos experimentais. Entretanto, considerando menor excreção de nitrogênio e melhor disponibilização de energia, o tratamento 19E+Aa apresentou melhores resultados, porém os custos dos aminoácidos sintéticos inviabilizaram sua utilização.

Como não houve efeito da idade sobre o custo (EER) e sobre a conversão alimentar, conclui-se que é possível finalizar o desempenho de frangos de corte fêmeas com 37 ou 44 dias sem prejuízos zootécnicos ou econômicos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. R. C. Teores de energia e proteína para frangos de corte fêmeas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil. 2015.
- AOAC, OFFICIAL methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16ed. Washington DC: AOAC, 1995.
- ATTIA, Y. A.; AL-HARTHI, M. A.; ELNAGGAR, A. S. Productive, physiological and immunological responses of two broiler strains fed different dietary regimens and exposed to heat stress, *Italian Journal of Animal Science*, v.17, n.3, p.686-697, 2018.
- BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. *Poultry Science*, v.73, p.1441- 1447, 1994.
- BARBOSA, H. P.; FIALHO, E. T.; FERREIRA, A. S. et al. Trigulho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. *Rev. Soc. Bras. Zoot. V. 21, n. 05, p. 827 – 837, 1992.*
- BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; PROTAS, J. F. da S.; GOMES, P. C. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 20, n.8, p. 969-974, 1985.
- BERETTA NETO, C. Dietas de proteína reduzida e de diferentes digestibilidades suplementadas com aminoácidos sintéticos para frangos de corte. Porto Alegre, 86p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003.
- BRAGA, J.P.; BAIÃO, N.C. Suplementação lipídica no desempenho de aves em altas temperaturas. *Cad. Tec. Vet. Zootec.*, n.31, p.23-28, 2001.
- CHURCH, D.C.; POND, W.G. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos, Zaragoza: Acribia, 1977. 462p.
- COBB. Broiler performance e nutrition suplement. Cobb – Vantress. L-2114-08 EN: April 2018.
- DIAMBRA, O H.; McCARTNEY, M.G. The effect of low protein finisher diets on broiler males performance and abdominal fat. *Poultry Science*, v.64, p.2013-2015, 1995.
- FIALHO, F. B. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Concórdia. Embrapa-CNPSA, p.1-4. (Comunicado Técnico 237). 1999.
- FURLAN, R. L., MACARI, M. Digestão. In: MACARI, M; FURLAN, L. R. e GONZALES, E. (Ed.) *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p. 209-230. 2002.

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. *Poult. Sci.*, v.87, p.468-474, 2008.

LONGLAND, A.C., 1993. In: *In Vitro Digestion For Pigs and Poultry*. Ed. M.F.Fuller. 1993.

MARCATO, S. M. Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte. Tese de Doutorado em Zootecnia. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal. 183 p. 2007.

MATEOS, G.G.; SELL, J.L. Influence of fat and carbohydrate source on rate of food passage of semipurified diets for laying hens. *Poultry Science*, v.60, p.2114-2119, 1981.

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

NOBLET, J.; LE BELLEGO, L.; van MILGEN, J. DUBOIS, S. Effects of reduced dietary protein level and fat addition on heat production and nitrogen and energy balance in growing pigs. *Animal Research*. v.50. p.227-238, 2001.

NOBLET, J.; PEREZ, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *Journal Animal Science*. v.71. p.3389-3398. 1993.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, v. 1. 262p., 2016.

SANTOS, F. de A. Glúten de milho na alimentação de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.1, n°3, p.79-100, novembro/dezembro de 2004.

SOARES, K.R. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em termoneutralidade ou estresse térmico. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

SOUZA, E. M. e MICHELAN FILHO, T. 2004. Genética avícola. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A., MACARI, M. Produção de frangos de corte. Campinas: Facta, p. 23-35.

STRINGHINI, J.H; ANDRADE, M. L; ANDRADE, L. et al. Desempenho, balanço e retenção de nutrientes e biometria dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de proteína na ração. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.6, p.2350-2358, 2006.

VIEIRA, R. Fundamentos de bioquímica. 267 p. 2003.

VILAR DA SILVA, J. H.; LIMA, R. B.; LACERDA, P. B.; OLIVEIRA, A. C. Digestão e absorção de lipídios. In: SAKOMURA, N. K.; VILAR DA SILVA, J. H.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de Não Ruminantes. 1. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. P.65 – 76.

WOLYNETZ, M. N.; SIBBALD, I. R. Relationships between apparent and true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. Poultry Science, Champaign, v. 63, n. 7, p. 1386-1399, 1984.

CAPÍTULO II

Efeito da idade de abate, manipulação proteica e aminoacídica sobre miopatias e rendimento de carcaça de frangos de corte

Efeito da idade de abate, manipulação proteica e aminoacídica sobre miopatias e rendimento de carcaça de frangos de corte

RESUMO – Foram utilizados 390 frangos de corte fêmeas com 21 dias de idade para avaliar o efeito de cinco manipulações proteicas na ração (19P – 19% de proteína; 21P – 21% de proteína; 19E – 19% de proteína; 21E – 21% de proteína; 19E+Aa - 19% de proteína) e duas idades de abate (38 ou 46 dias). Obteve-se dados do rendimento de carcaça, cortes e incidência de miopatias (estria branca e peito amadeirado) sobre os cortes. Além disso, o perfil bioquímico foi acompanhado em duas idades (25 e 37 dias). O delineamento foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial (5 rações X 2 idades) com 12 repetições para rendimentos e miopatias. Para perfil bioquímico e enzimas o delineamento foi inteiramente casualizado com arranjo de parcelas subdivididas, sendo a parcela as cinco rações, as subparcelas as duas idades das aves e seis repetições por tratamento. Não houve interação entre rações e idades para nenhuma das variáveis avaliadas ($p>0,05$). Não houve efeito das dietas sobre o rendimento de carcaça, de peito, de coxas + sobrecoxas ($p>0,05$). O rendimento de carcaça e de peito foi maior para as aves abatidas aos 46 dias do que com 38 dias ($p\leq 0,05$). Não houve efeito das rações sobre o escore de estria branca ($p>0,05$) nem sobre o aparecimento de peito amadeirado ($p>0,05$). Não houve efeito das idades sobre o escore de estria branca ($p>0,05$) nem sobre o aparecimento de peito amadeirado ($p>0,05$). Não houve efeito das rações sobre o perfil bioquímico e enzimas ($p>0,05$). Aos 37 dias os níveis de LDL – colesterol ($p\leq 0,05$) e proteínas totais ($p\leq 0,05$) foram maiores do que aos 25 dias. Aos 37 dias os níveis de lipase sérica foram menores do que aos 25 dias ($p\leq 0,05$). Conclui-se que o abate das aves com 46 dias de idade proporcionou aumento do rendimento de carcaça e de peito sem alterar a incidência de lesões miopáticas macroscópicas. Além disso as rações e as idades não causaram alterações importantes no perfil bioquímico e enzimas de frangos de corte fêmeas.

