



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

LÉRIDA FANTIN DE VARGAS

**EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES NUTRIENTES NA DIETA SOBRE A
QUALIDADE DAS CARÇAÇAS E PREVENÇÃO DE PEITO MADEIRA E ESTRIAS
BRANCAS EM FRANGOS DE CORTE**

MEDIANEIRA

2019

LÉRIDA FANTIN DE VARGAS

**EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES NUTRIENTES NA DIETA SOBRE A
QUALIDADE DAS CARÇAÇAS E PREVENÇÃO DE PEITO MADEIRA E ESTRIAS
BRANCAS EM FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Dr. Gustavo Petri Guerra

Co-orientador: Dr^a: Cristiane Canan

MEDIANEIRA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

V297e

Vargas, Lérida Fantin de Vargas

Efeito da adição de diferentes nutrientes na dieta sobre a qualidade das carcaças e prevenção de peito madeira e estrias brancas em frangos de corte / Lérida Fantin de Vargas – 2019.

69 f.: il.; 30 cm.

Orientador: Gustavo Petri Guerra

Coorientadora: Cristiane Canan

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Medianeira, 2019.

Inclui bibliografias.

1. Aves - Criação. 2. Rações - Aditivos. 3. Alimentos – Dissertações. I. Guerra, Gustavo Petri, orient. II. Canan, Cristiane, coorient III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

CDD: 664



TERMO DE APROVAÇÃO

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES NUTRIENTES NA DIETA SOBRE A QUALIDADE DAS CARÇAÇAS E PREVENÇÃO DE PEITO MADEIRA E ESTRIAS BRANCAS EM FRANGOS DE CORTE

Por

LÉRIDA FANTIN DE VARGAS

Essa dissertação foi apresentada às quatorze horas, do dia quatorze de fevereiro de dois mil e dezenove, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Linha de Pesquisa _Ciência e Tecnologia de Produtos Alimentícios_, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - PPGTA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof(a). Dr(a). Cristiane Canan (Co-Orientador(a) – PPGTA)

Prof(a). Dr(a). Rosana Aparecida da Silva Buzanello (Membro Interno – PPGTA)

Dr(a). Flávera Camargo Prado (Membro Externo – UTFPR)

* A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

RESUMO

De Vargas, Lérida Fantin. Efeito na adição de diferentes nutrientes na dieta sobre a qualidade das carcaças e prevenção de peito madeira e estrias brancas em frango de corte. 2019. 71f. Projeto de Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos PPGTA, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Medianeira, 2018.

Avanços tecnológicos na seleção genética e no processamento das aves permitem a produção de frangos com maior peso vivo em menos tempo. Este aumento no tamanho das células musculares e na taxa de crescimento levou na última década ao aparecimento de diversas miopatias que causam lesões nas fibras musculares e tecidos conectivos, principalmente no músculo de peito (*Pectoralis major*). Miopatias são alterações na normalidade do tecido muscular, das quais a estria branca (WS) é caracterizada pela presença de linhas brancas intramusculares, e o peito madeira (WB) é caracterizado pela formação de fibras com textura firme e resistente à compressão coberta com fluido claro e viscoso, ambas miopatias causam rejeição sensorial e prejudica a funcionalidade da carne. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de manganês (Mn), cobre (Cu), nucleotídeos purificados e ácido guanidinoacético (GAA) na dieta de frangos de corte sobre a qualidade das carcaças e a prevenção de miopatias no peito. Foram utilizados 1500 pintainhos de corte mistos e foi aplicada na ração base a suplementação de GAA (600 ppm), nucleotídeos purificados (1000 ppm) e dos minerais e Manganês (40 ppm) e Cobre (7 ppm), agrupados em doze tratamentos. As aves foram mantidas em um aviário experimental com estrutura e parâmetros de manejo padronizados até os 42 dias de idade, e abatidos em um abatedouro de aves. O uso combinado de Cu, Mn e GAA (T12), aplicado na ração base de frangos de corte, promoveu uma redução significativa com relação ao controle (T1) na incidência de WS leve (25,48 vs 33,46%), WS moderado (14,21 vs 17,46%), WS severo (9,98 vs 20,13%), WB leve (7,17 vs 14,79%) e WB severo (2,94 vs 6,79%), respectivamente. Assim como foi o tratamento que apresentou maior ocorrência de peito normal em relação ao controle, ou seja, sem WB (80,41 vs 70,79%) e WS (50,83 vs 29,46%). A suplementação utilizada em todos os tratamentos não alterou os parâmetros físico-químicos (CRA; PPC; pH_{15min}; pH_{24h}; umidade; proteína e gordura), os parâmetros bioquímicos sanguíneos (ACTH, colesterol, glicose e CPK), o rendimento (carcaça, pernas, asas, filezinho sassami, peito desossado e dorso) e o desempenho zootécnico (peso médio, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), com relação ao controle. Ao avaliar simultaneamente a ocorrência de dermatose e celulite, o tratamento suplementado com GAA (T3) parece apresentar uma menor ocorrência em relação ao controle. As lesões *post mortem* observadas durante o exame macroscópico de WS e WB, foram correspondentes ao grau de classificação utilizada (normal, leve, moderada e severa) podendo ser aplicada satisfatoriamente durante o processo industrial do frango.

Palavras-chave: Abatedouro de aves; Celulite; Dermatose; Minerais; Miopatias; Nucleotídeos;

ABSTRACT

De Vargas, Lérica Fantin. Effect of the addition of different nutrients in the diet on the quality of the carcasses and prevention of wooden breast and white striping in broiler chickens. 2019. 71p. Dissertation Project (Master in Food Technology) - Post-Graduate Program in Food Technology PPGTA, Federal Technological University of Paraná - UTFPR. Medianeira, 2018.

Technological advances in genetic selection and in the processing of poultry allow the production of chickens with greater live weight in less time. This increase in muscle cell size and growth rate has led in the last decade to the appearance of several myopathies that cause lesions in the muscle fibers and connective tissues, mainly in the breast (*Pectoralis major*). Myopathies are changes in muscle tissue normality, of which the white striping (WS) is characterized by the presence of white intramuscular lines, and the wooden breast (WB) is characterized by the formation of fibers with firm texture and resistant to compression covered with clear fluid and viscous, both myopathies cause sensory rejection and impair the functionality of the meat. The objective of this work was to evaluate the effect of the supplementation of manganese (Mn), copper (Cu), purified nucleotides and guanidinoacetic acid (GAA) in the poultry diet on carcass quality and prevention of myopathies in the breast. A total of 1500 mixed-cutting chicks were used and the supplementation of GAA (600 ppm), purified nucleotides (1000 ppm) and minerals and Manganese (40 ppm) and Copper (7 ppm), grouped into twelve treatments. The poultry were kept in an experimental aviary with structure and standardized management parameters up to 42 days of age and slaughtered in a poultry slaughterhouse. The combined use of Cu, Mn, and GAA (T12), applied to the broilers basic feed, promoted a significant reduction in relation to control (T1) in the incidence of soft WS (25.48 vs 33.46%), moderate WS (14.21 vs 17.46%), severe WS (9.98 vs 20.13%), soft WB (7.17 vs 14.79%) and severe WB (2.94 vs 6.79%), respectively. As was the treatment that presented the highest occurrence of normal breast in relation to the control, that is, without WB (80.41 vs 70.79%) and WS (50.83 vs 29.46%). The supplementation used in all treatments did not change the physical-chemical parameters (water retention capacity, cook loss, pH_{15min}, pH_{24h}, moisture, protein and fat), yield (carcass, legs, wings, inner fillet, boned chest and back) and performance (live weight, feed intake, weight gain and feed conversion), relative to the control. When assessing simultaneously the occurrence of dermatosis and cellulitis, treatment supplemented with GAA (T3) seems to present a lower occurrence in relation to the control. The post-mortem lesions observed during the macroscopic examination of WS and WB corresponded to the degree of classification used (normal, soft, moderate and severe) and could be applied satisfactorily during the industrial process of the chicken.

Key-words: Cellulitis; Dermatitis; Minerals; Myopathies; Nucleotides; Poultry slaughtering.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura e componentes do tecido muscular (PARDI, 2001).	13
Figura 2. Evolução do peso, tamanho e idade de frangos de corte de 1975 a 2005 (ZUIDHOF et al., 2014).	14
Figura 3. Estrutura morfológica do tecido muscular do peito (<i>Pectoralis major</i>) normal (A) e com Peito Madeira (B). Legendas na figura: E: espaços do tecido conectivo endomissial; D: degeneração da fibra muscular; N: necrose da fibra (VELLEMAN; CLARK, 2015b)	15
Figura 4. Micrografias de exames histopatológicos de lesões miopáticas do tecido muscular do peito (<i>Pectoralis major</i>) com fibrose (b), lipidose (d) e degeneração da fibra com infiltração e inflamação celular (f) (KUTTAPPAN et al., 2013a).....	16
Figura 5. Miopatia por estrias brancas no musculo esquelético do peito de frango (<i>Pectoralis major</i>) com escalas (0) normal, sem linhas brancas; (1) moderado, com linhas < 1mm; (2) severo com linhas largas entre 1 a 2mm; (3) extremo, com bandas brancas > 2 mm em toda a superfície (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016).	21
Figura 6. Miopatia por peito madeira no musculo esquelético do peito de frango (<i>Pectoralis major</i>) com escalas (1) musculo normal, (2) Manifestação focal da miodegeneração por peito madeira e (3) Miodegeneração difusa do peito madeira (SIHVO et al., 2017).	22
Figura 7. Estrutura do aviário e alojamento para o experimento. (Autoria própria) ...	28
Figura 8. Processo de produção de ração para o experimento (matéria-prima, produção automática e produto final). (Autoria própria)	29
Figura 9. Processo de abate e avaliação das carcaças no frigorífico. (Autoria própria)	32
Figura 10. Etapas para avaliação do rendimento da carcaça: (1) carcaça eviscerada e identificada, (2) corte do peito com osso e com pele, (3) corte de pernas, assas, pescoço e pele; (4) corte de peito (<i>Pectoralis major</i>), filé sassami (<i>Pectoralis minor</i>), dorso sem pescoço e osso do peito. (Autoria própria)	33
Figura 11 – Avaliação macroscópica <i>post mortem</i> de dermatose e celulite em frangos de corte com 42 dias de idade. (Autoria própria).....	37
Figura 12 – Graus de severidade de peito madeira (WB) em peito de frangos de corte com 42 dias de idade: Normal (sem lesões miopática), Leve (menos de 40% de lesões no tecido na região caudal e cranial do peito), Moderado (com 40% a 80% de	

lesões no tecido na região caudal e cranial do peito) e Severo (mais de 80% de lesões distribuídas no tecido com presença de hemorragias e exsudato, na região caudal e cranial do peito). (Autoria própria)46

Figura 13 – Graus de incidência de estria branca (WS) em peito de frangos de corte com 42 dias de idade: Normal (sem estrias), Leve (estrias finas com menos de 1 mm de espessura), Moderado (estrias espessas com mais de 1 mm de espessura) e Severo (presença excessiva de estrias, lipidose e fibrose). (Autoria própria)49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Esquema de número de aves, repetições e formulação para cada tratamento.	30
Tabela 2 – Ingredientes da ração base para frangos durante as fases de crescimento de 1 a 42 dias.	31
Tabela 3 – Efeito da suplementação nutricional no desempenho zootécnico de frangos de corte.	39
Tabela 4 – Efeito da suplementação nutricional no rendimento da carcaça.	41
Tabela 5 – Efeito da suplementação nutricional nos parâmetros físico-químicos da carcaça.	44
Tabela 6 – Efeito da suplementação nutricional nos parâmetros bioquímicos do sangue em frangos de corte.	45
Tabela 7 – Efeito da suplementação nutricional na incidência de Peito Madeira (WB) no peito de frangos de corte.	48
Tabela 8 – Efeito da suplementação nutricional na incidência de Estrias Brancas (WS) no peito de frangos de corte.	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 Avicultura	11
3.2 Processamento da carne de frango	11
3.3 Estrutura muscular e propriedades da carne de frango	12
3.4 Parâmetros bioquímicos do sangue	17
3.5 Lesões cutâneas em aves	18
3.5.1 Celulite.....	18
3.5.2 Dermatose	19
3.6 Miopatias: Peito Madeira e Estrias Brancas	20
3.7 Suplementação na dieta de frangos de corte	23
3.7.1 Minerais	23
3.7.2 Aditivos Nutricionais	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Instalações para alojamento e criação de aves	28
4.2 Dieta e planejamento experimental	29
4.3 Processo de Abate	31
4.4 Avaliação do desempenho das aves	32
4.4.1 Índices zootécnicos	32
4.4.2 Parâmetros bioquímicos sanguíneos.....	32
4.4.3 Rendimento da carne de frango	33
4.4.4 Avaliação de lesões cutâneas	33
4.4.5 Escores para peito madeira e estrias brancas.....	34
4.5 Composição Centesimal e parâmetros físico-químicos	34
4.6 Análise Estatística	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Desempenho zootécnico	36
5.2 Rendimento da carcaça	40
5.3 Composição Centesimal e parâmetros físico-químicos	42

5.4	Incidência de peito madeira (WB).....	46
5.5	Incidência de estrias brancas (WS).....	49
6.	CONCLUSÃO	52
7.	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE.....	62

1. INTRODUÇÃO

O consumo da carne de frango é mundialmente crescente, sendo uma das carnes mais consumidas no Brasil. A produção de frangos no Brasil vem aumentando ano a ano e superou 13,7 milhões de toneladas em 2017, assumindo o segundo lugar de produção mundial (ABPA, 2018). Devido a importância comercial do setor avícola tem se desenvolvido melhoramentos genéticos e nutricionais (SINGH; SAHU; KUMAR, 2018; SIRRI et al., 2016a), novos processos e tecnologias voltadas à produção animal (VASCONCELOS et al., 2015). Esses avanços, de modo geral, têm permitido reduzir custos e melhorar a produtividade, com o intuito de manter o destaque do país na competitividade em nível mundial (BARBOSA et al., 2012).

Neste sentido, existe uma tendência para comercialização de frangos com a região peitoral mais desenvolvida. O peito de frango é uma das partes da ave que tem larga utilização no mundial, seja para consumo direto, seja para processamento, além de ser uma tendência relacionada com alimento nutricionalmente saudável (PETRACCI et al., 2014). A tecnologia avícola para obter maior peso do peito das aves em um curto período de tempo causa vários problemas de qualidade da carne (KUTTAPPAN et al., 2012c) e está relacionado principalmente com o perfil nutricional (SOGLIA et al., 2016a).

Frangos de corte são continuamente selecionados para atingir uma maior massa corporal em menos tempo, o que pode ocasionar defeitos nas fibras musculares (miopatias) provocando uma rejeição dos consumidores devido a problemas sensoriais (FERREIRA et al., 2014) e conseqüentemente perdas econômicas para a indústria avícola (BALDI et al., 2018a). Uma das principais miopatias induzidas pelo crescimento rápido é a estria branca (WS, do inglês *White Striping*), causando nas fibras musculares miodegeneração, necrose, fibrose, lipidose e alterações regenerativas (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016).

Estudos demonstram uma correlação entre o aumento na taxa de crescimento das aves e a ocorrência de miopatias que afetam principalmente o músculo do peito (SIHVO et al., 2017; TROCINO et al., 2015a; VELLEMAN; CLARK, 2015a). Assim, tem sido frequente o surgimento de estrias brancas longitudinais na musculatura peitoral de frangos de corte, acompanhadas de

rigidez do tecido, conhecida como peito madeira, estando estes problemas associados a frangos com maior peso corporal (VIEIRA, 2012).

O ácido guanidinoacético (GAA) é um precursor natural da creatina e está relacionado com o metabolismo energético (OSTOJIC, 2016), sendo fundamental para frangos de rápido crescimento para regenerar os níveis de creatina no músculo em crescimento (MICHIELS et al., 2012). O uso de minerais na dieta de frangos geralmente não influencia no desenvolvimento, no entanto, são benéficos para processos metabólicos e enzimáticos, absorção e transporte de nutrientes, reduzindo o estresse oxidativo e melhorando a resposta imunológica e o crescimento (ŚWIAĘTKIEWICZ; ARCZEWSKA-WŁOSEK; JÓZEFIAK, 2014). O cobre (Cu) orgânico adicionado como ingrediente em rações de frangos auxilia na manutenção da imunidade, reprodução, integridade da pele e desenvolvimento ósseo (LEESON, 2009). O manganês (Mn) atua nas funções de imunidade, digestão, metabolismo e crescimento ósseo (OLGUN, 2017). A presença de traços de minerais na alimentação animal é essencial para manter a saúde e produtividade dos frangos de corte (SINGH; GHOSH; HALDAR, 2015).

Dados coletados em um abatedouro de aves no Estado do Paraná indicam grande incidência de carcaças condenadas durante o período de janeiro de 2014 até maio de 2016, com média de 740.000 cortes de peito de frango descartados, devido à presença de miopatias. Tal ocorrência gerou a perda de aproximadamente 670 toneladas/ano de peito, o que representam redução aproximada de US\$1.2 milhões/ano no faturamento. A finalidade deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de diferentes nutrientes na dieta sobre a qualidade das carcaças e prevenção da ocorrência de peito madeira e estrias brancas durante o crescimento de frangos de corte, assim como, sugerir mecanismo de ação para o possível efeito obtido.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da suplementação da dieta de frangos de corte com manganês, cobre, nucleotídeos purificados e ácido guanidinoacético, sobre a qualidade das carcaças e prevenção de peito madeira e estrias brancas.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da suplementação da dieta com diferentes nutrientes sobre a condição do músculo do peito de frangos aos 42 dias, para determinar a prevalência do peito madeira e das estrias brancas;
- Avaliar o efeito da suplementação da dieta com diferentes nutrientes sobre o peso médio e conversão alimentar de frangos de corte aos 42 dias;
- Avaliar o efeito da suplementação da dieta com diferentes nutrientes sobre as características de qualidade da carcaça (dermatose, celulite e rendimento da carne) de frangos de corte com 42 dias;
- Avaliar o efeito da suplementação da dieta com diferentes nutrientes sobre os parâmetros físico-químicos de frangos de corte com 42 dias;
- Avaliar indicadores bioquímicos de estresse creatina fosfoquinase (CPK) em amostras de sangue de frangos com 42 dias de dieta suplementada com diferentes nutrientes;
- Avaliar parâmetros sanguíneos (glicose, colesterol) e hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) nas aves após 42 dias de dieta suplementada com diferentes nutrientes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Avicultura

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango com uma produção que alcançou em 2017 os 13,06 milhões de toneladas, depois dos Estados Unidos com uma produção de 18,6 milhões, em terceiro a União Européia com 11,8 milhões e em quarto está a China com 11,6 milhões de toneladas de carne (ABPA, 2018). O alojamento brasileiro de matrizes de corte alcançou em 2017 o total de 50,2 milhões de unidades e o estado do Paraná apresenta o maior volume (34,32%) de abate de frangos do país (EMBRAPA, 2018).