PALAVAS-CHAVE: colesterol, estria branca, formulação, peito amadeirado, rendimento de cortes.

INTRODUÇÃO

Na produção animal, a avicultura de corte é sem dúvida uma das atividades mais avançadas pois, além dos programas de melhoramento genético que desenvolvem animais

especializados para crescimento rápido e alto rendimento de carcaça, a atividade dispõe de investimentos em ambiência com galpões climatizados e sistemas de criação automatizados. Somado a isso, os eficientes programas sanitários e a nutrição adequada permitem que as aves expressem todo seu potencial genético, o que faz do Brasil o maior exportador e o segundo maior produtor de carne de frango do mundo (ABPA, 2018).

Com o crescimento da avicultura no Brasil devido à sua estrutura organizacional, a atividade se expandiu, alcançando também mercados externos. Nesse sentido, uma série de mudanças no hábito de consumo de carne de frango vêm ocorrendo. O frango antes comercializado inteiro, passa agora por maiores processamentos sendo comercializado em cortes nobres e produtos processados. Segundo Mendes (2014), essa mudança na preferência do mercado precisa ser acompanhada de aves com maior peso vivo e maior rendimento de carcaça.

Dessa maneira, busca-se alternativas nutricionais para produzir o frango que atenda às necessidades do mercado, explorando formulações dietéticas para tal objetivo. A manipulação proteica das dietas de frango de corte é amplamente estudada, não só pelo fato das proteínas e aminoácidos estarem intimamente ligados ao desempenho, rendimento e composição da carcaça e dos cortes (Vasconcellos et al., 2011; Soares, 2014; Abreu, 2015), mas também pelo alto incremento calórico do metabolismo proteico (Oliveira et al., 2010), além da necessidade de redução da excreção de nitrogênio para o meio ambiente (Dorigam, 2014) e dos custos de produção, tendo em vista que esse nutriente representa um dos maiores custos na formulação.

Além da dieta, o sexo e a idade de abate também podem influenciar o rendimento de carcaça (Api et al., 2017). Frangos de corte machos apresentam maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e atingem o peso de abate preconizado pelos abatedouros comerciais com idade inferior à das fêmeas. Contudo, a fêmea atinge o ponto máximo na curva de crescimento com idade entre 35 a 38 dias, inferior ao macho que só atinge o ponto máximo na curva de crescimento com idade próxima aos 42 dias. Por esse motivo as fêmeas diminuem a taxa crescimento, pioram a conversão alimentar e começam a acumular gordura na carcaça mais cedo (Marcato, 2007). Todos esses fatores podem reduzir a eficiência econômica da atividade. Portanto, o ideal do ponto de vista zootécnico, seria abater os frangos quando o ponto máximo na curva de crescimento é alcançado. Entretanto, do ponto de vista econômico, para melhor eficiência do abatedouro e para atender às necessidades do mercado, as fêmeas têm sido abatidas mais tarde, com

idade média entre 45 a 48 dias, ou com o peso médio próximo a 2,700 kg, visando maior volume de carne.

Em contrapartida, a obtenção de carcaças mais pesadas e com maior rendimento de cortes pode estar associada à ocorrência de alterações na musculatura dessas aves, denominadas como miopatias, até então sem uma causa específica (Sosnicki, 1993). Vários tipos de miopatias têm sido descritas, e sua ocorrência parece estar relacionada ao rápido crescimento, maior peso corporal, maior espessura muscular e também apresenta-se com mais frequência em machos do que nas fêmeas (Kuttappan et al., 2009; Ecco e Braga, 2015; Mutryn et al., 2015). De acordo com Back (2012), algumas miopatias podem ainda ter origem nutricional, podendo estar relacionadas ao aporte energético, teor de proteína e aminoácidos ou deficiências de selênio e de vitamina E. As miopatias não estão associadas à agentes infecciosos e portanto, não tem nenhuma relevância para a saúde pública, exceto a de afetar a aparência estética da carne (Kijowski et al., 2009), já que carcaças acometidas por essas lesões musculares apresentam aparência visual prejudicada, aumentando a condenação e afetando a aceitabilidade do consumidor, resultando em perdas econômicas para toda a cadeia produtiva (Zambonelli et al., 2016).

Diante do exposto, ao realizar este experimento objetivou-se avaliar o efeito de cinco dietas crescimento com diferentes manipulações proteicas para frangos de corte fêmeas abatidas em duas idades (38 ou 46 dias) sobre o rendimento de carcaça e cortes, miopatias, bem como acompanhar a influência das dietas sobre o perfil bioquímico sérico das aves.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais, dietas e delineamento

Foram utilizados 390 frangos de corte fêmeas da linhagem Cobb[®]. Todos os procedimentos com os animais seguiram os princípios éticos da experimentação animal. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais (CEUA/UFMG) sob protocolo 179/2018.

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2 (5 rações x 2 idades), totalizando dez tratamentos, com 12 repetições para rendimentos de carcaça, rendimento de cortes e miopatias. Para perfil bioquímico e enzimas o delineamento foi inteiramente casualizado com arranjo de parcelas

subdivididas, sendo a parcela os cinco tratamentos (rações), as subparcelas as duas idades das aves e seis repetições por tratamento

Os pintos de um dia foram adquiridos em incubatório comercial, onde receberam vacinação contra as doenças de Marek e Gumboro e foram criados em sala climatizada com sistema de circulação de ar, temperatura e umidade relativa do ar controlados. As aves foram criadas sob as mesmas condições de 1 a 21 dias de idade recebendo água e ração (Cobb, 2018) à vontade. O programa de luz utilizado foi de seis horas de escuro e 18 horas de luz/dia.

O período experimental foi dos 21 aos 38 dias e dos 21 aos 46 dias. Aos 21 dias todas as aves foram pesadas e distribuídas homogeneamente em gaiolas metabólicas, com peso médio de 0,927 kg/ave. As aves foram eutanasiadas aos 38 dias e aos 46 dias com o objetivo de comparar qual a melhor idade para finalizar o lote. Os tratamentos foram definidos pela ração que as aves receberam na fase de crescimento e foram formuladas de acordo com as recomendações do manual da linhagem (Cobb, 2018) (tabelas 1 e 2).

As rações da fase de crescimento tiveram diferentes manipulações proteicas:

Tratamento 19 P* – ração com 19% de PB;

Tratamento 21 P* – ração com 21% de PB;

Tratamento 19 E** – ração com 19% de PB;

Tratamento 21 E** – ração com 21% de PB;

Tratamento 19 E** + Aa – ração com 19% de PB com acréscimo de Aa a fim de tornar os níveis de aminoácidos semelhantes ao tratamento 21 E (21% PB).

*Formulação de custo mínimo, com aumento da proteína e demais alterações respeitando formulações de campo.

**Formulação realizada com o objetivo de manter semelhantes os principais nutrientes que poderiam influenciar no aproveitamento nutricional (amido, fibra, extrato etéreo), utilizando ingredientes não usuais na formulação de campo.

Tabela 1 - Composição percentual das rações experimentais

Ingredientes	Inicial	Crescimento				
	Única	19P	21P	19E	21E	19E+Aa
Milho moído	54,667	65,200	58,350	54,080	53,310	53,780
Farelo de soja 45,5% PB	33,333	25,100	31,370	32,000	34,000	31,950
Óleo de soja	3,667	3,060	4,110	5,500	5,500	5,50
Farinha de carne e ossos 41%PB	6,667	5,155	5,000	---	---	---
Amido	---	---	---	2,740	---	2,750
Farelo de glúten de milho	---	---	---	---	2,200	---
Casca de soja	---	---	---	0,830	0,500	0,830
Calcário	0,235	0,322	0,227	0,928	0,840	0,825
Fosfato bicálcico	---	---	---	1,730	1,680	1,730
Sal comum	0,416	0,360	0,358	0,410	0,410	0,410
DL- Metionina	0,325	0,236	0,185	0,225	0,160	0,225
L- Lisina	0,183	0,135	---	0,040	---	0,080
L- Treonina	0,057	0,032	---	---	---	0,080
L - Triptofano	---	---	---	---	---	0,020
L- Arginina	---	---	---	---	---	0,120
L- Valina	---	---	---	---	---	0,110
L- Isoleucina	---	---	---	---	---	0,090
Suplemento vit/min ¹	0,400	---	---	---	---	---
Suplemento vit/min ²	---	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Cloreto de colina	0,050	---	---	---	---	---
Inerte	---	---	---	1,117	1,00	1,100
TOTAL (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹ Suplemento vitamínico/mineral (Fase inicial). Cada 1,0 kg contém: Ácido fólico 142 mg, ácido pantotênico 2.600 mg, Halquinol 7.500 mg, *Bacillus subtilis* 75 x 10⁶⁹ UFC, biotina 13 mg, cobre 1.500 mg, colina 75 g, ferro 26 g, iodo 250 mg, manganês 16,25 g, niacina 8.750 mg, monensina 30 g, selênio 60 mg, vit. A 2.500.000 UI, vit. B1 370 mg, vit. B12 3.000 mcg, vit. B2 1.280 mg, vit. B6 410 mg, vit. D3 500.000 UI, vit. E 3.750 UI, vit. K3 635 mg, zinco 11,37 g.

² Suplemento vitamínico/mineral (Fase crescimento). Cada 1,0 kg contém: ácido fólico 877,5 mg, ácido pantotênico 9.900 mg, BHT 13.750 mg, biotina 68.750 mg, cobre 10.000 mg, colina 1.546,3 mg, ferro 30.000 mg, iodo 1.000 mg, manganês 90.000 mg, niacina 38.500 mg, selênio 212,5 mg, Vit. A 9.775 UI, vit. B1 1.725 mg, vit. B2 6.187,5 mg, vit. B6 3.900 mg, vit B12 15.225 mg, vit. D3 2.255 UI, vit. E 25 mg, vit. K3 3.150 mg, zinco 80.000 mg.

Tabela 2 – Valores nutricionais calculados das rações experimentais

Níveis nutricionais	Inicial	Crescimento				
	Única	19P	21P	19E	21E	19E+Aa
PB %	22,5	19,0	21,0	19,0	21,0	19,0
EM (kcal/kg)	3.050	3.130	3.130	3.130	3.130	3.130
Fibra bruta (%)	2,58	2,43	2,61	2,78	2,78	2,78
Amido (%)	---	38,85	35,87	36,01	33,78	35,85
Gordura (%)	---	6,58	7,46	8,09	8,13	8,07
Cálcio (%)	1,08	0,88	0,85	0,87	0,83	0,84
Fósforo disponível (%)	0,49	0,39	0,39	0,41	0,41	0,41
Matéria mineral	5,47	4,59	4,77	2,86	2,98	2,85
Lisina digestível (%)	1,20	0,95	0,99	0,95	0,98	0,98
Met + Cis digestível (%)	0,90	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Metionina digestível (%)	0,62	0,49	0,47	0,48	0,46	0,48
Treonina digestível (%)	0,78	0,65	0,71	0,65	0,72	0,72
Triptofano digestível (%)	0,21	0,19	0,22	0,21	0,23	0,23
Valina digestível (%)	0,91	0,76	0,86	0,79	0,89	0,89
Arginina digestível (%)	1,39	1,12	1,29	1,17	1,27	1,28
Isoleucina digestível (%)	0,82	0,67	0,77	0,74	0,82	0,82
Sódio (%)	0,21	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17

Rendimento de carcaça e cortes

Aos 38 dias duas aves por unidade experimental com peso médio de 2,300 kg ($\pm 10\%$ dentro do peso médio da unidade experimental) foram selecionadas para rendimento de carcaça e cortes em abatedouro comercial. As aves selecionadas foram identificadas com anilha numerada.