Com um consumo *per capita* de 42,07 kg/habitante o destino da produção brasileira de carne de frango em 2017 distribui-se 66,9% no mercado interno e 33,1% para exportação (ABPA, 2018). A região Sul do Brasil é destaque nas exportações devido ao modelo de produção integrado, ao tamanho do mercado, às inovações na produção, no abate e no processamento, e na estrutura portuária (COSTA; GARCIA; BRENE, 2015).

A carne de frango é uma importante *commodity* nas exportações brasileiras e no mercado interno integra a dieta alimentar do brasileiro (SALDANHA et al., 2006), causando importante variação nos preços e taxa cambial do mercado (CALDARELLI; CAMARA, 2013).

As mudanças no estilo de vida e nos hábitos alimentares da população mundial, como preço e dietas saudáveis, também são os principais fatores decisivos para o aumento do consumo da carne frango (COSTA; GARCIA; BRENE, 2015). Este crescente aumento no consumo exige um aproveitamento máximo da carne de frango e rigorosos padrões de qualidade (BARBOSA et al., 2012).

3.2 Processamento da carne de frango

Para a obtenção da carne de frango, os frigoríficos apresentam um sistema extremamente coordenado de operações mecânicas, desde a pendura das aves até a embalagem e congelamento final do produto (SAMS, 2000).

De acordo com SAMS et al. (2001) e BARBUT (2002), as etapas do processo de abate de frango geralmente seguem a seguinte sequência: após a descarga de gaiolas, no setor de pendura das aves, as aves suspensas na linha de abate vão seguindo para etapa de insensibilização por eletronarcose (tanque com água potável que conduz corrente elétrica). Logo após a insensibilização é realizado o procedimento de sangria. Após período de sangria, as aves são submetidas ao processo de escaldagem, visando facilitar a remoção das penas no processo de depenagem. A depenagem consiste na retirada mecânica das penas, seguida da evisceração, onde são extraídos miúdos e vísceras do interior das carcaças. Após essas etapas, as carcaças são resfriadas em tanques (*chillers*) contendo água com gelo, seguem para embalagem primária se carcaças inteiras ou fracionamento em cortes e posterior embalagem primária. Os produtos são alocados em embalagens secundárias e enviados para túneis de congelamento, e estocados até a sua expedição.

3.3 Estrutura muscular e propriedades da carne de frango

O músculo esquelético é formado por feixes de células longas (fibras musculares), cilíndricas e multinucleadas com diâmetro de 10 a 100 μm . Os feixes formam os músculos que são envolvidos por uma membrana externa de tecido conjuntivo chamado epimísio, envolvendo todo o músculo. Septos finos de tecido conjuntivo partem do epimísio, esses septos são chamados de perimísio (Figura 1) que agrupam um feixe de fibras musculares. Cada fibra muscular é envolvida por uma camada muito fina de fibras reticulares, formando o endomísio (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002; MADEIRA, 2005). O tecido conectivo intramuscular, representado pelo perimísio e endomísio, mantém a integridade da fibra muscular e é composta por colágeno, proteoglicanos e glicoproteínas (PETRACCI; CAVANI, 2012).

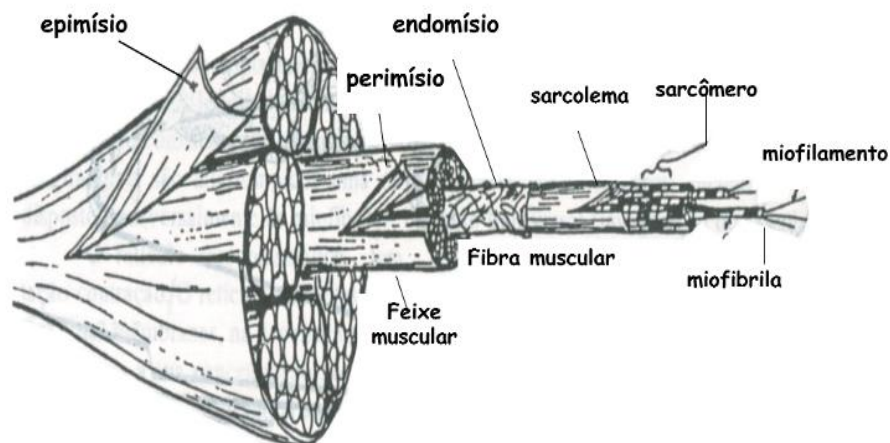


Figura 1. Estrutura e componentes do tecido muscular (PARDI, 2001).

Nas aves, podem ser encontrados três tipos de fibras musculares de acordo com suas características metabólicas e contráteis: tipo I – de contração lenta e oxidativa, possuem numerosas mitocôndrias e pigmento mioglobina em abundância e são bem vascularizadas, o que lhes confere a cor vermelha; tipo IIA – de contração rápida e oxidativa com metabolismo energético oxidativo e glicolítico, com numerosas mitocôndrias e muita mioglobina, alta vascularização e resistentes à fadiga; e tipo IIB – de contração rápida e glicolítica, com poucas mitocôndrias e mioglobina, com metabolismo energético glicolítico e pouca vascularização, além de serem facilmente fatigáveis e acumularem facilmente o ácido láctico (MADEIRA, 2005). O músculo peitoral apresenta fibras tipo IIA e IIB, e o músculo da coxa e sobrecoxa os tipos I e II (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

A taxa do metabolismo *post mortem* é um dos principais fatores que alteram a qualidade da carne fresca e a funcionalidade das proteínas, podendo ser prejudicada pela desnaturação protéica causada pela combinação das condições ácidas no músculo (glicólise via anaeróbia) e a elevada temperatura muscular no *post mortem* (durante os primeiros 30 minutos após a morte do animal). A elevada temperatura muscular pode ser potencializada pelo excessivo batimento de asas, luta, estresse e altas taxas metabólicas no período que antecede o abate (PETRACCI; CAVANI, 2012).

Desde 1975 até 2005 (Figura 2), o crescimento muscular em frangos aumentou 400%, com redução de 50% na taxa de conversão alimentar e redução de idade para 42 dias (ZUIDHOF et al., 2014). A evolução genética de frangos nesta última década levou à hipertrofia das fibras musculares e alterações das

funções estruturais, funcionais e características metabólicas das fibras que compõem os tecidos musculares de frangos de rápido crescimento (CRUZ et al., 2017b; PETRACCI; CAVANI, 2012). Este aumento no tamanho das células musculares e na taxa de crescimento levou ao aparecimento de várias miopatias causando lesões nas fibras musculares e tecidos conectivos, conforme Figura 3 (BALDI et al., 2018a; SOGLIA et al., 2016a).

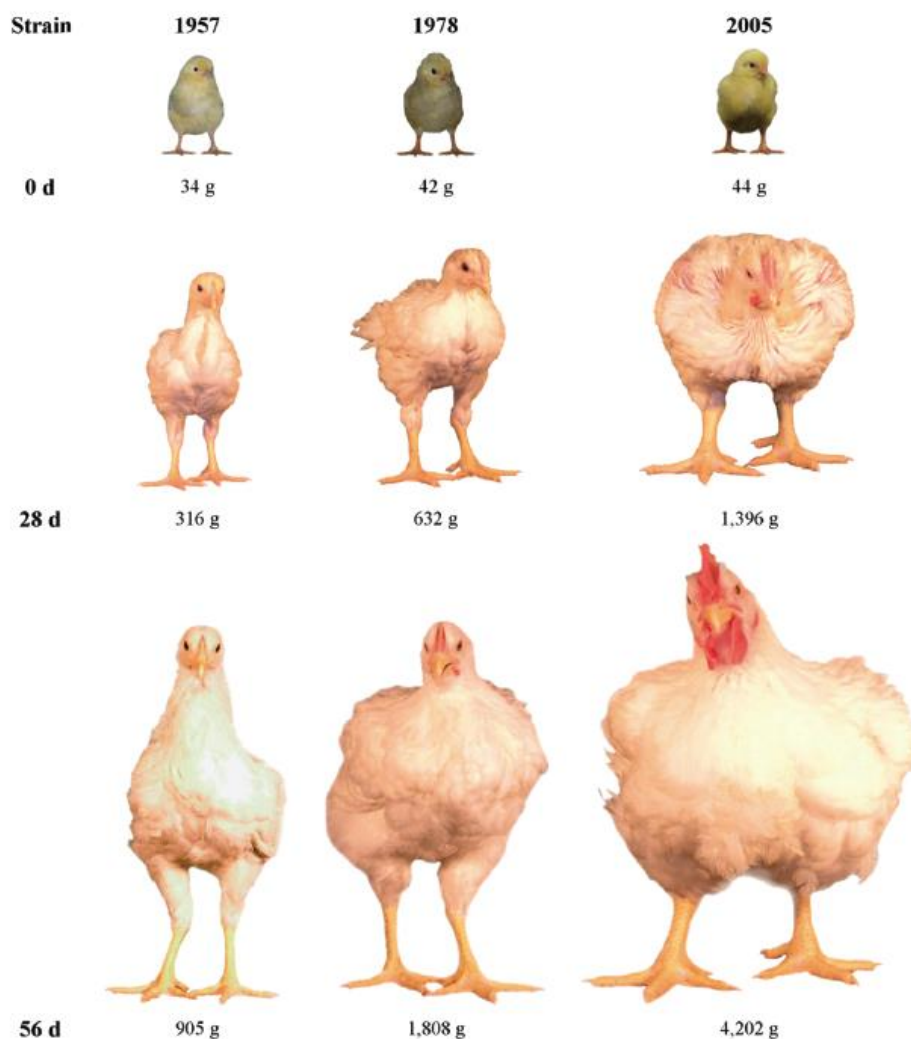


Figura 2. Evolução do peso, tamanho e idade de frangos de corte de 1975 a 2005 (ZUIDHOF et al., 2014).

Na miogênese, o número de fibras musculares é determinado pelos fatores genéticos e ambientais. Em aves, o número total de fibras permanece constante, e o aumento da massa muscular esquelética é devido à hipertrofia da fibra, acompanhado da atividade proliferativa das células satélites, as quais são fonte de novos núcleos que serão incorporados na fibra muscular (MADEIRA, 2005). O elevado metabolismo e a redução do espaço entre as fibras musculares

restringem o suprimento de sangue para os músculos e como consequência do baixo nível de oxigênio, células musculares morrem devido a hipóxia (MUTRYN et al., 2015; THIRUVENKADAN; PRABAKARAN; PANNEERSELVAM, 2011).

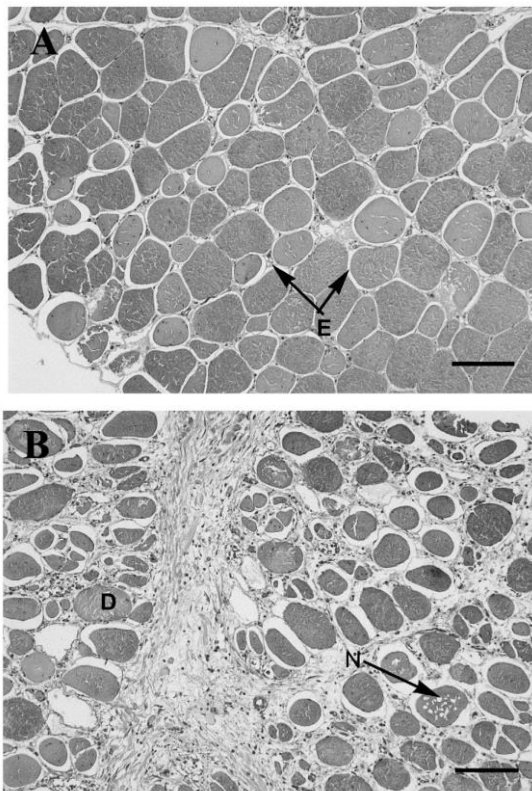


Figura 3. Estrutura morfológica do tecido muscular do peito (*Pectoralis major*) normal (A) e com Peito Madeira (B). Legendas na figura: E: espaços do tecido conectivo endomysial; D: degeneração da fibra muscular; N: necrose da fibra (VELLEMAN; CLARK, 2015b)

A fibrose (Figura 4) é uma seqüela comum do reparo muscular em condições hipóxicas, pois a ocorrência de fibrose tem como objetivo substituir o tecido muscular perdido por colágeno e fibrócitos (MUTRYN et al., 2015; SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014a). O aumento de cálcio intracelular pode impactar na integridade da membrana da célula muscular (ABASHT et al., 2016).

O estresse oxidativo promove o aumento de espécies reativas de oxigênio que impacta e regula as vias de sinalização celular que são críticas na expressão gênica e na remodelação e adaptação do músculo esquelético (ESTÉVEZ, 2015).

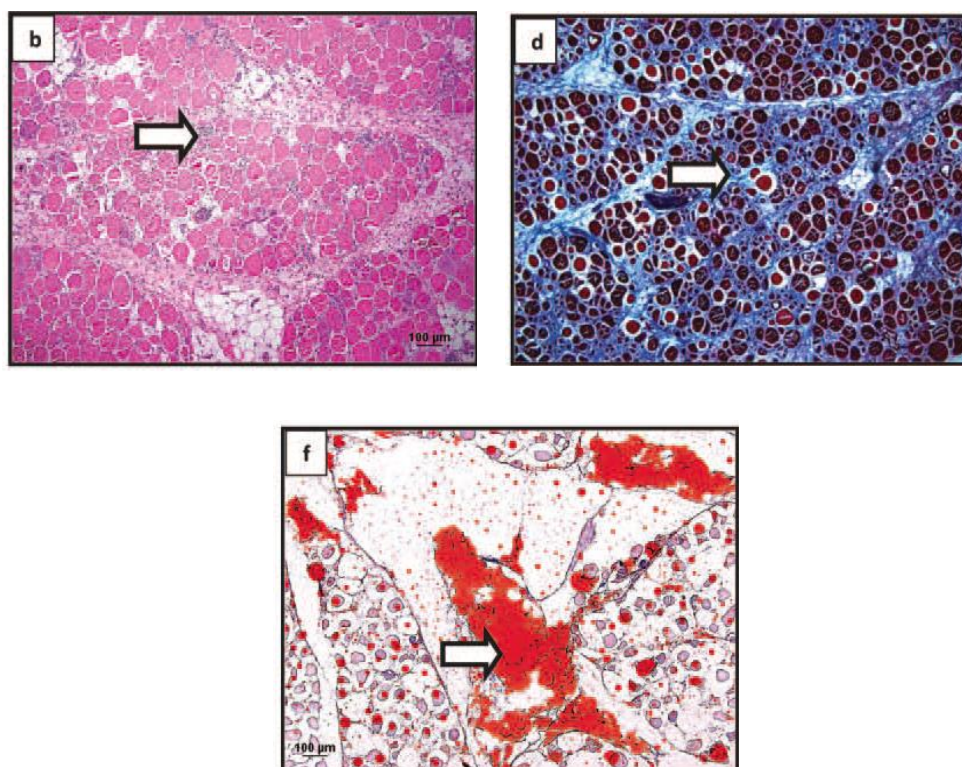


Figura 4. Micrografias de exames histopatológicos de lesões miopáticas do tecido muscular do peito (*Pectoralis major*) com fibrose (b), lipidose (d) e degeneração da fibra com infiltração e inflamação celular (f) (KUTTAPPAN et al., 2013a).

A carne de frango é rica em proteínas, aminoácidos, carboidratos, gordura poliinsaturada e minerais, considerada uma das carnes de maior preferência a nível mundial (CHEN et al., 2016). As propriedades físico-químicas da carne como a capacidade de retenção de água, textura, cor, pH e proteína (miofibrilar e sarcoplasmática) são elementos importantes no processamento e aceitação sensorial da carne de frango (EADY; SAMUEL; BOWKER, 2017; LEE; OWENS; MEULLENET, 2009; WOELFEL et al., 2002), entretanto, a cor influencia os consumidores na escolha da carne ao nível de varejo (QIAO et al., 2001). A cor da carne, além de ser um aspecto relevante de aceitação pelo consumidor, é um indicador das propriedades funcionais das matérias-primas cárneas (BOWKER; ZHUANG; BUHR, 2014). A capacidade de retenção de água é definida como sendo capacidade da carne de reter sua própria água durante a aplicação de forças externas, tais como cortes, aquecimento, cocção, trituração e prensagem (BOWKER; ZHUANG, 2015).

3.4 Parâmetros bioquímicos do sangue

Os aspectos bioquímicos, fisiológicos e patológicos de células e tecidos podem ser avaliados através de parâmetros séricos como a creatina fosfoquinase (CPK, do inglês *creatine phosphokinase*), colesterol, glicose (KUTTAPPAN et al., 2013b) e hormônio adrenocorticotrófico (ACTH, do inglês *adrenocorticotropic hormone*) (HEROLD et al., 1992).

A CPK envolve a enzima e seus metabolitos na participação do metabolismo do fosfato de alta energia em tecidos com altas exigências energéticas como o músculo esquelético e cardíaco (WYSS; KADDURAH-DAOUK, 2000). Em frangos com danos musculares devido à miopatias há aumento nos níveis séricos desta enzima (KUTTAPPAN et al., 2013b) e o estresse térmico pode aumentar a atividade da creatina quinase muscular, alterar a integridade da membrana celular no metabolismo glicolítico do músculo do peito e aumentar o efeito osmótico da membrana (ESSER et al., 2017; NASIROLESLAMI et al., 2018; WANG; PAN; PENG, 2009).