Os animais foram submetidos ao jejum de ração prévio de 10 horas, incluindo o tempo de espera na plataforma do abatedouro comercial. Antes de entrar na plataforma, os frangos foram pesados individualmente para obtenção do peso vivo de cada ave. Em seguida, após a pendura, os animais foram insensibilizados por eletronarcose, sangrados por aproximadamente três minutos, escaldados, depenados, eviscerados mecanicamente, tiveram a cabeça e os pés cortados. Foram obtidos peso do frango inteiro, sem penas, vísceras, cabeça e pés. Posteriormente foram obtidos o peso das coxas + sobrecoxas com pele e peito sem pele para o cálculo dos rendimentos.

Aos 46 dias mais duas aves por unidade experimental com peso médio de 3,050 kg ($\pm 10\%$ dentro do peso médio da unidade experimental) foram selecionadas para rendimento de carcaça e cortes para comparação das idades de abate. As aves selecionadas foram identificadas com microchip subcutâneo. O mesmo procedimento descrito anteriormente foi realizado para os frangos com 46 dias.

Miopatias

Após o sacrifício das aves, nas duas idades (38 e 46 dias), os músculos *Pectoralis major* foram avaliados macroscopicamente em ambiente iluminado (com luz branca e mínimo de 500 lux de intensidade), por um avaliador bem treinado para identificação e classificação de estrias brancas (*white striping*) e peito amadeirado (*wood breast*) de acordo com as metodologias de Kuttappan et al. (2012) e Sihvo et al. (2013), respectivamente. Para ambas as miopatias, estrias brancas e peito amadeirado, 12 filés de peito de cada tratamento foram selecionados e classificados visualmente.

Estrias brancas foram classificadas em graus de 0 a 5, sendo: grau 0 = normal; grau 1 = estrias brancas discretas; grau 2 = estrias brancas com espessura fina < 1 mm; grau 3 = estrias grossas com espessura > 1 mm; grau 4 = estrias com espessura entre 2 e 3mm e grau 5 = estrias com espessura > 3 mm (Adaptado de Kuttappan et al., 2012).

Os mesmos filés de peito utilizados para a classificação de estrias brancas, também foram utilizados para identificação do peito amadeirado, que foram classificados em filé de peito amadeirado (PRESENTE), onde a musculatura apresentava áreas com endurecimento difuso ou focal em áreas extensas (Bilgill, 2013), palidez, superfície com líquido claro e presença de petéquias (Sihvio et al., 2013) ou filé de peito normal (AUSENTE) (Adaptado de Sihvo et al., 2013).

Parâmetros bioquímicos e enzimas

Durante a fase experimental, foram feitas coletas de sangue de seis frangos por tratamento com 25 dias e outra com 37 dias para controle do perfil bioquímico e enzimático dos animais. Foi coletado cerca de 2 mL de sangue através de punção no seio venoso-occipital. Em temperatura ambiente, o sangue foi centrifugado a 10.000 G por seis minutos para separação do soro. O soro foi acondicionado em *ependorf* devidamente identificado e congelado a -20°C para posterior análise. Foram dosados glicose, colesterol

total, triglicérides total, HDL – colesterol, LDL – colesterol, proteínas totais, albumina, lipase e amilase utilizando kits comerciais Bioclin/Quibasa®.

Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram analisados por meio do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2002). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados normais foram submetidos à análise de variância (teste F) para verificar os efeitos significativos entre os fatores simples. Diferenças entre as médias foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$ e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados que violaram o princípio de normalidade foram avaliados por meio de estatística não paramétrica, sendo que os escores de estria branca foram analisados pelo teste de Wilcoxon para variável dependente e Kruskal Wallis para variável independente ambos a 5% de probabilidade. O estudo de frequência do peito amadeirado foi realizado utilizando o teste Qui-quadrado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento de carcaça e cortes

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios dos rendimentos de carcaça (%), peito (%) e coxas + sobrecoxa (%) de acordo com os tratamentos e as idades. Não houve interação entre as rações e as idades para as variáveis estudadas ($p > 0,05$). As rações não influenciaram o rendimento de carcaça ($p > 0,05$), de peito ($p > 0,05$) e de coxas + sobrecoxas ($p > 0,05$). O crescimento muscular é alcançado quando o anabolismo é maior que o catabolismo celular. Proteínas e aminoácidos estão intimamente envolvidas na formação dos tecidos musculares (Pardi et al., 1993) e após o processo digestivo são absorvidos no intestino delgado na forma de aminoácidos livres, di ou tripeptídeos, para então serem direcionados à formação e manutenção dos tecidos (Lehninger, 2011). A lisina parece ser o aminoácido que tem o maior impacto sobre o crescimento muscular e a deposição de proteína corporal (Zanella et al., 2004). Leclercq (1998) afirma que a lisina exerce efeitos específicos na composição corporal dos animais, sendo que as exigências deste aminoácido obedecem a uma hierarquia, na qual a exigência para máximo ganho de peso é menor do que para rendimento da carne de peito que, por sua vez, é menor que a exigência para conversão alimentar e, por último, a exigência para diminuição da deposição da gordura abdominal. Entretanto o incremento no teor de

Tabela 3 - Valores médios do rendimento de carcaça (%), peito (%) e coxas + sobrecoxas (%) de acordo com os tratamentos e com as idades de frangos de corte fêmeas

Fatores	Variáveis		
Rações	% Carcaça	% Peito	% Coxas + sobrecoxas
19P	76,077	36,087	30,892
21P	76,589	37,494	29,822
19E	76,161	36,633	29,804
21E	76,491	37,089	30,589
19E+Aa	76,461	36,491	30,556
Idade			
38 dias	75,653 B	36,175 B	30,300
46 dias	77,059 A	37,342 A	30,365
ANOVA			
Rações	ns	0,166	0,051
Idade	<0,001	0,003	Ns
Rações X Idade	ns	0,179	0,182
CV (%)	1,3	3,9	3,5

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), ns = não significativo, CV = coeficiente de variação.

proteína e aminoácidos, inclusive da lisina, utilizados neste experimento não foram suficientes para promover alterações no rendimento de carcaça. Corroborando com os resultados obtidos neste trabalho Araújo (2001), Faria Filho et al. (2006), Kidd et al. (2006), Oliveira et al. (2011), Caetano et al. (2015) também não encontraram efeito das manipulações proteicas nas dietas para frangos de corte sobre o rendimento de carcaça e de cortes. Em contrapartida, Costa et al. (2001) encontraram efeito linear para rendimento de peito com osso em frangos de corte alimentados com diferentes níveis de PB dos 22 aos 42 dias de idade, com maior rendimento conforme aumento de PB da dieta. Da mesma maneira Abreu (2015) encontrou aumento do rendimento de peito de frangos de corte fêmeas quando utilizou 21% de PB na ração de crescimento ao invés de 19% de PB.

As aves abatidas aos 46 dias apresentaram maior rendimento de carcaça ($p \leq 0,05$) e maior rendimento de peito ($p \leq 0,05$) do que as aves abatidas aos 38 dias, entretanto não houve efeito da idade para rendimento de coxas + sobrecoxas ($p > 0,05$). Apesar das aves já terem

atingido o ponto máximo na curva de crescimento que para fêmeas de frango de corte ocorre por volta dos 38 dias (Marcato, 2007), devido às boas condições experimentais de ambiência e manejo, os animais do experimento continuaram apresentando bom desempenho o que refletiu no maior peso, maior rendimento de carcaça e de peito. A diferença na deposição de proteína nas diferentes idades de frango de corte é devido principalmente, às modificações no metabolismo, pois com o avanço da idade, a diferença entre os processos anabólicos e catabólicos diminuem (Gonzales e Sartori, 2002). Segundo Rutz et al. (1999), quando o animal atinge o ponto máximo na curva de crescimento a tendência é de que a deposição de gordura aumente e a deposição de proteína diminua. De acordo com Baéza et al. (2012), embora haja maior consumo de ração para aves abatidas mais tardiamente, o desempenho obtido é compensatório. Da mesma maneira, Cobb (2013) aponta maior ganho de peso e maior rendimento de carcaça em aves mais velhas.

Devido às mudanças no hábito de consumo de carne de frango, onde há maior procura por cortes, produtos desossados e alimentos processados de rápido preparo, há uma tendência de produção de peças maiores, o que vem elevando o peso vivo das aves abatidas, uma vez que o rendimento dos cortes é maior com aves de maior peso vivo (Mendes, 2014). Nesse sentido, para atender às necessidades do mercado, o abate do frango de corte fêmea com idade mais tardia poderia ser interessante, mesmo que ocorra queda no desempenho zootécnico. De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, ocorreu aumento de cerca de 1,5% no rendimento de carcaça e também no rendimento de peito com o aumento da idade de abate de 38 para 46 dias.

Quanto ao rendimento de coxas + sobrecoxas que não foi influenciado pelas dietas ($p>0,05$) e nem pelas idades de abate ($p>0,05$), alguns trabalhos descrevem maiores rendimentos de coxa + sobrecoxas em frangos de corte machos, enquanto que maiores rendimentos de peito podem ser observados na fêmea, sugerindo que a fêmea possui boa eficiência em depositar carne de peito, mas não em depositar carne de coxa + sobrecoxa (Politi et al., 1993; Lisboa et al., 1999; Mendes et al., 2004).

Miopatias

Na tabela 4 estão apresentados os resultados dos escores de estria branca de acordo com as rações e as idades e abate de frangos de corte fêmeas.

Tabela 4 – Médias dos escores de estria branca no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte fêmeas de acordo com os tratamentos e as idades

Fatores	Escore de estria branca
<u>Rações</u>	
19P	0,917
21P	0,818
19E	0,958
21E	1,333
19E+Aa	0,727
<u>Idade</u>	
38 dias	0,833
46 dias	1,036
Probabilidade	P-valor
Rações	0,4383
Idade	0,4565

Medianas não seguidas de letras distintas são semelhantes pelo teste de Kruskal Wallis ($p>0,05$) para variável rações e pelo teste de Wilcoxon ($p>0,05$) para variável idade.

Não houve efeito das rações ($p>0,05$) nem das idades de abate ($p>0,05$) sobre o escore de estria branca em frangos de corte fêmeas. A miopatia da estria branca, apesar de não ter etiologia definida, parece estar relacionada com altas taxas de crescimento, dessa forma, machos possuem maior incidência, o que pode ser explicado pelo maior peso corporal destes animais (Kuttappan et al., 2009). A idade de abate mais tardia (46 dias) levou ao maior rendimento de carcaça e de peito quando comparado à idade de abate de 38 dias, mas nenhuma diferença no escore de estrias brancas foi observada devido à idade de abate. O crescimento do músculo peitoral é obtido pela hipertrofia das fibras musculares, que resulta num aumento do diâmetro das fibras. Com isso, há redução do espaço para o tecido conjuntivo e como consequência, ocorre aumento na degeneração muscular. Estas alterações morfológicas limitam o aporte sanguíneo comprometendo o fornecimento de nutrientes e a remoção de metabólitos produzidos pelas fibras musculares, promovendo dessa maneira o aparecimento de estrias brancas na carne (Sandercock et al., 2009). Entretanto esse ocorrido não foi observado neste experimento, indicando que o abate de frangos de corte fêmeas aos 38 ou aos 46 dias, nas condições oferecidas experimentalmente, não influenciou o escore de estrias brancas no filé de peito. Diferente

dos resultados encontrados, Russo et al. (2015) observaram aumento da gravidade das lesões de estria branca em animais mais pesados, o que pode estar relacionado tanto à maior massa muscular, quanto à idade mais avançada ao abate.