A determinação da concentração de glicose é importante no diagnóstico e tratamento de distúrbios do metabolismo de carboidratos, sendo a hiperglicemia associada ao estresse agudo e os níveis de glicose no sangue aumentam devido ao jejum pré-abate (AMARAL et al., 2017).

O colesterol é uma classe de lipídio produzido por todas as células de vertebrados, e em frangos com peso elevado e alta taxa de crescimento, os níveis séricos de triglicerídeos e colesterol, assim como os perfis de ácidos graxos hepáticos sofrem alterações (AMARAL et al., 2017; KUTTAPPAN et al., 2013b).

O ACTH participa da complexa interação entre o sistema imune e endócrino, importante para a manutenção da homeostase imunológica (HEROLD et al., 1992), sendo o aumento dos níveis séricos de corticosterona induzido por antígeno requer um eixo hipotálamo-hipófise-adrenal intacto, como sinalizado pelo ACTH. Este aumento aparente da corticosterona plasmática pode ser observada durante o transporte das aves que também pode induzir à disfunção e dano tecidual que são refletidos pelo aumento da atividade plasmática das enzimas musculares intracelulares, como a creatina quinase (BARBUT, 2001).

3.5 Lesões cutâneas em aves

Em frangos de corte, as lesões cutâneas vêm adquirindo importância crescente, em função do impacto econômico negativo devido aos danos causados na pele, mortalidade e suscetibilidade a outros patógenos microbianos (HEIDARI et al., 2016; LIGHTY et al., 2016). Os prejuízos econômicos causados por essas lesões não decorrem somente nas perdas, mas também, da redução no valor do produto final, do aumento no custo da mão de obra, da diminuição na velocidade de processamento e dos gastos com limpeza e desinfecção das instalações (FALLAVENA et al., 2000; JÚNIOR et al., 2009).

Os fatores que influem no aparecimento mais ou menos frequente de lesões cutâneas nos frangos de corte podem ser classificados em genéticos, de manejo e imunodepressores (ONDERKA et al., 1997; JÚNIOR et al., 2009). As lesões na pele podem ocorrer por diversos motivos como aumento no desempenho, velocidade no empenamento, redução dos movimentos permanecendo mais tempo em contato com a cama, densidade populacional alta, restrição alimentar, temperatura ambiente, programa de iluminação e de restrição alimentar, além da ventilação inadequada ou aquecimento insuficiente (OLIVEIRA et al., 2016).

Com relação à nutrição, rações em que a relação energia e proteína é alta ou que apresentam deficiência de aminoácidos ou de vitaminas, podem ser prejudiciais em função do aumento na ocorrência de lesões cutâneas (JÚNIOR et al., 2009). A pele, por representar uma barreira física entre o corpo e o meio ambiente, está constantemente em contato com agentes infecciosos, e o perfeito funcionamento do sistema imunológico é muito importante para manutenção da integridade da pele (SHIVAPRASAD, 2016).

Pesquisas têm demonstrado que os frangos das linhagens atuais têm capacidade de direcionar os nutrientes em proporção máxima para o desempenho produtivo, o que prejudica a função imune (MORAIS et al., 2015; JÚNIOR et al., 2009).

3.5.1 *Celulite*

É um processo patológico caracterizado pela inflamação purulenta aguda e difusa do tecido subcutâneo, dissecando planos teciduais e podendo envolver

camadas musculares (LIGHTY et al., 2016). Esse tipo de inflamação pode ocorrer em qualquer parte do corpo, nas aves é mais frequente nas regiões do abdômen e das sobrecoxas (JÚNIOR et al., 2009).

Essa inflamação inicia-se logo após a invasão bacteriana ao tecido subcutâneo (LIGHTY et al., 2016; BARROS et al., 2013). As lesões formam-se rapidamente caracterizando-se por aumento na espessura e alterações na coloração da pele, que se apresenta amarelo-brilhante, amarelo-opaca ou marrom avermelhada (JÚNIOR et al., 2009). Ao corte, observa-se edema subcutâneo, hemorragias musculares e exsudato que pode envolver coxa, peito e dorso. A presença de uma placa fibrinopurulenta é característica da doença (MESSIER et al., 1993a).

Antes do abate, o diagnóstico da doença é muito difícil, pois as lesões não são facilmente observadas sem que haja a exposição do tecido subcutâneo (BARROS et al., 2013). A celulite aviária é uma doença importante no que diz respeito aos prejuízos econômicos que causa e atualmente representa uma das causas de condenação de carcaças nos frigoríficos de todo o mundo (OLIVEIRA et al., 2016). Dessa forma, na criação moderna de frangos de corte, deve-se atentar para as melhores condições de modo a evitar-se estresse, assim como doenças imunodepressoras (JÚNIOR et al., 2009).

3.5.2 *Dermatose*

É um tipo de dermatite envolvendo a pele da articulação coxofemoral e da coxa, sendo considerada uma doença específica associada com densidade populacional alta (SHIVAPRASAD, 2016). Estudos mostraram que a alteração não é uma doença específica, sendo provocada por ferimentos causados pelas unhas dos frangos. Os músculos das pernas são frequentemente afetados e o problema é agravado por infecções secundárias (MESSIER et al., 1993b). A pele afetada exhibe, na maior parte das vezes, aumento na espessura e coloração amarelo-acastanhada. Microscopicamente, há inflamação difusa e necrótica acompanhada de edema, hemorragia e vesículas na pele (JÚNIOR et al., 2009). A ocorrência de dermatite está associada algumas vezes a situações em que há comprometimento do sistema imunológico, especialmente quando há

envolvimento dos vírus na doença infecciosa (HEIDARI et al., 2016; JÚNIOR et al., 2009).

3.6 Miopatias: Peito Madeira e Estrias Brancas

Miopia é qualquer alteração na normalidade do tecido muscular, e um dos primeiros relatos relacionado em aves foi observado em 1975. A miopia no músculo *Pectoralis major*, geralmente avaliada como desintegração ou desprendimento das fibras musculares, é considerada pela indústria avícola como um dos problemas emergentes que afeta a qualidade da carne de peito em frangos de corte (CALASANS, 2017; MONTAGNA, 2017).

Vários tipos de miopatias de origem histopatológica e hereditárias são conhecidos em frangos de corte, por exemplo, distrofia muscular, miopia nutricional, miopia peitoral profunda, miopia tóxica (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014a), e a miopia dorsal cranial que ocorre na região dorsal (ZANETTI et al., 2018). Estas miopatias têm início na porção medial do músculo supracoracóide (peitoral profundo), que se apresenta necrótica, seca, de coloração rosada ou esverdeada e com características histológicas de necrose isquêmica, traduzidas por degeneração discóide, ausência de núcleo sarcolemal, eosinofilia das fibras atingidas, infiltrado lipídico e fibrose (ZIMERMANN, 2008).

Recentemente algumas miopatias estão despertando a atenção global de produtores de carne de frango (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016) e a incidência de dois tipos principais de miopatias em frangos de alto desempenho pode causar rejeição sensorial do peito (*Pectotalis major*) pelos consumidores e consequentes impactos econômicos negativos (ZANETTI et al., 2018), elas são o peito madeira e as estrias brancas.

A estria branca (WS, do inglês *White Striping*), Figura 5, é caracterizada pela presença de linhas brancas intramusculares no sentido paralelo às fibras musculares do peito e das coxas, o tamanho das estrias pode variar de 0,5 a 3mm de largura (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014a).



Figura 5. Miopatia por estrias brancas no músculo esquelético do peito de frango (*Pectoralis major*) com escalas (0) normal, sem linhas brancas; (1) moderado, com linhas < 1mm; (2) severo com linhas largas entre 1 a 2mm; (3) extremo, com bandas brancas > 2 mm em toda a superfície (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016).

As principais lesões histopatológicas presentes na WS incluem miodegeneração e regeneração muscular, fibrose e lipidose (BALDI et al., 2018a). A percepção sensorial de um grande depósito de gordura no peito de frango com WS causa rejeição pelos consumidores (TIJARE et al., 2016).

O Peito Madeira (WB, do inglês *Wooden Breast*), Figura 6, afeta a aparência do peito de frango (ABASHT et al., 2016) e reduz a funcionalidade das proteínas musculares (SOGLIA et al., 2016a). Esta anormalidade causa no peito de frango a formação de fibras com textura firme e resistente à compressão em vários níveis, e em casos graves observa-se uma proeminente saliência na região caudal do peito coberta com fluido claro e viscoso, com ou sem lesões multifocais petéquiais na superfície (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016). A fibrose muscular está presente no WB (VELLEMAN; CLARK, 2015a), que pode variar entre as diferentes linhagens, e pode ser encontrado lipidose e fibrose crônica em peito com lesões de WB e WS, simultaneamente (DE BROT et al., 2016b).



Figura 6. Miopatia por peito madeira no músculo esquelético do peito de frango (*Pectoralis major*) com escalas (1) músculo normal, (2) Manifestação focal da miodegeneração por peito madeira e (3) Miodegeneração difusa do peito madeira (SIHVO et al., 2017).

Nestas duas miopatias (WB e WS) são reportadas lesões histológicas sobrepostas do músculo, principalmente miodegeneração e necrose (VELLEMAN; CLARK, 2015a), infiltração de linfócitos e macrófagos, fibrose, lipidose e alterações regenerativas (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014a). Não está claro se o WB e a WS compartilham a mesma etiologia, no entanto, pesquisas sugerem que fatores como hipóxia localizada, estresse oxidativo, elevado nível de cálcio intramuscular e comutação do tipo de fibra muscular (SIHVO et al., 2017), associados às modernas linhagens de frangos de rápido crescimento, podem estar relacionados à ocorrência destas duas miopatias (ABASHT et al., 2016).

As causas para a incidência da WS em frango não foram totalmente esclarecidas (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016). A ocorrência de estrias brancas devido a danos musculares e mudanças miopáticas estão fortemente associadas ao aumento na taxa de crescimento das aves (PETRACCI et al., 2015), e o consequente aumento no peso do músculo do peito (KUTTAPPAN et al., 2012d). Em um músculo esquelético normal as fibras mostram um perfil poligonal regular, com forma e tamanho habitual nos espaços do endomísio e perimísio. Por outro lado, o músculo afetado por WS apresenta abundante infiltração de tecido adiposo endomisial e perimisial. As principais características histológicas associadas à ocorrência de WS são a internalização nuclear, perda de estrias transversais, degeneração vacuolar, hialinose intracelular, necrose e lise das fibras, infiltração de células inflamatórias, área transversal variável (fibras em degeneração e regeneração), lipidose e fibrose (BALDI et al., 2018b).

O grau de ocorrência e severidade do WB no peito de frango também está relacionado com o aumento do peso vivo e a taxa de crescimento (CRUZ et al., 2017a). Geralmente observa-se nas fibras musculares um perfil poligonal anormal com áreas difusas de dureza na superfície do *Pectoralis major* (SOGLIA et al., 2016c), e lesões miopáticas degenerativas profundas juntamente com a mudança do músculo danificado por adipócitos e fibrose do tecido muscular (DE BROT et al., 2016a). Da mesma forma que a estria branca, a origem desta miopatia não está totalmente esclarecida (SIHVO et al., 2017). O aumento nos níveis de cálcio sarcoplasmático e sódio intracelular e sua consequente alteração na homeostase celular pode ser uma causa inicial de desenvolvimento desta anormalidade (SOGLIA et al., 2016c), assim como a presença de estresse oxidativo e seus efeitos degenerativos no músculo esquelético (ABASHT et al., 2016), e condições hipóxicas no músculo que tendem a estimular a proliferação de células satélites, importante para a regeneração do músculo esquelético (MUTRYN et al., 2015). No entanto, foi observada uma redução gradual nas lesões histopatológica desde a superfície para o interior do músculo (1 cm de profundidade) do peito (SOGLIA et al., 2016c). Evidências de agentes infecciosos, como bactérias ou parasitas, não foram detectados nestas miopatias (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014b).

3.7 Suplementação na dieta de frangos de corte

3.7.1 Minerais

A crescente demanda por carne de frango levou aos produtores a explorar métodos para aumentar a eficiência do crescimento e produção de frangos (KUTTAPPAN et al., 2012c; TROCINO et al., 2015a). O rápido ganho de peso em um curto período de tempo demanda elevados níveis de energia na dieta do frango, podendo resultar em um aumento do teor de gordura na carcaça e ocorrência de miopatias (PETRACCI; CAVANI, 2012).

Deficiências nutricionais podem contribuir na ocorrência da miodegeneração muscular (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014a) e prejudicar o ganho de peso e a eficiência de conversão alimentar do frango (BAKER, 2009; SINGH; SAHU; KUMAR, 2018). A carência de vitamina E associado ao Selênio pode prejudicar a capacidade antioxidante contra o estresse oxidativo,

contribuindo ao aumento de danos miofibrilares no músculo das aves, no entanto a suplementação com vitamina E não reduz a incidência de WS no peito de frango (KUTTAPPAN et al., 2012d). A presença de outros microelementos minerais na dieta, como o cobre e o manganês, são essenciais nos processos fisiológico e bioquímicos dos frangos (SCOTT et al., 2018).

Os microminerais constituem aproximadamente 0,1% das formulações de rações para aves, sendo responsáveis por cerca de 0,3% de seu custo final. A redução da biodisponibilidade dos microminerais afeta os índices de produtividade, e os principais fatores são a presença de carga devido ao pH estomacal e intestinal e sua conseqüente complexação com ácido fítico e carboidratos, como também a competição de mais de um mineral pela mesma proteína transportadora de membrana nos enterócitos (MUNIZ, 2016; RIBEIRO, 2016).

O cobre (Cu) geralmente disponível na forma de sulfato de cobre (CuSO_4) ou cobre orgânico, suplementado na dieta promove o desenvolvimento de ossos, tecidos conectivos e órgãos, como também estimula o sistema imunológico no combate a infecções e reparação de tecidos e a produção de enzimas antioxidantes (AKSU et al., 2011). A função metabólica do Cu está relacionada com as funções de numerosas enzimas como a lisil oxidase, ceruloplasmina, tirosinase, citocromo oxidase e superóxido dismutase (SPEARS, 1999). A deficiência do cobre na dieta pode causar distúrbios na reprodução, alta mortalidade de embriões na incubação, alterações no metabolismo lipídico, mau funcionamento cardíaco, falta de pigmentação das penas e redução no crescimento muscular e peso vivo (SCOTT et al., 2018).

O manganês (Mn), disponível como MnO ou Mn orgânico (AKSU et al., 2011), atua no desenvolvimento embrionário, as funções imunológicas, digestão, metabolismo dos carboidratos e lipídios, crescimento ósseo e corporal e manutenção da qualidade da casca do ovo (OLGUN, 2017). O Mn atua como componente de enzimas (piruvato carboxilase, arginase, superóxido dismutase mitocondrial) e ativador de enzimas como a glicosil transferase (SPEARS, 1999). Dietas de frangos suplementados com Mn mostraram efeitos de melhoramento na conversão alimentar e qualidade da carne (YANG et al., 2011).

A presença de elevados teores de cálcio, fósforo, fitato e celulose reduzem a absorção no trato intestinal do frango (OLGUN, 2017; ŚWIAŃKIEWICZ;

ARCZEWSKA-WŁOSEK; JÓZEFIAK, 2014). O suplemento mineral (Cu, Fe, Zn, e Mn) seja de fontes orgânicas ou inorgânicas deve satisfazer os requerimentos nutricionais do frango durante as etapas de crescimento (ŚWIAĘTKIEWICZ; ARCZEWSKA-WŁOSEK; JÓZEFIAK, 2014; YANG et al., 2011). O Cu, Zn, Fe e Mn são considerados nutrientes antioxidantes, o Fe como constituinte da catalase e Cu, Zn, e Mn da superóxido dismutase, com funções antioxidantes de proteção (RIBEIRO, 2016).

Sirri et al. (2016) ao avaliar o efeito de diferentes fontes minerais no desempenho do frango aplicaram dosagem de Cu orgânico e inorgânico entre 8 a 15 mg/kg e Mn orgânico e inorgânico entre 32 a 60 mg/kg nas rações inicial, crescimento e final de frangos de corte durante 52 dias, demonstrando que a incidência e o grau de WS e WB não foram mitigados pelas doses e pelo tipo de fonte destes minerais, entretanto melhorou o crescimento e a conversão alimentar. Singh, Ghosh e Haldar (2015) investigaram o efeito da suplementação de minerais (Cu e Mn) com quelato de metionina e proteínato de levedura. Estes autores utilizaram 5 a 15 mg/kg de Cu e 20 a 90 mg/kg de Mn nas rações inicial e crescimento durante 38 dias, obtendo melhor ganho de peso e conversão alimentar com redução da excreção de traços de minerais.

Uma maior biodisponibilidade de Mn na dieta leva a um aumento da fosfatase alcalina com aumento concomitante na quantidade de Mn depositado no músculo do peito (PETROVIČ; NOLLET; KOVÁČ, 2010), por outro lado, músculos, gordura e ossos contêm o mínimo de depósito de Cu e a regulação dos níveis dietéticos de Cu é obtida geralmente pelo armazenamento hepático e excreção de cobre biliar (SPEARS, 1999). Uma maior retenção de Cu e Mn foi observada em aves alimentadas com minerais de fonte orgânica, devido ao fato de que no processo de quelação, os minerais se ligam às moléculas orgânicas como os aminoácidos e peptídeos formando um composto quimicamente inerte, evitando a formação de complexos insolúveis com íons metálicos livres no intestino (MUNIZ, 2016).

3.7.2 Aditivos Nutricionais

O desenvolvimento na nutrição de proteínas e aminoácidos é fundamental para alcançar o padrão de aminoácidos requeridos, melhor digestibilidade e adequado metabolismo em frangos de corte (BAKER, 2009; OSTOJIC, 2016).