Na tabela 5 estão apresentados os resultados do estudo de frequência de peito amadeirado em frangos de corte fêmeas, de acordo com as rações e a idade de abate. Não houve efeito das rações ($p>0,05$) nem das idades de abate ($p>0,05$) sobre o aparecimento de peito amadeirado em frangos de corte fêmeas. O peito amadeirado no *Pectoralis major* de frangos de corte pode estar associado à miopatia da estria branca nos casos mais severos (Sihvo et al., 2013). A etiologia e os fatores que causam o aumento do peito amadeirado no músculo peitoral não foram identificadas, sendo descrita predominantemente em linhagens de crescimento rápido. Mudalal et al. (2014) encontraram alta associação da ocorrência do peito amadeirado com o maior peso e espessura do músculo *Pectoralis major*. Entretanto o peito amadeirado não apresentou associação ao maior rendimento de peito neste estudo.

Tabela 5 - Estudo de frequência de peito amadeirado no músculo *Pectoralis major* em frangos de corte fêmeas de acordo com os tratamentos e as idades

Fatores	Peito amadeirado			
	Ausente		Presente	
<u>Rações</u>	Frequência	%	Frequência	%
19P	15	62,50	09	37,50
21P	12	54,55	10	45,45
19E	14	58,33	10	41,67
21E	09	37,50	15	62,50
19E+Aa	14	63,64	08	36,36
<u>Idade</u>				
38 dias	32	53,33	28	46,64
46 dias	32	57,14	24	42,46
Probabilidade				
Rações	0,368*			
Idade	0,680*			

*Não significativo ao teste Qui-Quadrado ($p>0,05$).

Perfil bioquímico sérico

Na tabela 6 estão apresentados os valores médios da dosagem de glicose (g/dL), colesterol total (g/dL), triglicérides total (g/dL), HDL-colesterol (g/dL), LDL- colesterol (g/dL), VLDL-colesterol (g/dL), proteínas totais (g/dL), albumina (g/dL), lipase (g/dL) e amilase (g/dL) no soro de frangos de corte fêmeas de acordo com as rações e as idades. Não houve interação entre rações e as idades para nenhuma das variáveis ($p>0,05$).

Não houve efeito das rações ($p>0,05$) nem das idades ($p>0,05$) sobre a glicemia sérica das aves. De acordo com Thrall et al. (2012), em aves saudáveis os níveis de glicose podem variar entre 200 a 500 mg/dL. 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 alimentação. Variações fora da faixa de normalidade podem indicar problemas como hipoglicemia, que 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 corticosteroides (Campbell, 2004). Os resultados de glicemia observados neste trabalho encontram-se dentro da faixa de normalidade e assim como os resultados obtidos, Soares (2014) não encontrou efeito das dietas contendo diferentes teores de PB e das diferentes idades de mensuração sobre a glicemia de frangos de corte.

Não houve efeitos das dietas sobre os níveis de colesterol sérico e suas frações ($p>0,05$). Da mesma maneira, houve efeito das idades sobre os níveis de colesterol total, triglicérides, HDL-colesterol e VLDL-colesterol ($p>0,05$). Porém, Independentemente das rações, foi observada maior dosagem de LDL-colesterol sérico aos 37 dias quando comparada com a dosagem aos 25 dias ($p\leq 0,05$).

Para a maioria das espécies de aves os valores de colesterol total variam entre 100 a 250 mg/dL (Kaneko et al. 1997). Portanto os resultados encontrados no presente trabalho encontram-se dentro da faixa de normalidade. A concentração do colesterol pode diminuir, aumentar ou permanecer normal, de acordo com alguns tipos de doenças hepáticas e da ingestão diária de colesterol. Esta fração também pode ser modificada pela

Tabela 6 - Valores médios da dosagem de glicose Glic (g/dL), colesterol total Col (g/dL), triglicérides total TG (g/dL), HDL (g/dL), LDL (g/dL), VLDL (g/dL), proteínas totais Ptna (g/dL), albumina (g/dL), lipase Lip (g/dL) e amilase (g/dL) no soro de frangos de corte fêmeas de acordo com os tratamentos e as idades

Fatores	Variáveis									
	Glic	Col	TG	HDL	LDL	VLDL	Ptna	Alb	Lip	Ami
<u>Raças</u>										
19P	216,33	128,87	91,08	108,79	16,42	18,22	2,44	1,49	12,50	593,88
21P	218,96	117,29	83,00	101,50	17,12	16,60	2,66	1,59	12,12	723,04
19E	206,88	115,04	74,63	101,42	16,08	14,92	2,68	1,52	12,25	754,25
21E	218,71	111,17	72,96	95,58	16,62	14,59	2,57	1,48	11,33	687,92
19E+Aa	209,42	120,37	87,42	100,50	18,08	17,48	2,72	1,54	12,87	692,50
<u>Idade</u>										
25 dias	212,45	117,98	83,75	101,05	13,17 B	16,75	2,43 B	1,49	14,58 A	659,15
37 dias	215,67	119,12	79,88	102,07	20,57 A	15,98	2,80 A	1,56	9,85 B	721,48
ANOVA										
Raças	0,5255	0,1300	0,2893	0,2879	0,9433	0,2893	0,5268	0,3106	0,9336	0,1388
Idade	0,6200	0,8191	0,6451	0,7964	0,001	0,6451	<0,001	0,1523	0,001	0,3235
Raças X Idade	0,1862	0,9122	0,8179	0,8397	0,7034	0,8179	0,5380	0,9075	0,6215	0,7211
CV (%)	11,59	16,02	39,26	14,87	37,73	39,26	11,85	12,04	43,25	34,72

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), * Médias de viabilidade seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$), CV = coeficiente de variação.

idade, estado nutricional e quantidade das gorduras saturadas e insaturadas na dieta (Lumeij, 1997).