A creatina é sintetizada a partir do ácido guanidinoacético (GAA) no fígado e rim das aves, que é sintetizado a partir da arginina e glicina (ABUDABOS et al., 2014). Metabolicamente, a creatina tem habilidade de ressintetizar adenosina trifosfato (ATP), isto é, fornecer energia quando ocorre intensa síntese de proteína muscular. Ao perder seu grupamento fosfato, a creatina libera energia que é utilizada para regenerar a adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorgânico em ATP, isto é, fornece energia para a ressíntese do ATP (MAIER, 2018). O uso de creatina, ou o seu precursor GAA, pode preservar a arginina na dieta dos pintainhos (BAKER, 2009). Neste sentido, a suplementação de GAA (600 a 1200 mg/kg) na ração melhora o ganho de peso e conversão alimentar do frango (MICHIELS et al., 2012). Dosagem de GAA não superior a 600 - 800 mg por kg de ração, pode ser considerado como um aditivo alimentar eficaz e seguro para frangos e melhorar as características de desempenho (OSTOJIC, 2016).

A suplementação de GAA na dieta de frangos de rápido crescimento melhora o desempenho das aves expostas ao estresse térmico pelo calor (ESSER et al., 2017), o efeito antioxidante em frangos expostos ao estresse térmico pelo frio (NASIROLESLAMI et al., 2018), e o crescimento e desenvolvimento muscular de frangos com elevado requerimento de energia (AHMADIPOUR; KHAJALI; SHARIFI, 2018).

Compostos guanidínicos são capazes de regular a homeostase e a captação muscular de glicose e a suplementação com GAA pode ser particularmente importante em dietas de frangos de corte devido a grande demanda de energia para o crescimento e o desenvolvimento muscular (MAIER, 2018).

Nucleotídeos são as unidades básicas de ácidos nucleicos (DNA e RNA) compostos por bases nitrogenadas (purina e pirimidina), pentoses e grupos fosfatos (CHIOFALO et al., 2011), e o uso na dieta pode ser importante para manter o desempenho sob condições de estresse (JUNG; BATAL, 2012). O desenvolvimento de dietas ricas em nucleotídeos é uma alternativa para restringir

o uso de antibióticos na ração de frangos de corte (PELÍCIA et al., 2010), auxiliando na divisão celular, crescimento da célula, modulação do sistema imunológico e na manutenção da saúde intestinal (FAVERI et al., 2015). Suplementação de 0,5 kg de nucleotídeos por tonelada de ração em dietas contendo lisina digestível podem manter a integridade intestinal e o desempenho de frangos de corte (FAVERI et al., 2015), e a suplementação de 0,1% de nucleotídeos melhora as características físicas e nutricionais do peito de frango (CHIOFALO et al., 2011). Por outro lado, alguns estudos com dietas suplementadas com 0,07% de nucleotídeos não influenciaram no desempenho do frango (PELÍCIA et al., 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalações para alojamento e criação de aves

O alojamento e crescimento das aves foi realizado no Setor de Avicultura da Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon - PR, Brasil.

Foram alojados 1500 pintos de corte, da linhagem Cobb, mistos (machos e fêmeas), adquiridos de incubatório comercial com um dia de idade de uma mesma matriz, devidamente vacinados contra a doença de Marek e mantidas em boxes de 1,95 m² de área, separados por tratamento, com estrutura e parâmetros de manejo padronizados até os 42 dias de idade (Figura 7). Todos os boxes divididos em 12 tratamentos receberam cada um 25 aves.

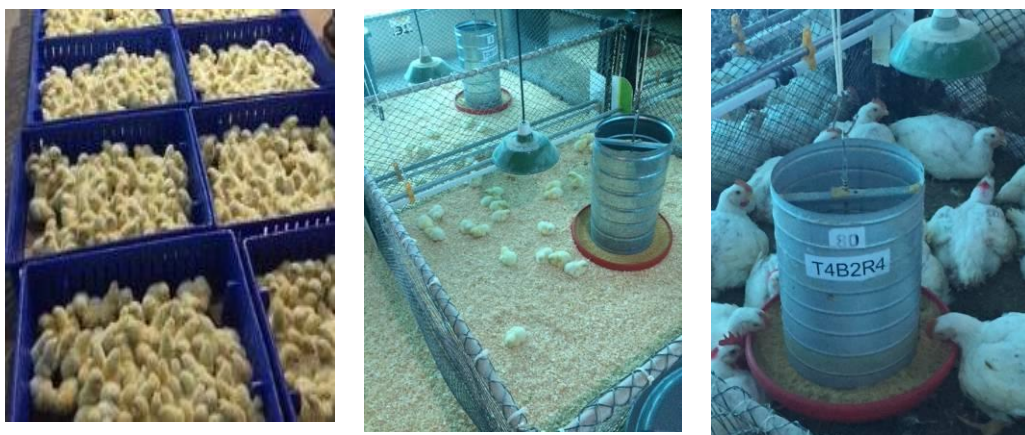


Figura 7. Estrutura do aviário e alojamento para o experimento. (Autoria própria)

Para fornecimento de ração e água foram utilizados comedouros tipo bandeja e bebedouros infantis na primeira semana e a partir desta, foram utilizados comedouros tubulares e bebedouros tipo *nipple* e temperatura ambiental controlada segundo recomendações para cada fase (idade), sendo: 32 °C (1 a 11 dias), 26 a 30 °C (12 a 28 dias) e 23 a 28 °C (de 28 até o abate). Para a manutenção das condições ambientais foi utilizado resistências elétricas para aquecimento e sistema adiabático evaporativo (exaustores e placas evaporativas) para auxiliar a resfriar o ar e fazer as trocas de ar, todo o sistema de controle de temperatura foi realizado automaticamente. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da UNIOESTE (Apêndice A1).

4.2 Dieta e planejamento experimental

A suplementação nutricional nas rações (Figura 8) e o experimento seguiu um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3, totalizando 12 tratamentos. Foram realizadas 5 repetições por tratamento (25 aves por repetição), totalizando 125 aves por tratamento, incluindo índice de mortalidade de 2,5 a 3,0% sobre o total das 125 aves por tratamento (Tabela 1).



Figura 8. Processo de produção de ração para o experimento (matéria-prima, produção automática e produto final). (Autoria própria)

Os quatro primeiros blocos representam a suplementação de minerais: (I) ração controle (sem suplementação de minerais), (II) ração controle suplementada com 40 ppm de Manganês (Availa®Mn, Zinpro Corporation, USA), (III) ração controle suplementada com 7 ppm de Cobre (Availa®Cu, Zinpro Corporation, USA) e (IV) ração controle suplementada com 40 ppm de Mn e 7 ppm de Cu. Os outros três blocos representam a adição dos aditivos alimentares nos grupos anteriores: (I) ração controle (sem suplementação de minerais e aditivos), (II) ração controle com adição 1000 ppm de nucleotídeos purificados (ASCOGEN®, Chemoforma Ltd., Switzerland), e (III) ração controle com adição de 600 ppm de ácido guanidínico acético – GAA (CreAMINO®, Evonik Industries AG, Germany). O teor de aditivos adicionados foi determinado a partir das recomendações dos fabricantes (CHEMOFORMA, 2018; EVONIK NUTRITION & CARE GMBH, 2018; ZINPRO, 2018) e trabalhos relacionados com a

suplementação nutricional em frangos (BAKER, 2009; CÓRDOVA-NOBOA et al., 2018; CRUZ et al., 2017a; FAVERI et al., 2015; SINGH; GHOSH; HALDAR, 2015; SIRRI et al., 2016b).

Tabela 1 – Esquema de número de aves, repetições e formulação para cada tratamento.

Bloco Minerais	Bloco Aditivos Alimentares	Repetições	Aves por repetição	Aves por tratamento	Tratamento
(I) Sem suplementação	Sem suplementação	5	25	125	T1: Controle
	Nucleotídeos (1000 ppm)	5	25	125	T2: Nucleotídeos
	GAA (600 ppm)	5	25	125	T3: GAA
(II) Mn (40 ppm)	Sem suplementação	5	25	125	T4: Mn
	Nucleotídeos (1000 ppm)	5	25	125	T4: Mn+Nucleotídeos
	GAA (600 ppm)	5	25	125	T6: Mn+GAA
(III) Cu (7 ppm)	Sem suplementação	5	25	125	T7: Cu
	Nucleotídeos (1000 ppm)	5	25	125	T8: Cu+Nucleotídeos
	GAA (600 ppm)	5	25	125	T9: Cu+GAA
(IV) Mn (40 ppm) e Cu (7 ppm)	Sem suplementação	5	25	125	T10: Mn+Cu
	Nucleotídeos (1000 ppm)	5	25	125	T11: Mn+Cu+Nucleotídeos
	GAA (600 ppm)	5	25	125	T12: Mn+Cu+GAA

Frangos de corte Cobb, mistos, n= 1.500 aves. Suplementação durante 42 dias. Manganês (Availa®Mn, Zinpro Corporation, USA); Cobre (Availa®Cu, Zinpro Corporation, USA); nucleotídeos purificados (ASCOGEN®, Chemoforma Ltd., Switzerland); ácido guanidínico acético – GAA (CreAMINO®, Evonik Industries AG, Germany).

As suplementações de minerais e aditivos alimentares foram aplicados sobre a ração previamente preparada (*on top* ou aspersão superficial), de 1 a 42 dias de idade, exceto os nucleotídeos o qual sua suplementação foi de 1 a 28 dias de idade. A ração e a água foram fornecidas à vontade (*ad libitum* ou à vontade) durante todo o período experimental. A ração base foi igual para todos os tratamentos (Tabela 2), somente a suplementação de minerais e aditivos variou conforme o tratamento.

Tabela 2 – Ingredientes da ração base para frangos durante as fases de crescimento de 1 a 42 dias.

Ingredientes	Fase Pré-inicial	Fase Inicial	Fase Crescimento
Milho - Grão	53,89%	55,46%	62,43%
Farelo de Soja	33,58%	31,03%	24,03%
Farinha de vísceras e ossos	6,00%	4,00%	2,50%
Óleo de Soja	2,03%	4,68%	-
Óleo Misto	-	-	4,59%
Farinha de carne e ossos	1,80%	2,30%	2,40%
Farinha de pena hidrolisada	-	-	1,50%
Calcário fino	0,60%	0,60%	0,60%
Biolys 70	0,46%	0,46%	0,58%
Nucleo frango pre DSM	0,60%	-	-
Nucleo frango Inicial DSM	-	0,60%	-
Alimet	-	-	0,39%
DL-Metionina	0,37%	0,34%	-
Nucleo frango crescimento 2 DSM	-	-	0,40%
Bicarbonato de sódio	0,30%	0,20%	0,15%
Sal comum	0,29%	0,24%	0,25%
L-Treonina HCL	0,09%	0,08%	0,09%
Cloreto de Colina 75% líquida	-	-	0,07%

(Autoria própria)

4.3 Processo de Abate

Após o período de crescimento as aves foram abatidas em um abatedouro de aves localizado na região Oeste do Paraná, Brasil, com média de abate de 350.000 aves/dias. O abatedouro opera com certificação *Halal* e o processo seguiu as normas sanitárias vigentes (BRASIL, 1998a) e práticas industriais nas etapas de insensibilização, sangria manual, escaldagem, depenagem, evisceração, resfriamento por imersão em água gelada (*chillers*), corte automático das carcaças, embalagem e congelamento. Todas as aves foram abatidas pelo método de insensibilização (método elétrico – eletronarcose) com posterior sangria de acordo com a Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000 da DSA/MAPA que estabelece os Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário (BRASIL, 2000). Depois de evisceradas as carcaças, foi realizada avaliação de miopatia e lesões na pele (peito madeira, estrias brancas, dermatose e celulite) nas carcaças (Figura 9), conforme Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 1998a), no qual é efetuada individualmente durante o abate (*post mortem*), através de exame visual

macroscópico de carcaças, conforme o caso, aplicando-se palpação e se necessário cortes.



Figura 9. Processo de abate e avaliação das carcaças no frigorífico. (Autoria própria)

4.4 Avaliação do desempenho das aves

4.4.1 Índices zootécnicos

As aves e as sobras de rações foram pesadas durante o período de crescimento até os 42 dias de idade para calcular os valores de peso médio (PM), ganho de peso (GP), consumo médio de ração (CMR) e conversão alimentar (CA), para os períodos de 1 a 42 dias de idade (KUTTAPPAN et al., 2012c). O CMR foi calculado em gramas (g), pela diferença entre a ração fornecida e a sobra do comedouro, em cada unidade experimental. O GP, expresso em gramas, foi calculado como a diferença entre os pesos inicial e final das aves em cada unidade experimental. A CA (kg/kg) foi obtida dividindo-se o consumo médio da ração pelo ganho de peso médio das aves de cada unidade experimental em todos os tratamentos. A mortalidade foi anotada diariamente sendo que as aves foram pesadas e o consumo de ração naquele momento mensurado para posterior correção da conversão alimentar (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

4.4.2 Parâmetros bioquímicos sanguíneos

A coleta de sangue via punção braquial foi realizada em aves com 42 dias, mantidas em jejum por seis horas, antes do abate (BUENO et al., 2017). Após a coleta o sangue foi centrifugado e o soro separado e congelado para análises de colesterol, glicose, creatina fosfoquinase (CPK do inglês *creatine phosphokinase*) e Hormônio Adrenocorticotrófico (ACTH do inglês *adrenocorticotropic hormone*).

As leituras foram realizadas com a utilização de “kits” comerciais (ELITech Clinical System) utilizando espectrofotômetro automático (SOUZA, 2016). O ACTH foi determinado por Quimioluminescência (CLIA, Chemiluminescence Immunoassay) utilizando o plasma em ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA do inglês *Ethylenediamine tetraacetic acid*) (HEROLD et al., 1992).

4.4.3 Rendimento da carne de frango

Após o abate das aves, foi avaliado o rendimento da carcaça e dos cortes de cada tratamento (CRUZ et al., 2017b). O rendimento de carcaça foi determinado em função do peso da carcaça eviscerada (carcaça sem cabeça, pés e gordura abdominal) em relação ao peso vivo. O rendimento de cortes nobres (peito, peito desossado, filé sassami, coxa, sobrecoxa e asa) foi considerado em relação ao peso da carcaça eviscerada (Figura 10). A técnica e aplicação de desossa e corte das carcaças foi realizada de acordo aos padrões do abatedouro por pessoas treinadas, conforme recomendado por Córdova-Noboa et al. (2018).

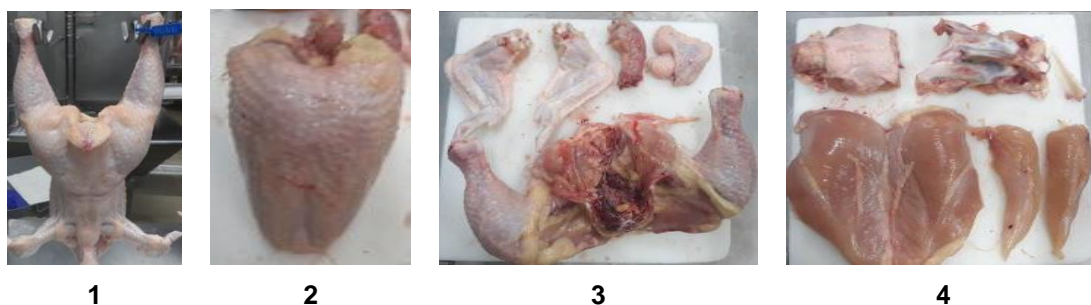


Figura 10. Etapas para avaliação do rendimento da carcaça: (1) carcaça eviscerada e identificada, (2) corte do peito com osso e com pele, (3) corte de pernas, assas, pescoço e pele; (4) corte de peito (*Pectoralis major*), filé sassami (*Pectoralis minor*), dorso sem pescoço e osso do peito. (Autoria própria)

4.4.4 Avaliação de lesões cutâneas

Após o abate das aves, foi avaliada a condição sanitária das carcaças, observando a incidência de lesões por dermatose e celulite após evisceração, conforme a classificação e regulamentação sanitária para aves (BRASIL, 1998b), através de exame visual macroscópico de carcaças, conforme o caso, aplicando-se palpação e se necessário cortes.

4.4.5 Escores para peito madeira e estrias brancas

A avaliação da incidência e do grau de miopatia presente no peito de frango (*Pectoralis major*) foi realizada por equipe treinada através de um escore visual em carcaças após evisceração, de acordo com as condições de severidade (CRUZ et al., 2017b), as amostras foram classificadas como normal, leve, moderado e severo para estrias brancas (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016; VIEIRA, 2012) e peito madeira (SIHVO et al., 2017).

- **Escore 0 (Normal):**

- Estrias brancas (WS) e peito madeira (WB): músculo normal, sem lesões miopáticas, fibrose ou lipidose, sem endurecimento e palidez das fibras;

- **Escore 1 (Leve):**

- WS: lesões no músculo de grau leve, caracterizado por estrias finas, com menos de 1 mm de espessura;
- WB: lesões no músculo de grau leve, com menos de 40% de lesões no tecido, na região caudal e cranial do peito.

- **Escore 2 (Moderado):**

- WS: lesões no músculo de grau moderado, caracterizado por estrias espessas, com mais de 1 mm de espessura;
- WB: lesões no músculo de grau moderado, com 40% a 80% de lesões no tecido, na região caudal e cranial do peito.

- **Escore 3 (Severo):**

- WS: lesões no músculo de grau severo, caracterizado por muitas estrias.
- WB: lesões no músculo de grau severo, com mais de 80% de lesões distribuídas no tecido, com presença de hemorragias e exsudato, na região caudal e cranial do peito.

4.5 Composição Centesimal e parâmetros físico-químicos

A composição centesimal (umidade, proteína, lipídios e colágeno) do peito de frango (sem osso e sem pele) foi determinada em triplicata de acordo com a metodologia da *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC, 2000). O teor de umidade foi obtido através da diferença de peso após secagem de 5 gramas de

amostra coletada em estufa convencional de 100 a 102°C. A proteína foi estimada através do teor de nitrogênio total obtido pelo método de Kjeldahl e o conteúdo de lipídeos da amostra de peito foi determinado pelo método de Soxhlet através da extração com solvente. O teor de colágeno foi determinado através do teor de hidroxiprolina.

Determinação do pH do peito de frango foi realizada diretamente no músculo do peito, em três regiões distintas da porção do peito de frango (EADY; SAMUEL; BOWKER, 2017), utilizando-se um pHmetro para carnes com eletrodo de contato (Testo, modelo 205).

Para determinação da perda de peso após cozimento foi utilizado amostras de peito de cada tratamento. A amostra foi pesada e cozida em forno elétrico pré-aquecido a 180 °C durante 5 minutos em cada lado, até atingir a temperatura interna de 72 °C. Após cozidos as amostras foram armazenados a 4 °C durante 12 horas, e a perda de peso foi calculada pela diferença de peso obtida do peso da amostra cru e o peso da amostra cozida (ESSER et al., 2017).

4.6 Análise Estatística

Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparação múltipla (Teste de Tukey) foi aplicado para determinar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos avaliados ($\alpha = 0,05$), utilizando o módulo GLM (*General Linear Modeling*) para estimar e testar as hipóteses sobre os efeitos (BUHR et al., 2014; LEE; OWENS; MEULLENET, 2009). Estatística descritiva dos dados foi realizada para cada tratamento (média, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variância). Todas as análises estatísticas foram realizadas nos softwares Statistica 7.0 (Statsoft Inc., Tulsa, USA) e Microsoft® Office Excel 2010.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desempenho zootécnico

Foi observado que a suplementação com Mn, Cu, nucleotídeos e GAA não alteraram significativamente os resultados de peso médio, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos ($p>0,05$). Ao comparar os tratamentos o peso médio variou entre 2.842,81 a 3.017,93 g e a conversão alimentar entre 1,46 a 1,55 kg de ração por kg de peso, em frangos com 42 dias (Tabela 3). Resultados inferiores com a suplementação de nucleotídeos ($600 \text{ g}\cdot\text{ton}^{-1}$) em frangos machos da linhagem Ross-308 (1 a 42 dias) foram relatados por Pelícia et al. (2010), não encontrando alterações significativas em relação à dieta controle, nos parâmetros de peso médio (2.819g), ganho de peso (2.774g), consumo de ração (4.897g) e conversão alimentar (1,77 kg/kg), embora dietas com nucleotídeos promovam melhores resultados para resposta imune e reparação do epitélio intestinal.

Córdova-Noboa et al. (2018), ao aplicar suplementação com GAA na dieta de frangos machos da linhagem Ross-708, reportaram melhoria na conversão alimentar em frangos de 35 dias (1,499 para 1,461 kg:kg) e 50 dias (1,724 para 1,682 kg:kg), já o uso de GAA não afetou o ganho de peso, 2.509g (35 dias) e 4.111g (50 dias), e também o consumo de ração, 3.669g (1 a 35 dias) e 7.030g (1 a 50 dias). Nasiroleslami et al. (2018) ao suplementarem frangos machos da linhagem Cobb (1 a 42 dias) com GAA ($1.200\text{g}\cdot\text{ton}^{-1}$) em condições de estresse térmico (frio), não reportaram efeitos significativos no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. O uso do Cobre em dietas pode melhorar o ganho de peso e conversão alimentar, no entanto, este microelemento é necessário para o crescimento animal e desenvolvimento de ossos e tecidos, e na estimulação do sistema imune (SCOTT et al., 2018), da mesma forma o Mn, que cumpre importantes funções na matriz óssea (CUPERTINO et al., 2005).

Ao avaliar as lesões na pele das carcaças (Figura 11), foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3). Os tratamentos que receberam suplementação, separada ou combinada, com minerais, nucleotídeos e GAA apresentaram menor incidência de dermatose ($p<0,05$) ao ser comparada com o controle (T1), principalmente o GAA (T3), o qual proporcionou o menor

índice de dermatose ($p < 0,05$). Ao utilizar Mn, Cu, nucleotídeos e GAA, combinados ou separados, o efeito de redução nos índices de celulite com relação ao controle (T1) não mostrou um padrão de preferência por grupo de suplemento.

A maior incidência de celulite foi observada em carcaças que receberam suplementação com nucleotídeos (T2). Os tratamentos com Mn (T4), Cu+GAA (T9) e Mn+Cu+GAA (T12) foram estatisticamente semelhantes ao Controle (T1). No entanto, os menores índices de celulite ($p < 0,05$) foram observadas nos tratamentos suplementados com GAA (T3), Mn+Nucleotídeos (T5), Mn+GAA (T6), Cu (T7), Cu+Nucleotídeos (T8) e Mn+Cu (T10), Mn+Cu+Nucleotídeos (T11). Assim, não é possível afirmar que a redução da incidência de celulite nos demais tratamentos foi devido à suplementação de um aditivo ou mineral específico, pois vários deles contribuíram, individualmente ou combinados, nas reduções (Tabela 3). A ocorrência de lesões na pele pode estar relacionada também ao manejo no aviário, devido ao contato entre as aves os arranhões na pele levam a processos inflamatórios que associado à contaminação por *E. coli* presente no trato intestinal, podem aumentar a incidência de lesões cutâneas e subcutâneas (BARROS et al., 2013; MESSIER et al., 1993b).

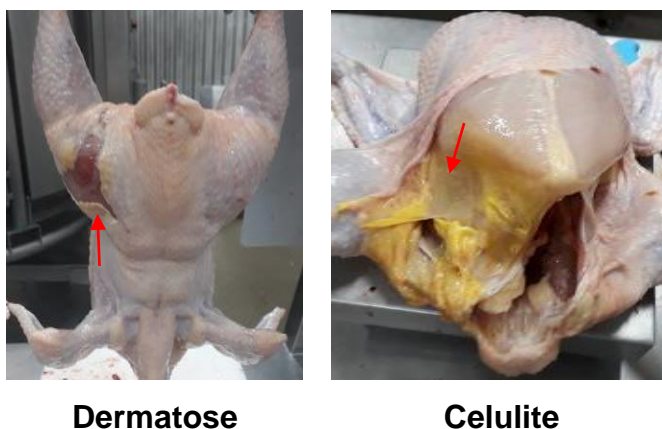


Figura 11 – Avaliação macroscópica *post mortem* de dermatose e celulite em frangos de corte com 42 dias de idade. (Autoria própria)

Ao avaliar simultaneamente a ocorrência de dermatose e celulite, o tratamento suplementado com GAA (T3) apresentou uma menor incidência (0,13%) para estas duas lesões cutâneas quando comparadas ao Controle (T1), seguido pelos tratamentos Mn+Nucleotídeos (T5), Cu+Nucleotídeos (T7) e Cu+Nucleotídeos (T8), conforme Tabela 3. Os valores de incidência de lesões

cutâneas encontrados neste trabalho estão abaixo dos índices de condenações encontrados por Oliveira et al. (2016), que obtiveram 12,4% para dermatose e 8,3% para celulite.

Tabela 3 – Efeito da suplementação nutricional no desempenho zootécnico de frangos de corte.

Tratamento	Desempenho zootécnico em frangos com 42 dias*					
	Peso médio vivo (g)	Consumo de Ração (g)	GP (g)	CA (kg ração/kg peso)	Incidência Dermatose (%)	Incidência Celulite (%)
T1: Controle	2.893,28 ± 95,05 ^a	4.215,62 ± 88,62 ^a	2.845,37 ± 95,28 ^a	1,48 ± 0,07 ^a	5,46 ± 0,77 ^a	1,46 ± 0,29 ^b
T2: Nucleotídeos	2.974,30 ± 183,48 ^a	4.475,23 ± 228,36 ^a	2.926,55 ± 183,40 ^a	1,53 ± 0,08 ^a	2,83 ± 0,20 ^c	2,83 ± 0,73 ^a
T3: GAA	2.913,76 ± 155,32 ^a	4.255,82 ± 50,82 ^a	2.865,94 ± 155,38 ^a	1,49 ± 0,08 ^a	0,13 ± 0,06 ^e	0,13 ± 0,09 ^c
T4: Mn	2.901,90 ± 127,05 ^a	4.169,41 ± 71,22 ^a	2.854,06 ± 127,25 ^a	1,46 ± 0,06 ^a	2,83 ± 0,90 ^c	1,48 ± 0,19 ^b
T5: Mn+Nucleotídeos	3.017,93 ± 147,29 ^a	4.330,46 ± 203,15 ^a	2.970,27 ± 147,77 ^a	1,46 ± 0,04 ^a	1,74 ± 0,13 ^d	0,13 ± 0,08 ^c
T6: Mn+GAA	2.915,26 ± 217,74 ^a	4.315,28 ± 133,26 ^a	2.867,74 ± 217,90 ^a	1,51 ± 0,07 ^a	4,35 ± 0,23 ^b	0,13 ± 0,09 ^c
T7: Cu	2.909,45 ± 151,76 ^a	4.251,18 ± 108,84 ^a	2.861,93 ± 151,82 ^a	1,49 ± 0,07 ^a	1,49 ± 0,13 ^d	0,13 ± 0,07 ^c
T8: Cu+Nucleotídeos	2.952,38 ± 223,33 ^a	4.386,86 ± 245,54 ^a	2.904,72 ± 223,32 ^a	1,51 ± 0,06 ^a	1,53 ± 0,36 ^d	0,13 ± 0,07 ^c
T9: Cu+GAA	2.922,44 ± 246,18 ^a	4.255,22 ± 223,12 ^a	2.874,65 ± 246,38 ^a	1,48 ± 0,06 ^a	4,35 ± 0,42 ^b	1,53 ± 0,28 ^b
T10: Mn+Cu	2.842,81 ± 116,66 ^a	4.243,78 ± 79,69 ^a	2.795,03 ± 117,96 ^a	1,52 ± 0,07 ^a	3,35 ± 0,64 ^c	0,13 ± 0,06 ^c
T11: Mn+Cu+Nucleotídeos	2.860,17 ± 224,17 ^a	4.281,07 ± 301,07 ^a	2.813,04 ± 224,09 ^a	1,52 ± 0,06 ^a	3,11 ± 0,65 ^c	0,13 ± 0,06 ^c
T12: Mn+Cu+GAA	2.915,71 ± 160,75 ^a	4.435,25 ± 211,96 ^a	2.868,31 ± 160,70 ^a	1,55 ± 0,06 ^a	2,94 ± 0,55 ^c	1,53 ± 0,31 ^b

*Valores médios ± desvio padrão. Frangos de corte Cobb mistos, n= 1.500 (5 repetições por tratamento).

Letras diferentes (a,b,c,d,e) na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), pelo teste de comparação múltipla (Teste de Tukey). GP: ganho de peso; CA: conversão alimentar.

Suplementação durante 42 dias. Suplementos nutricionais: GAA (CreAmino®), Nucleotídeos (Ascogen®), Mn (Availa®Mn, Zinpro Corporation, USA), Cu (Availa®Cu, Zinpro Corporation, USA).

(Autoria própria)

5.2 Rendimento da carcaça

O rendimento da carcaça é um dos principais parâmetros de desempenho em frangos de rápido crescimento, os resultados obtidos indicam que os níveis de suplementação aplicado em todos os tratamentos mantiveram os mesmos índices ($p > 0,05$) de rendimento de carcaça, pernas, asas, filezinho sassami, peito desossado e dorso (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Pelícia et al. (2010) no qual a suplementação com nucleotídeos ($600\text{g}\cdot\text{ton}^{-1}$) na dieta de frangos machos Ross-708 não promoveu melhoria no rendimento da carcaça. Córdova-Noboa et al. (2018) reportaram que a suplementação com GAA em frangos machos de 51 dias (Ross-708) melhorou somente o rendimento de pernas (30,63%) e não causou efeito no rendimento (após resfriamento) da carcaça (78,28%), asas (9,50%), peito (30,63%), filezinho sassami (6,32%) e dorso (21,63%), sugerindo que a melhoria do rendimento do peito poderia depender do tipo de grão da ração base, teores específicos e digestibilidade de alguns aminoácidos. Ainda, condições sanitárias ideais de cama e ambiente no manejo experimental de aves dificultam identificar uma diferença de rendimento de carcaça entre os tratamentos, pois as aves não sofrem os desafios típicos de competição encontrados nos aviários comerciais (PELÍCIA et al., 2010).

No entanto, neste trabalho somente o rendimento do peito foi diferente ($p < 0,05$) para os frangos suplementados com nucleotídeos (T2) e Mn+GAA (T6), com 44,12 e 36,23% respectivamente, indicando um maior rendimento ao usar nucleotídeos (T2) com relação ao Mn+GAA (T6). Este efeito pode ter sido causado por fator específico da ave ou por metabolismo do indivíduo, pois o efeito da adição de nucleotídeos e GAA devem favorecer o desenvolvimento muscular.

Tabela 4 – Efeito da suplementação nutricional no rendimento da carcaça.

Tratamento	Rendimento de carcaça e cortes <i>post mortem</i> de frangos com 42 dias*						
	Carcaça (%)	Peito (%)	Pernas (%)	Asas (%)	Filezinho Sassami (%)	Peito Desossado (%)	Dorso (%)
T1: Controle	72,16 ± 1,64 ^a	40,69 ± 2,02 ^{ac}	33,73 ± 1,51 ^a	10,24 ± 0,13 ^a	5,26 ± 0,22 ^a	27,58 ± 1,46 ^a	14,26 ± 0,81 ^a
T2: Nucleotídeos	73,52 ± 1,77 ^a	44,12 ± 7,58 ^c	33,25 ± 1,18 ^a	10,21 ± 0,51 ^a	5,46 ± 0,23 ^a	28,59 ± 1,63 ^a	13,55 ± 0,92 ^a
T3: GAA	71,80 ± 1,05 ^a	41,40 ± 1,16 ^{ac}	32,78 ± 0,21 ^a	9,92 ± 0,43 ^a	5,43 ± 0,13 ^a	28,27 ± 0,93 ^a	14,09 ± 0,63 ^a
T4: Mn	72,17 ± 0,94 ^a	41,06 ± 1,10 ^{ac}	33,08 ± 0,40 ^a	10,12 ± 0,31 ^a	5,45 ± 0,30 ^a	27,81 ± 1,35 ^a	14,43 ± 0,90 ^a
T4: Mn+Nucleotídeos	71,43 ± 1,98 ^a	40,47 ± 1,42 ^{ac}	33,27 ± 1,49 ^a	10,16 ± 0,45 ^a	5,26 ± 0,26 ^a	27,86 ± 1,80 ^a	14,90 ± 0,90 ^a
T6: Mn+GAA	72,06 ± 0,58 ^a	36,23 ± 7,79 ^{ba}	33,94 ± 2,09 ^a	10,16 ± 0,34 ^a	5,45 ± 0,29 ^a	26,99 ± 1,86 ^a	14,29 ± 0,81 ^a
T7: Cu	74,29 ± 2,64 ^a	40,27 ± 2,91 ^{ac}	32,99 ± 0,94 ^a	9,79 ± 0,35 ^a	5,34 ± 0,32 ^a	28,09 ± 1,41 ^a	14,39 ± 1,39 ^a
T8: Cu+Nucleotídeos	72,10 ± 1,03 ^a	39,45 ± 0,60 ^{ac}	33,67 ± 1,20 ^a	10,18 ± 0,47 ^a	5,41 ± 0,33 ^a	26,85 ± 0,54 ^a	14,51 ± 2,14 ^a
T9: Cu+GAA	72,81 ± 0,75 ^a	40,62 ± 1,10 ^{ac}	33,61 ± 0,49 ^a	10,24 ± 0,22 ^a	5,39 ± 0,24 ^a	27,77 ± 1,02 ^a	14,03 ± 0,55 ^a
T10: Mn+Cu	73,77 ± 2,26 ^a	39,54 ± 1,00 ^{ac}	33,07 ± 0,57 ^a	9,91 ± 0,22 ^a	5,33 ± 0,64 ^a	27,18 ± 1,32 ^a	15,27 ± 0,86 ^a
T11: Mn+Cu+Nucleotídeos	70,99 ± 1,24 ^a	39,95 ± 1,47 ^{ac}	33,60 ± 1,50 ^a	10,05 ± 0,27 ^a	5,65 ± 0,55 ^a	27,08 ± 0,99 ^a	14,77 ± 0,65 ^a
T12: Mn+Cu+GAA	71,93 ± 1,02 ^a	39,29 ± 0,93 ^{ac}	33,33 ± 0,82 ^a	10,01 ± 0,38 ^a	5,43 ± 0,24 ^a	26,41 ± 1,14 ^a	14,90 ± 0,68 ^a

* Valores médios ± desvio padrão. Frangos de corte Cobb mistos, n= 60 (5 repetições por tratamento).

Letras diferentes (a,b,c,d,e) na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), pelo teste de comparação múltipla (Teste de Tukey).

As carcaças utilizadas foram após etapa de evisceração *post mortem* sem passar pelo resfriamento. Suplementos nutricionais: GAA (CreAmino®), Nucleotídeos (Ascogen®), Mn (Availa®Mn, Zinpro Corporation, USA), Cu (Availa®Cu, Zinpro Corporation, USA). (Autoria própria)

5.3 Composição Centesimal e parâmetros físico-químicos

A suplementação isolada ou combinada com Cu, Mn, nucleotídeos e GAA na ração de frangos de corte durante 42 dias, não alterou os índices físico-químicos nas carcaças para os tratamentos avaliados ($p>0,05$) quando comparadas ao controle (Tabela 5). Os resultados obtidos apresentam variação de 62,10 a 67,71% na CRA; de 25,32 a 30,39% na PPC; de 6,21 a 6,42 no $\text{pH}_{15\text{min}}$; de 5,76 a 5,92 no $\text{pH}_{24\text{h}}$; de 73,44 a 75,37% no teor de umidade; de 21,19 a 23,14% no teor de proteína e de 1,45 a 2,17% no teor de gordura. Resultados semelhantes foram obtidos por Córdova-Noboa et al. (2018) para frangos machos de 51 dias suplementados com GAA, obtendo uma perda de peso por cozimento de 28,67% e 6,01 de $\text{pH}_{24\text{h}}$. De acordo com os autores mesmo não apresentando efeitos de interação sobre os parâmetros de qualidade da carne, a suplementação com GAA mantém o pH a níveis normais, não alterando a CRA e a perda por cozimento. De acordo com os resultados obtidos por Mudalal et al. (2014), uma elevada perda de peso por cozimento é característico de peito com estrias brancas quando comparado ao peito normal (33,7% vs. 27,4%, respectivamente).