Já a concentração de triglicerídeos circulantes reflete o equilíbrio entre sua absorção intestinal, sua síntese/secreção nos hepatócitos e sua absorção no tecido adiposo, influenciados também pelo teor de gordura na dieta e pela produção de hormônios. Pode-se observar hipocolesterolemia em casos de má digestão, má absorção e inanição (Campbell, 2004).

Das lipoproteínas (LDL, HDL e VLDL) dosadas, apenas o LDL- colesterol foi aumentado com o avançar da idade ($p \leq 0,05$) e este aumento pode estar associado à taxa de crescimento dos frangos. Por outro lado, existe uma relação inversa entre o colesterol total e o HDL-colesterol (Swenson e O'Reece, 1996). Segundo Kris-Etherton et al. (1988), as lipoproteínas do plasma sanguíneo são classificadas de acordo com suas densidades. Como nas aves o sistema linfático é pouco desenvolvido, o transporte dos lipídios ocorre via sistema porta-mesentérico (Noyan et al., 1964) e a principal forma cujos lipídeos absorvidos são transportados nessa espécie é a VLDL (*very low density lipoprotein*).

Não houve efeito das rações sobre a dosagem de proteínas totais e albumina ($p > 0,05$). Entretanto, independentemente das rações, houve efeito das idades sobre a proteína total ($p \leq 0,05$) mas não houve efeito sobre a albumina ($p > 0,05$). A dosagem de proteína total aumentou com o aumento da idade das aves, e este efeito pode estar relacionado com a maior demanda metabólica imposta pelo crescimento com o avançar da idade. Os valores de proteína total encontraram-se dentro do intervalo de referência que estão entre 2,5 a 4,5 g/dL (Thrall et al., 2012). Segundo Kaneko et al. (1997), 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. Entretanto valores de albumina ligeiramente abaixo do intervalo de referência foram encontrados neste trabalho, possivelmente relacionados à variação individual dos animais. Redução nos níveis de albumina sérica podem indicar processos inflamatórios e alterações nas funções hepáticas, já que o principal local de

produção de proteínas é o fígado (Lumeij, 1987). Resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho foram observados por Soares (2014) que não observaram efeito dos teores de PB da dieta sobre a proteína total e albumina sérica em frangos de corte, mas observaram que o avançar da idade elevou a dosagem de proteína total.

Não houve efeito das rações sobre a dosagem de lipase ($p > 0,05$). Entretanto, maior dosagem de lipase sérica foi encontrada na dosagem aos 25 dias quando comparada à dosagem aos 37 dias ($p \leq 0,05$). As diferenças nas dosagens de lipase podem ter sido encontradas devido ao período de adaptação das dietas. Aos 25 dias quando ocorreu a primeira dosagem, haviam apenas quatro dias que as aves estavam recebendo ração crescimento que continha teores de óleo mais elevados (rações 21P, 19E, 21E e 19E+Aa) do que a ração inicial que os animais receberam até os 21 dias. Dessa maneira, aos 25 dias as aves tiveram maior demanda de lipase e aos 37 dias as aves já estariam adaptadas à ração crescimento. Segundo Dias (1999) a enzima lipase lipoprotéica, responsável pela hidrólise das lipoproteínas ricas em triglicerídeos do plasma, tem suas atividades correlacionadas com o nível de ácidos graxos na dieta. A lipogênese nas aves é influenciada pelos níveis de gordura e proteína da dieta e também ao tempo de exposição dos animais às dietas (Nir et al., 1988).

Não houve efeito das rações ($p > 0,05$) nem das idades ($p > 0,05$) sobre a dosagem de amilase. Os níveis séricos de amilase podem ser indicativos da atividade do pâncreas, que também sintetiza essa enzima. Portanto, aumento nos níveis séricos de amilase podem ocorrer em decorrência de lesão pancreática (Lumeij, 1997), o que não foi observado neste experimento, já que as dosagens estão dentro do intervalo de referência.

Conclusão

Como não houve influência das dietas sobre o rendimento de carcaça e de cortes, miopatias e perfil bioquímico das aves, a escolha da ração dependerá do custo e disponibilidade dos ingredientes. O abate das aves com 46 dias proporcionou maior rendimento de carcaça e de peito e não influenciou o aparecimento de miopatias, portanto é recomendada. O perfil bioquímico sérico das aves se manteve dentro dos valores referência, independentemente da ração e da idade de mensuração.

REFERÊNCIAS

- ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual. 2018.
- ABREU, A. R. C. Teores de energia e proteína para frangos de corte fêmeas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil. 2015.
- API, I.; TAKAHASHI, S. E.; MENDES, A. S. et al. Efeito da sexagem e linhagens sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. *Cienc. anim. bras.*, Goiânia, v.18, 1-10, e-32691, 2017.
- ARAÚJO, L.F. Estudo de diferentes critérios de formulação de rações, com base em perfis de aminoácidos totais e digestíveis para frangos de corte. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 123p. 2001.
- BACK, A. Manual de doenças de aves: Mionecrose peitoral profunda. 2ed. P. 285-286, Editora Integração. 2012.
- BAÉZA, E.; ARNOULD, C.; JLALI, M.; CHARTRIN, P.; GIGAUD, V.; MERCERAND, F.; DURAND, C.; MÉTEAU, K.; LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C. Influence of increasing slaughter age of chickens on meat quality, welfare, and technical and economic results. *J. Anim. Sci.*, v. 90, p. 2003-2013, 2012.
- CAETANO, V.C.; FARIA, D. E.; CANIATTO, A. R. M.; FARIA FILHO, D. E.; NAKAGI, V.S. Desempenho e rendimento de carcaça em frangos de corte de um a 46 dias alimentados com dietas contendo diferentes níveis de valina e reduzido teor proteico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.67, n.6, p.1721-1728, 2015.
- CAMPBELL, T. Blood biochemistry of lower vertebrates. In: 55th Annual Meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP) e 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology (ASVCP), 2004.
- COBB. Broiler performance e nutrition supplement. Cobb – Vantress. L-2114-08 EN: April 2018.
- COBB. Manual de manejo de frangos de corte. Cobb-vantress, 2013.
- DIAS, T.S.L. Metabolismo hepático de lipídios em frangos de corte (*Gallus domesticus*) com diferentes níveis de proteína e energia. 1999. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.
- DORIGAM, J. C. de P. Método fatorial para determinar exigências de energia. In: SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2 ed. Jaboticabal: Funep, p. 163 – 190, 2016.

ECCO, R.; BRAGA, J. F. V. Miopatia em frango de corte. Periódicos Brasileiros em Medicina Veterinária e Zootecnia. [Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia Vol. 2015 - Fascículo 76](#) p. 117-125. 2015.

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.

GONZALES, E.; SARTORI, J.S. Crescimento e metabolismo muscular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Ed.). Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte. 2ª ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, cap. 2, p.279-298, 2002.

KANEKO, J; HARVEY, J; BRUSS, M. Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 5th ed., San Diego, Academic Press, 932p. 1997.

KIDD, M.T.; KERR, B.J. L-threonine for poultry: a review. Journal Applied Poultry Research, v.5, n.4, p.358-367, 1996.

KIJOWSKI, J.; KUPINSKA, E.; KACZMAREK, A.; STANGIERSKY, J.; POPIOL, A. Occurrence and characteristics of chicken breast muscles with DPM symptoms. Medycyna Weterynaryjna, v.65, p.466-471, 2009.

KRIS-ETHERTON, P.M., KRUMMEL, D., RUSSELL, M.E., et al. The effect of diet on plasma lipids, lipoproteins and coronary heart disease. Journal of the American Dietetic Association, v. 88, p. 1373, 1988.

KUTTAPPAN, V. A., BREWER, V. B., APPLE, J. K., WALDROUP, P. W. and OWENS, C. M. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. Poultry Science, v.91, n.10, p.2677-2685. 2012.

KUTTAPPAN, V. A., BREWER, V. B., APPLE, J. K., WALDROUP, P. W. and OWENS, C. M. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. Poultry Science, v.91, n.10, p.2677-2685. 2012.

KUTTAPPAN, V.A. ET AL. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. Poultry Science, Champagnain, v.88 (Suppl.1), n. 447 (Abstr.). 2009.

LECLERCQ, B. Lysine: Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. Poultry Science, v. 77, n. 1, p. 118-123, 1998.

LISBOA, J. S.; SILVA, D. J. Rendimento de carcaça de três grupos genéticos de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes teores de proteína. Rev. Bras. de Zootec., v.28, p.548-554, 1999.

- LUMEIJ, J. Plasma urea, creatinine and uric acid concentrations in response to dehydration in Racing pigeons (*Columba Livia Domestica*), *Avian Pathology*, V.16, n. 3. P. 377-382. 1987.
- MARCATO, S. M. Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte. Tese de Doutorado em Zootecnia. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal. 183 p. 2007.
- MENDES, A. A. Impactos nos Resultados Produtivos e na Qualidade do Produto: A Visão da Indústria. IN: Anais XIV Simpósio Brasil Sul de Avicultura, Chapecó, SC. 2013.
- MENDES, A.A.; MOREIRA, J.; OLIVEIRA, E.G.; GARCIA, E.A. et al. Efeitos da Energia da Dieta sobre Desempenho, Rendimento de Carcaça e Gordura. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, n.6, p.2300-2307, 2004.
- MUDALAL S.; LORENZI, M.; SOGLIA, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Implications of White striping and Wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*. V9, N4, 728-34, April, 2015.
- MUTRYN, M. F. et al. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC Genomics*, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2015.
- NIR, I.; NITSAN, Z.; KEREN-ZVI, S. Fat deposition in birds. In: *Leanness in domestic birds*, Butterworths, p.141-174, 1988.
- NOYAN, A.; et al. Pathway and form of absorption of palmitic acid in the chicken. *Journal Lipid Research*, v.5, p.538-542, 1964.
- OLIVEIRA, W. P. O., 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. *Rev. Bras. Zootec.*, v.39, n.5, p.1092-1098, 2010.
- POLITI, E.S., VAROLI, JR., J.C., GONZALES, E. et al. Efeito da linhagem e sexo sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. In: *CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA*, Santos. Anais... Santos, APINCO, p. 88. 1993.
- RUSSO, E. et al. Evaluation of White Striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. *Poultry science*, p.172, 2015.
- RUTZ, F.; XAVIER, E.G.; DADLT, G.M. Exigências nutricionais para a fase final (Energia, aminoácidos, vitaminas, minerais e aditivos). In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NA FASE FINAL*. Campinas. Anais...p.29-54, 1999.
- SANDERCOCK, D. A., BARKER, Z. E., MITCHELL, M. A., HOCKING, P. M. Changes in muscle cell cation regulation and meat quality traits are associated with

genetic selection for high body weight and meat yield in broiler chickens. *Genetics Selection Evolution*, 41(1), 1, 2009.

SIHVO, H. K., IMMONEN, K., PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology*, 51(3): 619-623, 2013.

SOARES, K.R. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em termoneutralidade ou estresse térmico. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

SOSNICKI, A.A. Focal myonecrosis effects in turkey muscle tissue. *Reciprocal Meat Conference Proceedings Volume 46*, American Meat Science Association/National Live Stock and Meat Board, Chicago, p. 97-102, 1993.

SWENSON, M.J.; O'REECE, W.O. DUKES. *Fisiologia dos animais domésticos*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996. 856p.

THRALL, M.A.; WEISER, G.; ALLISON, R.W.; CAMPBELL, T.W. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 776p. 2012.

THRALL, M.A.; WEISER, G.; ALLISON, R.W.; CAMPBELL, T.W. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 776p. 2012.

VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; LARA, L.J.C.; VIDAL, T.Z.M.; SILVA, M; A.; SILVA, P.C. 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.

ZAMBONELLI, P; ZAPPATERRA, M; SOGLIA, F; PETRACCI, M; SIRRI, F; CAVANI, C; DAVOLI, R. Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by White Striping – Wooden Breast myopathies. *Poultry Science*, Volume 95, n. 12, p. 2771–2785, 2016.