A suplementação com minerais, nucleotídeos e GAA não apresentou efeito significativo na composição química centesimal da carne de peito entre os tratamentos, e os resultados obtidos estão dentro do esperado para a carne do peito de frango (Tabela 5). Mudalal et al. (2014) obtiveram na composição química do peito de frango normal e WS teores de 73,8 e 75,4% de umidade, 22,8 e 18,7% de proteína, 0,98 e 2,15% de gordura, 1,34 e 1,14% cinzas e 1,22 e 1,36% de colágeno, respectivamente. De acordo com estes autores, alterações significativas na composição química ocorrem na presença de miopatias como as estrias brancas, que causam aumento no conteúdo de gordura, umidade e colágeno. Os parâmetros físico-químicos na carne do peito estão susceptíveis a mudanças em decorrência das miopatias, Mazzoni et al. (2015b) ao avaliarem os efeitos da degeneração das fibras do músculo *Pectoralis major* em frangos machos de 36 dias, encontraram para danos leves e severos, respectivamente, uma composição de 74,4 vs. 75,4% de umidade, 22,6 vs. 21,1% de proteína, 2,57 vs. 2,94% de gordura, 1,75 vs. 1,81% de colágeno, 21,4 vs. 24,7% de perda por cozimento, e 5,96 vs. 6,01 de pH. Os resultados de colágeno obtidos no presente estudo foram superiores aos encontrados por estes autores. De acordo Soglia et

al. (2016a), a ocorrência de WS e WB aumentam os teores de umidade, gordura e colágeno no peito de frango. A fibrose, em músculos com miopatia WB, induz à substituição da fibra muscular por tecido conectivo e os repetidos ciclos de necrose e regeneração muscular causam excessivos acúmulo de colágeno fibrilar (VELLEMAN; CLARK; TONNIGES, 2017).

Os níveis de ACTH, colesterol, glicose e CPK obtidos nos tratamentos com suplementação (Tabela 6), não apresentaram diferença significativas com relação ao controle (T1) $p > 0,05$. A concentração de ACTH no tratamento controle (T1) foi de 6,04 pg/ml e nos tratamentos suplementados (T2 a T12) a faixa obtida foi de 5,00 a 8,22 pg/ml. A faixa de colesterol e glicose obtida neste trabalho (T2 a T12) foi de 129,64 a 162,13 mg/dL para colesterol e 225,80 a 262,40 mg/dL para glicose. Concentrações inferiores de colesterol e glicose foram relatados por Kuttappan et al. (2013b), ao avaliar frangos com 63 dias, obtendo níveis de colesterol de 117,46 mg/dL em aves sem miopatias e 118,18 mg/dL com WS, e glicose de 205,17 mg/dL para aves sem miopatias e 203,24 mg/dL com WS. Amaral et al. (2017) ao avaliar miopatia dorsal cranial em frangos com 42 dias, obteve para colesterol níveis de 149 e 153 mg/dL, e para glicose 242 a 241 mg/dL, para frangos sem e com miopatia dorsal cranial, respectivamente. A concentração de CPK no tratamento controle (T1) foi de 1.501,40 U/L e nos tratamentos suplementados (T2 a T12) a faixa obtida foi de 717,92 a 1700 U/L. Valores de CPK superiores a 35.203,00 UI/L para frangos de 42 dias, sem e com miopatia, foram relatadas por Amaral et al. (2017). Para frangos suplementados com 1200 ppm de GAA Nasiroleslami et al. (2018) obteve níveis de CPK de 4582 e 9090 U/L para o controle e suplementado, respectivamente.

Tabela 5 – Efeito da suplementação nutricional nos parâmetros físico-químicos da carcaça.

Tratamentos	Parâmetros físico-químicos do meio peito de frangos com 42 dias*							
	CRA (%)	PPC (%)	pH _{15min}	pH _{24h}	Umidade (%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Colágeno (%)
T1: Controle	66,16 ± 1,86 ^a	26,63 ± 3,79 ^a	6,26 ± 0,14 ^a	5,92 ± 0,17 ^a	74,44 ± 0,71 ^a	22,77 ± 1,01 ^a	1,77 ± 0,51 ^a	4,06 ± 1,03 ^a
T2: Nucleotídeos	64,55 ± 2,56 ^a	30,39 ± 4,00 ^a	6,26 ± 0,14 ^a	5,85 ± 0,18 ^a	74,03 ± 0,88 ^a	22,63 ± 0,67 ^a	2,11 ± 1,44 ^a	4,42 ± 0,68 ^a
T3: GAA	65,63 ± 3,05 ^a	28,96 ± 3,47 ^a	6,28 ± 0,12 ^a	5,87 ± 0,11 ^a	75,03 ± 1,15 ^a	21,19 ± 0,47 ^a	2,04 ± 0,87 ^a	3,93 ± 0,69 ^a
T4: Mn	62,10 ± 4,42 ^a	27,50 ± 2,81 ^a	6,34 ± 0,10 ^a	5,76 ± 0,32 ^a	75,37 ± 1,05 ^a	22,09 ± 1,41 ^a	1,45 ± 0,78 ^a	3,60 ± 0,48 ^a
T5: Mn+Nucleotídeos	66,69 ± 2,60 ^a	27,72 ± 3,65 ^a	6,28 ± 0,04 ^a	5,82 ± 0,11 ^a	74,19 ± 0,88 ^a	22,56 ± 1,79 ^a	2,17 ± 0,28 ^a	3,88 ± 0,57 ^a
T6: Mn+GAA	65,30 ± 3,88 ^a	29,03 ± 3,35 ^a	6,25 ± 0,19 ^a	5,84 ± 0,09 ^a	74,72 ± 0,72 ^a	22,70 ± 0,69 ^a	1,57 ± 0,41 ^a	4,12 ± 0,92 ^a
T7: Cu	65,95 ± 2,50 ^a	26,37 ± 3,69 ^a	6,42 ± 0,12 ^a	5,86 ± 0,12 ^a	74,21 ± 0,55 ^a	23,14 ± 1,18 ^a	1,95 ± 0,70 ^a	4,18 ± 0,21 ^a
T8: Cu+Nucleotídeos	66,27 ± 2,68 ^a	29,21 ± 0,88 ^a	6,30 ± 0,18 ^a	5,86 ± 0,10 ^a	74,89 ± 1,35 ^a	21,70 ± 1,32 ^a	1,89 ± 0,74 ^a	3,64 ± 0,74 ^a
T9: Cu+GAA	67,05 ± 1,97 ^a	25,32 ± 1,78 ^a	6,39 ± 0,11 ^a	5,84 ± 0,10 ^a	73,44 ± 1,12 ^a	22,61 ± 0,84 ^a	1,89 ± 0,52 ^a	4,15 ± 0,36 ^a
T10: Mn+Cu	67,71 ± 2,08 ^a	29,15 ± 4,10 ^a	6,34 ± 0,12 ^a	5,81 ± 0,12 ^a	74,38 ± 0,79 ^a	22,45 ± 1,07 ^a	1,82 ± 0,70 ^a	3,65 ± 0,38 ^a
T11: Mn+Cu+Nucleotídeos	63,44 ± 6,74 ^a	26,32 ± 3,73 ^a	6,21 ± 0,08 ^a	5,82 ± 0,09 ^a	73,94 ± 0,91 ^a	22,17 ± 0,37 ^a	1,78 ± 0,62 ^a	4,84 ± 1,02 ^a
T12: Mn+Cu+GAA	65,71 ± 3,05 ^a	26,67 ± 2,77 ^a	6,40 ± 0,10 ^a	5,89 ± 0,12 ^a	73,63 ± 1,17 ^a	22,30 ± 1,31 ^a	1,80 ± 0,66 ^a	4,15 ± 0,94 ^a

* Valores médios ± desvio padrão. Frangos de corte Cobb mistos, n= 60 (5 repetições por tratamento).

Letras diferentes (a,b,c,d,e) na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), pelo teste de comparação múltipla (Teste de Tukey). CRA: Capacidade de Retenção de Água; PPC: Perda de peso por cozimento.

Suplementos nutricionais: GAA (CreAmino®), Nucleotídeos (Ascogen®), Mn (Availa®Mn, Zinpro Corporation, USA), Cu (Availa®Cu, Zinpro Corporation, USA).

(Autoria própria)

Tabela 6 – Efeito da suplementação nutricional nos parâmetros bioquímicos do sangue em frangos de corte.

Tratamentos	Parâmetros bioquímicos sanguíneos em frangos com 42 dias*			
	ACTH (pg/ml)	Colesterol (mg/dL)	Glicose (mg/dL)	CPK (U/L)
T1: Controle	6,04 ± 2,33 ^a	141,57 ± 23,93 ^a	251,20 ± 37,35 ^a	1.501,40 ± 444,08 ^a
T2: Nucleotídeos	8,22 ± 7,20 ^a	121,53 ± 15,77 ^a	247,60 ± 12,28 ^a	996,80 ± 578,43 ^a
T3: GAA	5,24 ± 0,54 ^a	120,89 ± 18,60 ^a	225,80 ± 8,01 ^a	1.257,60 ± 606,08 ^a
T4: Mn	5,41 ± 0,93 ^a	140,16 ± 25,40 ^a	242,20 ± 27,66 ^a	1.288,20 ± 515,48 ^a
T4: Mn+Nucleotídeos	5,00 ± 0,00 ^a	157,43 ± 36,26 ^a	253,00 ± 17,17 ^a	1.458,50 ± 483,01 ^a
T6: Mn+GAA	5,00 ± 0,00 ^a	151,32 ± 25,93 ^a	252,75 ± 14,93 ^a	908,50 ± 577,56 ^a
T7: Cu	6,27 ± 2,20 ^a	127,16 ± 18,23 ^a	237,33 ± 8,40 ^a	1.700,00 ± 0,00 ^a
T8: Cu+Nucleotídeos	5,01 ± 0,02 ^a	162,13 ± 22,32 ^a	251,60 ± 10,04 ^a	1.319,80 ± 671,37 ^a
T9: Cu+GAA	7,32 ± 3,19 ^a	142,51 ± 12,55 ^a	262,40 ± 23,20 ^a	970,80 ± 521,45 ^a
T10: Mn+Cu	5,00 ± 0,00 ^a	140,17 ± 24,53 ^a	251,25 ± 11,41 ^a	1.321,50 ± 540,27 ^a
T11: Mn+Cu+Nucleotídeos	5,12 ± 0,27 ^a	131,52 ± 20,54 ^a	246,60 ± 28,12 ^a	717,92 ± 622,98 ^a
T12: Mn+Cu+GAA	5,00 ± 0,00 ^a	129,64 ± 24,74 ^a	244,00 ± 38,22 ^a	1.056,00 ± 604,98 ^a

*Valores médios ± desvio padrão. Letras diferentes (a,b,c,d,e) na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), pelo teste de comparação múltipla (Teste de Tukey).

ACTH: hormônio adrenocorticotrófico (adrenocorticotropic hormone), Plasma em EDTA, Quimioluminescência.

Glicose: Kit Glicose Pap Liquiform da marca Labtest®, em Analisador bioquímico semi-automático Drake-quick-lab II.

CPK: creatinofosfoquinase (creatine phosphokinase).

Suplementos nutricionais: GAA (CreAmino®), Nucleotídeos (Ascogen®), Mn (Availa®Mn, Zinpro Corporation, USA), Cu (Availa®Cu, Zinpro Corporation, USA).

(Autoria própria)

5.4 Incidência de peito madeira (WB)

O WB afeta as características de textura da carne sendo firme durante a palpação, e de acordo com o aumento da severidade observa-se uma superfície pálida com presença de uma protuberância na área caudal do músculo, cobertura fluida viscosa e clara, e lesões multifocais petéquiais na superfície do filé de peito. Os graus de ocorrência do peito madeira obtidos durante o exame macroscópico *post mortem* da carcaça (Figura 12), estão de acordo com a classificação relatada nos trabalhos de Kuttappan, Hargis e Owens (2016) e Sihvo et al. (2017).



Figura 12 – Graus de severidade de peito madeira (WB) em peito de frangos de corte com 42 dias de idade: Normal (sem lesões miopática), Leve (menos de 40% de lesões no tecido na região caudal e cranial do peito), Moderado (com 40% a 80% de lesões no tecido na região caudal e cranial do peito) e Severo (mais de 80% de lesões distribuídas no tecido com presença de hemorragias e exsudato, na região caudal e cranial do peito). (Autoria própria)

Os níveis de incidência de peito madeira (WB) encontrados no peito de frango foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) de acordo com a suplementação utilizada (Tabela 7). O maior índice de peito “normal” foi obtido com a suplementação de Mn+Cu+GAA (T12) quando comparado ao tratamento Controle (80,41% vs. 70,79%). A redução do grau “severo” de WB neste tratamento (Tabela 7) foi significativa quando comparada ao Controle (6,79 para

2,94%). Córdova-Noboa et al. (2018) também reportaram decréscimo na severidade de WB em frangos de 51 dias de idade suplementados com GAA, sugerindo que uma melhoria na concentração de metabólitos envolvidos no metabolismo energético muscular (creatina, fosfocreatina e fosfocreatina:ATP) e o aumento do conteúdo de creatina e glicogênio pela suplementação dietética de GAA no músculo, pode ter um efeito de suporte sobre o metabolismo energético muscular. Os tratamentos com adição de GAA (T3) e Mn+Nucleotídeos (T5) mostraram efeito superior ao Controle (T1), alcançando 77,76% e 72,71% de peito “normal”, respectivamente.

A incidência de WB grau “leve” foi acentuada nos tratamentos com Cu (T7) e Mn+Cu (T10) quando comparada ao controle (T1). Uma menor incidência de WB “severo” (Escore 3) foi também observado com os tratamentos suplementados com Cu+GAA (T9), Cu (T7) e Mn+GAA (T6), quando comparados com o Controle (T1). No entanto estes tratamentos levaram ao aumento da incidência do grau “leve” de WB, com relação ao controle. Sirri et al. (2016b) ao avaliarem a suplementação de diferentes quantidades de Zn, Mn e Cu reportaram diminuição na incidência de WS e WB. Estes minerais são importantes para manter a saúde e a produtividade dos frangos, participam como catalisadores ou constituintes de vários sistemas enzimáticos, e fazem parte de centenas de proteínas e moléculas orgânicas envolvidas no metabolismo intermediário, nas vias de secreção de hormônios e nos sistemas de defesa imunológica.

Tabela 7 – Efeito da suplementação nutricional na incidência de Peito Madeira (WB) no peito de frangos de corte.

Tratamento	Incidência <i>post mortem</i> de Peito madeira (WB) no meio peito de frangos com 42 dias*			
	Normal (%) (Escore 0)	WB – Leve (%) (Escore 1)	WB – Moderado (%) (Escore 2)	WB – Severo (%) (Escore 3)
T1: Controle	70,79 ± 1,35d	14,79 ± 0,68g	8,13 ± 0,60f	6,79 ± 0,95e
T2: Nucleotídeos	56,88 ± 1,74h	10,94 ± 1,86h	19,04 ± 0,82a	13,64 ± 1,29a
T3: GAA	77,76 ± 1,08b	14,60 ± 0,16g	1,44 ± 0,88i	6,70 ± 0,36e
T4: Mn	70,40 ± 0,74d	14,99 ± 0,91g	6,88 ± 0,96g	8,23 ± 0,21d
T5: Mn+Nucleotídeos	72,71 ± 0,30c	8,19 ± 0,59i	9,80 ± 0,57e	9,80 ± 0,61b
T6: Mn+GAA	67,73 ± 1,22e	17,03 ± 0,28f	12,80 ± 0,72d	2,94 ± 1,68g
T7: Cu	65,88 ± 0,75f	23,41 ± 1,47b	5,60 ± 1,95h	5,60 ± 0,59f
T8: Cu+Nucleotídeos	55,05 ± 0,08i	19,84 ± 0,18d	17,03 ± 1,45b	8,58 ± 0,65cd
T9: Cu+GAA	59,28 ± 1,94g	21,25 ± 0,31c	14,21 ± 0,11c	5,76 ± 0,36f
T10: Mn+Cu	45,29 ± 2,56j	27,54 ± 1,01a	14,64 ± 0,92c	13,03 ± 0,04a
T11: Mn+Cu+Nucleotídeos	56,84 ± 1,71h	18,04 ± 0,47e	16,54 ± 0,15b	9,08 ± 0,76c
T12: Mn+Cu+GAA	80,41 ± 1,68a	7,17 ± 0,85j	9,98 ± 0,33e	2,94 ± 0,66g

* Valores médios ± desvio padrão. Frangos de corte Cobb mistos, n= 1.500 (5 repetições por tratamento).

Letras diferentes (a,b,c,d,e) na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), pelo teste de comparação múltipla (Teste de Tukey). Suplementos nutricionais: GAA (CreAmino®), Nucleotídeos (Ascogen®), Mn (Availa®Mn, Zinpro Corporation, USA), Cu (Availa®Cu, Zinpro Corporation, USA).

(Autoria própria)

5.5 Incidência de estrias brancas (WS)

As classificações dos diferentes graus de estriações obtidos após o exame macroscópico *post mortem* nas carcaças avaliadas (Figura 13), estão de acordo com os trabalhos de Kuttappan et al. (2013) e Kuttappan et al. (2012a) que categorizaram visualmente a intensidade das estrias em normal, moderado e severo. Diferente a estes autores, nos resultados deste estudo foi incluído o grau “leve” na classificação das estrias, assim como Córdova-Noboa et al. (2018), pois a destinação da carne dentro do processo de abate e a incidência de estrias brancas na indústria permitiram a detecção das lesões miopáticas crônicas. Estas lesões são mais evidentes nos músculos *Pectoralis major* e *iliotibiais*, histologicamente caracterizado por perdas de estrias transversais, variação no tamanho da fibra, degeneração vacuolar e flocular, lise das fibras, leve mineralização, regeneração ocasional de células multinucleadas, infiltração de células mononucleares, lipidose e inflamação intersticial, e fibrose (KUTTAPPAN et al., 2013a).

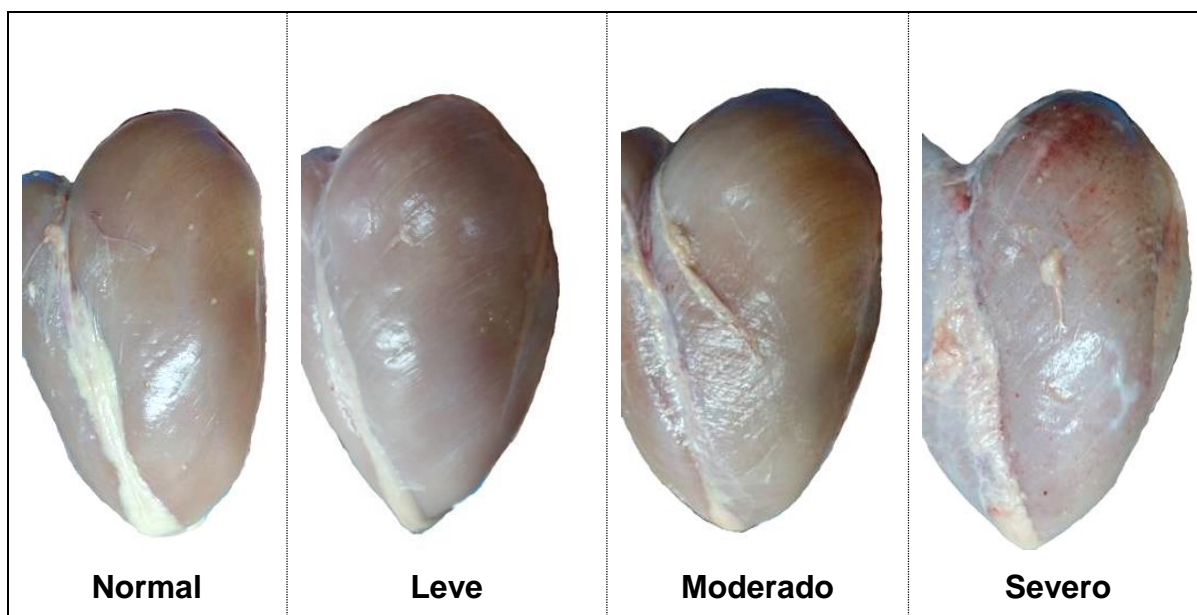


Figura 13 – Graus de incidência de estria branca (WS) em peito de frangos de corte com 42 dias de idade: Normal (sem estrias), Leve (estrias finas com menos de 1 mm de espessura), Moderado (estrias espessas com mais de 1 mm de espessura) e Severo (presença excessiva de estrias, lipidose e fibrose). (Autoria própria)

Observou-se que a qualidade do peito (*post mortem*), de acordo com o grau de estrias brancas (Tabela 8), sofreu influência da suplementação combinada de minerais com Nucleotídeos e GAA. A maior incidência de peito

“normal” foi obtida com a suplementação de Mn+Cu+GAA (T12) quando comparado ao tratamento Controle (50,83% vs. 29,46%). A redução do grau “severo” de WS neste tratamento também foi significativa quando comparada ao Controle (20,13 para 9,98%). Trocino et al. (2015b) obtiveram a incidência de WS em frangos de 46 dias através de exame macroscópico: normal (18,7%), moderado (67,2%) e severo (14,1%); e de exame histológico: normal (3,1%), leve (26,6%), moderado (45,3%) e severo (25,0%), indicando que as observações macroscópicas correspondem com as histológicas e que as diferenças nas taxas de incidência podem ser atribuídas à variação no peso vivo, gênero e restrição alimentar precoce das aves. Kuttappan et al. (2012b) ao avaliar a influência da taxa de crescimento em frangos (Cobb 500) de 54 dias, utilizando dietas com alto teor de energia (5,5% com mais óleo de vísceras de frango), encontraram uma ocorrência de WS “normal” de 25,36%, “moderado” de 65,94% e “severo” de 8,70%, sugerindo assim que a ocorrência de WS em peito de frango é maior em aves com o aumento do peso vivo e da taxa de crescimento.

O grau “severo” de estrias brancas no peito de frango é caracterizado pela presença de linhas brancas intramusculares paralelas às fibras musculares, com lipidose e fibrose crônica (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016). Os efeitos da suplementação combinada de cobre (7 ppm) e Manganês (40 ppm) associado ao GAA (600g.ton⁻¹) conforme aplicado no tratamento T12, promoveu uma redução significativa na incidência de WS (grau leve, moderado e severo) em relação ao controle (T1), sem alterar o desempenho do lote (Tabela 8).

De acordo com Sirri et al. (2016b) o Mn é essencial para o desenvolvimento de ossos e tendões e o Cu desempenha um papel na ligação cruzada de colágeno e elastina, e fontes orgânicas destes minerais melhoram o desempenho e a resposta imune de frangos (ABDALLAH; EL-HUSSEIN; ABDEL-LATI, 2009). De acordo com resultados obtidos por Córdova-Noboa et al. (2018), o uso de suplementação de GAA em dietas de frango machos de 51 dias não reduziu a ocorrência de WS, no entanto, os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a suplementação somente com GAA reduziu a ocorrência de grau severo de 20,13% para 11,97%. A suplementação com GAA em dietas de frango, especialmente em rações de base vegetal, pode restaurar a disponibilidade de creatina nos tecidos e melhorar o desempenho do peito de frango na etapa final do crescimento (MICHIELS et al., 2012).

Tabela 8 – Efeito da suplementação nutricional na incidência de Estrias Brancas (WS) no peito de frangos de corte.

Tratamentos	Incidência <i>post mortem</i> de Estrias Brancas (WS) no meio peito de frangos com 42 dias*			
	Normal (%) (Escore 0)	WS – Leve (%) (Escore 1)	WS – Moderado (%) (Escore 2)	WS – Severo (%) (Escore 3)
T1: Controle	29,46 ± 0,34e	33,46 ± 1,16a	17,46 ± 0,97f	20,13 ± 0,37g
T2: Nucleotídeos	16,34 ± 1,74h	19,04 ± 0,81h	27,15 ± 0,72b	37,96 ± 0,15a
T3: GAA	29,07 ± 0,51e	29,07 ± 0,68cd	30,39 ± 0,97a	11,97 ± 0,74i
T4: Mn	32,56 ± 0,50c	25,80 ± 0,06ef	14,99 ± 0,58g	27,15 ± 0,98c
T5: Mn+Nucleotídeos	32,38 ± 0,13c	14,64 ± 1,45i	17,87 ± 0,35f	35,61 ± 0,79b
T6: Mn+GAA	25,48 ± 0,29g	29,70 ± 0,65c	21,25 ± 0,28d	24,07 ± 0,31e
T7: Cu	30,26 ± 0,78d	28,89 ± 0,20de	20,67 ± 0,30d	20,67 ± 0,66g
T8: Cu+Nucleotídeos	26,89 ± 0,99f	25,48 ± 0,40f	22,66 ± 0,92c	25,48 ± 0,62d
T9: Cu+GAA	33,93 ± 0,53b	22,66 ± 0,91g	21,25 ± 0,15d	22,66 ± 1,34f
T10: Mn+Cu	30,77 ± 0,12d	30,77 ± 0,10b	13,03 ± 0,64i	25,93 ± 0,15d
T11: Mn+Cu+Nucleotídeos	34,45 ± 1,45b	32,96 ± 0,21a	15,05 ± 0,53g	18,04 ± 0,69h
T12: Mn+Cu+GAA	50,83 ± 2,26a	25,48 ± 0,07f	14,21 ± 0,18h	9,98 ± 1,35j

* Valores médios ± desvio padrão. Frangos de corte Cobb mistos, n= 1.500 (5 repetições por tratamento).

Letras diferentes (a,b,c,d,e) na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), pelo teste de comparação múltipla (Teste de Tukey).

Suplementos nutricionais: GAA (CreAmino®), Nucleotídeos (Ascogen®), Mn (Availa®Mn, Zinpro Corporation, USA), Cu (Availa®Cu, Zinpro Corporation, USA). (Autoria própria)

6. CONCLUSÃO

O uso combinado de Cu, Mn e GAA (T12) na ração base de frangos de corte promoveram uma redução significativa na incidência de WS leve, moderado e severo em relação ao controle (T1), assim como foi o tratamento que apresentou maior ocorrência de peito normal, ou seja, sem WB e WS. A suplementação utilizada em todos os tratamentos não alterou os parâmetros físico-químicos (CRA; PPC; pH_{15min}; pH_{24h}; umidade; proteína, gordura e colágeno), os parâmetros bioquímicos do sangue (ACTH, colesterol, glicose e CPK), o rendimento (carcaça, pernas, asas, filezinho sassami, peito desossado e dorso) e o desempenho zootécnico (peso médio, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), com relação ao controle. Ao avaliar simultaneamente a ocorrência de dermatose e celulite, o tratamento suplementado com GAA (T3) apresentou uma menor ocorrência em relação ao Controle (T1). As lesões *post mortem* observadas durante o exame macroscópico de WS e WB, foram correspondentes ao grau de classificação utilizada (normal, leve, moderada e severa) com aplicação satisfatória durante o processo industrial do frango.

7. REFERÊNCIAS

ABASHT, B. et al. Oxidative Stress and Metabolic Perturbations in Wooden Breast Disorder in Chickens. **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, p. e0153750, 2016.

ABDALLAH, A. G.; EL-HUSSEIN, O. M.; ABDEL-LATI, K. O. Influence of Some Dietary Organic Mineral Supplementations on Broiler Performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 3, p. 291–298, 2009.

ABPA. **Relatório Anual 2018ABPA**. São Paulo - SP: [s.n.]. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-aneais>>.

ABUDABOS, A. M. et al. The relationship between guanidino acetic acid and metabolisable energy level of diets on performance of broiler chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 3, p. 548–556, 2014.

AHMADIPOUR, B.; KHAJALI, F.; SHARIFI, M. R. Effect of guanidinoacetic acid supplementation on growth performance and gut morphology in broiler chickens. v. 6, n. 1, p. 19–24, 2018.

AKSU, T. et al. Effects of organically-complexed minerals on meat quality in chickens. **British Poultry Science**, v. 52, n. 5, p. 558–563, 2011.

AMARAL, P. C. et al. Evaluation of physiological parameters of broilers with dorsal cranial myopathy. **Revista Brasileira de Ciencia Avicola**, v. 19, n. 1, 2017.

AOAC. Official methods of analysis, association of analytical chemists. 15th ed., Washington D. C. **Washington D. C. USA**, p. 141–144, 2000.

BAKER, D. H. Advances in protein–amino acid nutrition of poultry. **Amino Acids**, v. 37, n. 1, p. 29–41, 2009.

BALDI, G. et al. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. **Animal**, v. 12, n. 1, 2018a.

BALDI, G. et al. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. **animal**, v. 12, n. 01, p. 164–173, 2018b.

BARBOSA, N. A. A. et al. Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1497–1502, 2012.

BARBUT, S. Primary Processing of Poultry. In: **Poultry Products Processing**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2001. p. 541.

BARBUT, S. Primary Processing of Poultry - An Industry Guide. In: **Poultry Products Processing**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2002. p. 541.

BARROS, L. S. S. et al. Escherichia coli from cellulitis lesions in broilers. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 7, n. 1, p. 40–45, 2013.

BOWKER, B. C.; ZHUANG, H.; BUHR, R. J. Impact of carcass scalding and chilling on muscle proteins and meat quality of broiler breast fillets. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 156–162, 2014.

BOWKER, B.; ZHUANG, H. Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat 1. **Poultry Science**, v. 94, n. 7, p. 1657–1664, 2015.

BRASIL. **Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves** Brasil Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1998a.

BRASIL. **Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves** Brasil Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, , 1998b. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1129>>

BRASIL. **Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o abate Humanitário de Animais de açougue** Brasil Secretária de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2000.

BUENO, J. P. R. et al. Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 38, n. 3, p. 1383–1392, 2017.

BUHR, R. J. et al. Impact of broiler processing scalding and chilling profiles on carcass and breast meat yield1. **Poultry science**, v. 93, n. 6, p. 1534–41, 2014.

CALASANS, M. W. DE M. **Presença de peróxidos em rações e a ocorrência de Miopatias em frangos de corte**. Passo Fundo - RS: Universidade de Passo Fundo, 2017.

CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. Efeitos das variações cambiais sobre os preços da carne de frango no Brasil entre 2008 e 2012. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 3, p. 575–590, 2013.

CHEMOFORMA. **Nutriline Feed and Food Additives**. Disponível em: <<http://www.nutriline.com.tr/en/chemoforma>>. Acesso em: 5 maio. 2018.

CHEN, Y. et al. Differences in physicochemical and nutritional properties of breast and thigh meat from crossbred chickens, commercial broilers, and spent hens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 29, n. 6, p. 855–864, 2016.

CHIOFALO, B. et al. Nucleotides in broiler chicken diet: Effect on breast muscles quality. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 29, n. 4, p. 308–317, 2011.

CÓRDOVA-NOBOA, H. A. et al. Performance, meat quality, and pectoral myopathies of broilers fed either corn or sorghum based diets supplemented with guanidinoacetic acid. **Poultry Science**,

v. 97, n. 7, p. 2479–2493, 2018.

COSTA, L. S.; GARCIA, L. A. F.; BRENE, P. R. A. **Panorama Do Setor De Frango De Corte No Brasil E a Participação Da Indústria Avícola Paranaense No Complexo Dado Seu Alto Grau De Competitividade**. IV Singep. **Anais...**Sao Paulo - SP: Simposio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 2015

CRUZ, R. F. A. et al. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing Lysine levels. **Poultry Science**, v. 96, n. 2, p. 501–510, 2017a.

CRUZ, R. F. A. et al. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing lysine levels. **Poultry Science**, v. 96, n. 2, p. 501–510, 2017b.

CUPERTINO, E. S. et al. Exigências de manganês para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6 SUPPL., p. 2308–2315, 2005.

DE BROT, S. et al. Wooden breast lesions in broiler chickens in the UK. **Veterinary Record**, p. vetrec-2015-103561, 2016a.

DE BROT, S. et al. Wooden breast lesions in broiler chickens in the UK. **Veterinary Record**, v. 178, n. 6, p. 141.2-141, 2016b.

EADY, M.; SAMUEL, D.; BOWKER, B. Effect of pH and postmortem aging on protein extraction from broiler breast muscle 1 SDS-PAGE. n. November, p. 1825–1833, 2017.

EMBRAPA. **Tendências em avicultura**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/tendencias/aves>>.

ESSER, A. F. G. et al. Effects of Guanidionoacetic Acid and Arginine Supplementation to Vegetable Diets Fed to Broiler Chickens Subjected to Heat Stress before Slaughter. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 19, n. 3, p. 429–436, 2017.

ESTÉVEZ, M. Oxidative damage to poultry: From farm to fork. **Poultry Science**, v. 94, n. 6, p. 1368–1378, 2015.

EVONIK NUTRITION & CARE GMBH. **Healthy Nutritional Solutions**. Disponível em: <<https://animal-nutrition.evonik.com/product/feed-additives/en/products/healthy-nutritional-solutions/creamino/>>. Acesso em: 5 maio. 2018.

FALLAVENA, L. C. B. et al. Diagnosis of skin lesions in condemned or downgraded broiler carcasses — a microscopic and macroscopic study. **Avian Pathology**, v. 29, n. 6, p. 557–562, 2000.

FAVERI, J. C. et al. Desempenho e morfologia intestinal de frangos de corte na fase de crescimento, com e sem adição de nucleotídeos na dieta, em diferentes níveis proteicos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 291–296, 2015.

FERREIRA, T. Z. et al. An investigation of a reported case of white striping in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 4, p. 748–753, 2014.

HEIDARI, M. et al. Severe necrotic dermatitis in the combs of line 6 3 chickens infected with Marek's disease virus. **Avian Pathology**, v. 45, n. 5, p. 582–592, 2016.

HEROLD, M. et al. Investigation of ACTH responses of chickens with autoimmune disease. **General and Comparative Endocrinology**, v. 88, n. 2, p. 188–198, 1992.

JUNG, B.; BATAL, A. B. Effect of dietary nucleotide supplementation on performance and development of the gastrointestinal tract of broilers. **British Poultry Science**, v. 53, n. 1, p. 98–105, 2012.

JÚNIOR, A. B. et al. **Doença das Aves**. 2^o Edição ed. Campinas - SP: FACTA – Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2009.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. **Poultry Science**, v. 91, n. 5, p. 1240–1247, 2012a.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 91, p. 2677–2685, 2012b.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 91, n. 10, p. 2677–2685, 2012c.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Effect of different levels of dietary vitamin E (DL- α -tocopherol acetate) on the occurrence of various degrees of white striping on broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 91, n. 12, p. 3230–3235, 2012d.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p. 331–338, 2013a.

KUTTAPPAN, V. A.; HARGIS, B. M.; OWENS, C. M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2724–2733, 2016.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p. 339–345, 2013b.

LAR. **Institucional: Unidades Industriais**.

LEE, Y. S.; OWENS, C. M.; MEULLENET, J. F. Changes in Tenderness, Color, and Water Holding Capacity of Broiler Breast Meat during Postdeboning Aging. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 8, p. E449–E454, 2009.

LEESON, S. Copper metabolism and dietary needs. **World's Poultry Science Journal**, v. 65, n.

03, p. 353–366, 2009.

LIGHTY, M. E. et al. Incidence of clostridial dermatitis (cellulitis) and factors for development of the disease in turkeys. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 25, n. 1, p. 104–112, 2016.

MACARI, M.; FURLAN, R.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 1° ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2002.

MADEIRA, L. A. **Morfologia das fibras musculares esqueléticas de frangos de corte criados nos sistemas confinado e semi-confinado**. Botucatu - SP: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2005.

MAIER, G. S. **Eficácia da suplementação do ácido guanidinoacético em dietas deficientes em energia para frangos de corte: desenvolvimento muscular e ocorrência de miopatias**. Palotina - PR: Universidade Federal do Paraná UFPR, 2018.

MAZZONI, M. et al. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v. 94, n. 1, p. 123–130, 2015.

MESSIER, S. et al. Focal Dermatitis and Cellulitis in Broiler Chickens: Bacteriological and Pathological Findings. **Avian Diseases**, v. 37, n. 3, p. 839, 1993a.

MESSIER, S. et al. Focal Dermatitis and Cellulitis in Broiler Chickens: Bacteriological and Pathological Findings. **Avian Diseases**, v. 37, n. 3, p. 839, 1993b.

MICHIELS, J. et al. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: Effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. **Poultry Science**, v. 91, n. 2, p. 402–412, 2012.

MONTAGNA, F. S. **Incidência de miopatia peitoral em frangos de corte de diferentes sistemas de produção**. Dourados - MS: Universidade Federal da Grande Dourados, 2017.

MORAIS, J. et al. Curva de crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1872–1878, 2015.

MUDALAL, S. et al. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. **Poultry science**, v. 93, n. 8, p. 2108–16, 2014.

MUNIZ, J. C. L. **Avaliação de minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte inorgânica em rações de frangos de corte mantidos em diferentes ambientes térmicos**. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2016.

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, p. 399, 2015.

NASIROLESLAMI, M. et al. Effects of dietary guanidinoacetic acid and betaine supplementation on

performance , blood biochemical parameters and antioxidant status of broilers subjected to cold stress. v. 2119, 2018.

OLGUN, O. Manganese in poultry nutrition and its effect on performance and eggshell quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 73, n. 01, p. 45–56, 2017.

OLIVEIRA, A. A. et al. Principais causas de condenação ao abate de aves em matadouros frigoríficos registrados no serviço brasileiro de inspeção federal entre 2006 e 2011. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 79–89, 2016.

ONDERKA, D. K. et al. Escherichia coli associated cellulitis in broilers: correlation with systemic infection and microscopic visceral lesions, and evaluation for skin trimming. **Avian Dis**, v. 41, n. 4, p. 935–940, 1997.

OSTOJIC, S. M. Guanidinoacetic acid as a performance-enhancing agent. **Amino Acids**, v. 48, n. 8, p. 1867–1875, 2016.

PARDI, M. C. **Ciencia, Higiene e Tecnologia da carne**. 2° ed ed. Goiania - GO: UFG, 2001.

PELÍCIA, V. et al. Effect of Nucleotides on Broiler Performance and Carcass Yield. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 1, p. 31–34, 2010.

PETRACCI, M. et al. Effect of White Striping on Chemical Composition and Nutritional Value of Chicken Breast Meat. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 1, p. 3138, 2014.

PETRACCI, M. et al. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363–374, 2015.

PETRACCI, M.; CAVANI, C. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutrients**, v. 4, n. 1, p. 1–12, 2012.

PETROVIČ, V.; NOLLET, L.; KOVÁČ, G. Effect of Dietary Supplementation of Trace Elements on the Growth Performance and Their Distribution in the Breast and Thigh Muscles Depending on the Age of Broiler Chickens. **Acta Veterinaria Brno**, v. 79, n. 2, p. 203–209, 2010.

QIAO, M. et al. The Effect of Broiler Breast Meat Color on pH, Moisture, Water-Holding Capacity, and Emulsification Capacity. **Poultry Science**, v. 80, n. 5, p. 676–680, 2001.

RIBEIRO, M. V. **Programas vitamínicos e diferentes fontes minerais nas dietas de frangos de corte**. Palotna - PR: Universidade Federal do Paraná, 2016.

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

SALDANHA, E. et al. Performance, carcass yield, and meat quality of free-range broilers fed wet grain corn silage. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 8, n. 2, p. 113–118, 2006.

SAMS, A. R. **Poultry Meat Processing**. [s.l.] CRC Press, 2000.

SAMS, A. R. et al. **Poultry Meat Processing**. [s.l.] CRC Press, 2001.

SCOTT, A. et al. Copper nanoparticles as an alternative feed additive in poultry diet: A review. **Nanotechnology Reviews**, v. 7, n. 1, p. 69–93, 2018.

SHIVAPRASAD, H. L. Gangrenous Dermatitis in Poultry. In: **Clostridial Diseases of Animals**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2016. p. 255–264.

SIHVO, H.-K. et al. Wooden Breast Myodegeneration of Pectoralis Major Muscle Over the Growth Period in Broilers. **Veterinary Pathology**, v. 54, n. 1, p. 119–128, 2017.

SIHVO, H.-K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. **Veterinary Pathology**, v. 51, n. 3, p. 619–623, 2014a.

SIHVO, H.-K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. **Veterinary pathology**, v. 51, n. 3, p. 619–23, 2014b.

SINGH, A. K.; GHOSH, T. K.; HALDAR, S. Effects of Methionine Chelate- or Yeast Protein- Based Supplement of Copper, Iron, Manganese and Zinc on Broiler Growth Performance, Their Distribution in the Tibia and Excretion into the Environment. **Biological Trace Element Research**, v. 164, n. 2, p. 253–260, 2015.

SINGH, S. K.; SAHU, S. P.; KUMAR, P. Influence of Supplementation of feed Additives on Carcass Characteristics , **Mortality and Economics of Broiler Production**. n. 7, p. 4810–4817, 2018.

SIRRI, F. et al. Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 0, p. 1–12, 2016a.

SIRRI, F. et al. Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 95, n. 8, p. 1813–1824, 2016b.

SOGLIA, F. et al. Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. **Food Research International**, 2016a.

SOGLIA, F. et al. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, v. 95, n. 3, p. 651–659, 2016b.

SOGLIA, F. et al. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, v. 95, n. 3, p. 651–659, 2016c.

SOUZA, C. DE. **Glicerina bruta na alimentação de frangos de corte em diferentes idades.** [s.l.] Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, 2016.

SPEARS, J. W. Reevaluation of the Metabolic Essentiality of the Minerals - Review -. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 12, n. 6, p. 1002–1008, 1999.

ŚWIAĘTKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WŁOSEK, A.; JÓZEFIAK, D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: Review and implications of recent studies. **World's Poultry Science Journal**, v. 70, n. 3, p. 475–486, 2014.

THIRUVENKADAN, A. K.; PRABAKARAN, R.; PANNEERSELVAM, S. Broiler breeding strategies over the decades: An overview. **World's Poultry Science Journal**, v. 67, n. 2, p. 309–336, 2011.

TIJARE, V. V. et al. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**, p. 129, 2016.

TROCINO, A. et al. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 94, n. 12, p. 2996–3004, 2015a.

TROCINO, A. et al. Effect of genotype , gender and feed restriction on growth , meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens Animals , Experimental Groups , and In Vivo. **Poultry science**, v. 94, p. 2996–3004, 2015b.

VASCONCELOS, M. C. et al. Trajetória tecnológica da cadeia produtiva do frango de corte no Brasil. **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 17, n. 1, p. 15–27, 2015.

VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. L. Histopathologic and Myogenic Gene Expression Changes Associated with Wooden Breast in Broiler Breast Muscles. **Avian Diseases**, v. 59, n. 3, p. 410–418, 2015a.

VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. L. Histopathologic and Myogenic Gene Expression Changes Associated with Wooden Breast in Broiler Breast Muscles. **Avian Diseases**, v. 59, n. 3, p. 410–418, 2015b.

VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. L.; TONNIGES, J. R. Fibrillar Collagen Organization Associated with Broiler Wooden Breast Fibrotic Myopathy. **Avian Diseases**, v. 61, n. 4, p. 481–490, 2017.

VIEIRA, S. L. **Qualidade Visual de Carcaça de Frangos de Corte - Uma abordagem a partir do ambiente de produção.** 2. ed. São Paulo: Rede Editora e Serviços de Clipping Ltda, 2012.

WANG, R. R.; PAN, X. J.; PENG, Z. Q. Effects of heat exposure on muscle oxidation and protein functionalities of pectoralis majors in broilers. **Poultry Science**, v. 88, n. 5, p. 1078–1084, 2009.

WOELFEL, R. L. et al. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry science**, v. 81, n. 1997, p. 579–584, 2002.

WYSS, M.; KADDURAH-DAOUK, R. Creatine and Creatinine Metabolism. **Physiological reviews**, v. 80, n. 3, p. 1107–1213, 2000.

YANG, X. J. et al. Effects of copper, iron, zinc, and manganese supplementation in a corn and soybean meal diet on the growth performance, meat quality, and immune responses of broiler chickens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 20, n. 3, p. 263–271, 2011.

ZANETTI, M. A. et al. Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 887–891, 2018.

ZIMERMANN, F. C. **Miopatia Dorsal Cranial em Frangos de Corte: Caracterização Anatomopatológica, colheita e análise de dados**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

ZINPRO. **Performance Minerals: Availa-Mins**. Disponível em: <<https://www.zinpro.com/>>. Acesso em: 30 maio. 2018.

ZUIDHOF, M. J. et al. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 20051. **Poultry Science**, v. 93, n. 12, p. 2970–2982, 2014.

APÊNDICE

A1 - PROTOCOLO UNIFICADO PARA SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE ANIMAIS EM ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO.



Autorização

O protocolo intitulado “Uso de aditivos alimentares e estratégia nutricional sobre a prevenção de miopatias em frangos de corte”, sob a responsabilidade de **Ricardo Vianna Nunes** que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo *Chordata*, subfilo *Vertebrata*, para fins de pesquisa científica encontra-se **Aprovado** para execução, está de acordo com as Normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do UNIOESTE em reunião de 17/08/2018.

FINALIDADE	Pesquisa Científica
Vigência da autorização	20/08/2018 - 20/03/2019
Espécie/Inhagem/raça	Ave: <i>Gallus gallus domesticus</i> , Frangos de corte, Cobb
N. de animais	6400
Peso/Idade	45g/1 dia
Sexo	Macho
Origem	Os animais serão adquiridos em incubatório comercial ou loja agropecuária da região.

Cascavel, 23/08/2018

Profa. Dra. Luciana Oliveira de Fariña
Coordenadora do CEUA
Portaria nº 3730/2016 - GRE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
COMITÊ DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA

PROTOCOLO UNIFICADO PARA SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO
PARA USO DE ANIMAIS EM ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
CONCEA – Anexo I / Resolução Normativa Nº 12 de 20/09/2013

Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais para Fins Científicos e Didáticos –
 DBCA.

PROTOCOLO PARA USO DE ANIMAIS

Uso exclusivo do CEUA/UNIOESTE

PROTOCOLO Nº _____

Recebido em: ____/____/____

1. PROJETO

() Ensino/Aula – Disciplina: _____
 (x) Pesquisa
 () Treinamento

2. TÍTULO DO PROJETO

Uso de aditivos alimentares e estratégia nutricional sobre a prevenção de miopatias em frangos de corte

Início: julho de 2018

Término: janeiro de 2019

3. RESPONSÁVEL

Nome completo: Ricardo Vianna Nunes
 Instituição: UNIOESTE
 Curso: Zootecnia
 Centro: Ciências Agrárias
 Campus: Marechal Cândido Rondon
 Nível acadêmico: Doutor
 Telefone / Celular: 45 - 999738919
 E-mail: nunesrv@hotmail.com

3.1 Experiência Prévia e treinamento no trabalho com animais:

Não ()
 Sim (x)
 Cursos de bioterismo
 Disciplina de graduação
 Disciplina de pós-graduação
 Participação em projetos
 Atuação profissional
 Outros. Especifique: _

3.2 COLABORADORES:

Nome Completo: Cinthia Eyng
 Instituição: UNIOESTE
 Curso: Zootecnia
 Centro: Ciências Agrárias
 Campus: Marechal Cândido Rondon
 Telefone / Celular: 45 998000893
 E-mail: cinthiaeyng@hotmail.com

3.2.1 Experiência Prévia e treinamento no trabalho com animais:

Não ()
 Sim (x)
 Cursos de bioterismo
 Disciplina de graduação
 Disciplina de pós-graduação
 Participação em projetos
 Atuação profissional
 Outros. Especifique.

3.3 COLABORADORES:

Nome completo: Emanuelle Cristine dos Santos
 Instituição: UNIOESTE
 Nível acadêmico: graduado e discente de pós graduação em zootecnia
 Telefone – (45) 999892241
 E-mail - manutencia@hotmail.com

Nome completo: Lérida Fantin de Vargas
 Instituição: UTFPr – Campus Medianeira
 Nível acadêmico: graduada e Mestranda em Tecnologia de Alimentos
 Telefone - (45) 984040041
 E-mail – lerida@lar.ind.br

Nome completo: Cleison de Souza
 Instituição: UNIOESTE
 Nível acadêmico: graduado e discente de pós graduação em zootecnia

Telefone - (46) 99321785
E-mail – cleisondsz@hotmail.com

3.3.1 Experiência Prévia e treinamento no trabalho com animais:

Não

Sim

Cursos de bioterismo

Disciplina de graduação

Disciplina de pós-graduação

Participação em projetos

Atuação profissional

Outros. Especifique: Os envolvidos são alunos do curso de pós-graduação, já realizaram diversos trabalhos na área, participam efetivamente das atividades do setor e já realizaram estágios, assim consideramos aptos a participar deste projeto.

4. RESUMO DO PROJETO

O consumo mundial da carne de frango é crescente, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial. Devido a importância comercial e aos avanços tecnológicos tem ocorrido uma redução nos custos e aumento na produtividade. Entretanto, a busca por maior peso das aves em um curto período de tempo causa vários problemas de qualidade da carne. As miopatias afetam principalmente o músculo do peito, com o surgimento de estrias associadas a rigidez, conhecida como peito madeira. A ocorrência de peito madeira pode estar relacionada com alguma deficiência nutricional associada ao estresse oxidativo, induzindo dano muscular. Assim, a suplementação da dieta de aves com nutrientes e aditivos alimentares, buscando prevenir o desenvolvimento do peito madeira torna-se importante. Portanto, este projeto será desenvolvido com a finalidade de avaliar o uso de minerais, nucleotídeos, metabólitos e aminoácidos nas rações sobre o desempenho de frangos de corte e na prevenção de miopatias e na qualidade da carcaça de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade. Serão realizados 4 experimentos divididos da seguinte forma:

Primeiro experimento – serão utilizados 1500 pintos de corte, com 1 dia de idade, distribuídos em 12 tratamentos em esquema fatorial (3 x 4), sendo um dos fatores o uso de minerais (manganês e cobre) e o outro o uso de aditivos alimentares (Creamino e Ascogen). Os tratamentos serão: ração controle (T1); T1 suplementada com 40 ppm de Mg (T2); T1 suplementada com 7 ppm de Cu (T3); T1 suplementada com 40 ppm de Mg e 7 ppm de Cu (T4). Todos tratamentos terão 15 repetições sendo que 5 repetições por tratamento irão receber as rações da forma que se encontram, 5 repetições por tratamento

serão suplementadas (*on top*) com Ascogen (nucleotídeos) e 5 repetições serão suplementadas (*on top*) com Creamino.

Segundo experimento – serão utilizados 1500 pintos de corte, com 1 dia de idade, distribuídos em 12 tratamentos em esquema fatorial (3 x 4), sendo um dos fatores o uso de minerais (selênio e cromo) e o outro o uso de aditivos alimentares (Creamino e Ascogen). Os tratamentos serão: ração controle (T1); T1 suplementada com 0,50 ppm de Cr (T2); T1 suplementada com 0,25 ppm de Se (T3); T1 suplementada com 0,50 ppm de Cr e 0,25 ppm de Se (T4). Todos tratamentos terão 15 repetições sendo que 5 repetições por tratamento irão receber as rações da forma que se encontram, 5 repetições por tratamento serão suplementadas (*on top*) com Ascogen (nucleotídeos) e 5 repetições serão suplementadas (*on top*) com Creamino.

Terceiro experimento - serão utilizados 600 pintos de corte, machos, distribuídos em 3 tratamentos e 8 repetições. Os tratamentos serão ração controle (T1), ração controle (T1) suplementada com Ascogen (*on top*), ração controle suplementada com Creamino (*on top*). A suplementação de minerais e creamino será de um dia de idade até o abate e o ascogen de 1 dia até 28 dias de idade.

Quarto experimento - serão utilizados 2800 pintos de corte, machos, distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso com 28 tratamentos em um esquema fatorial (2 x 14) com 4 repetições por tratamento. Um dos fatores será a suplementação ou não de Creamino (*on top*) de 1 a 42 dias de idade. O outro fator será arranjado em superfície resposta para os níveis nutricionais de glicina e arginina (14 tratamentos), as quais serão utilizadas apenas de 1 a 10 dias de idade. Após este período todas as aves receberão as mesmas rações experimentais de 11 dias de idade até o abate com o sem a suplementação de creamino.

Parâmetros de desempenho que serão avaliados aos 10, 21, 28 e 42 dias de idade: o ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA). Para avaliar a utilização dos nutrientes presente no saco vitelino, 1 ave por unidade experimental será sacrificada por deslocamento cervical e o saco vitelino será quantificado aos 1, 2, 4 e seis dias de idade.

Parâmetros celulares (miopatias): aos 10 dias de idade 1 ave por unidade experimental será sacrificada para coleta do músculo *pectoralis major* para avaliar o desenvolvimento das celulas satélites e realização de exames histológico e de indicadores de estresse oxidativo. Aos 28 e 42 dias de idade duas aves por unidade experimental serão sacrificadas para coleta do músculo *pectoralis major* para avaliação histológica, indicadores de estresse oxidativo, qualidade da carne e presença de miopatias (estrias brancas e peito madeira).

Parâmetros sanguíneos: aos 20 e 41 dias de idade, após jejum de 8 horas, serão coletados cinco (5) ml de sangue da membrana da asa de duas aves por UE para a avaliação dos parâmetros sanguíneos de colesterol total, triglicerídeos, Transaminase glutâmico-oxalacético e Transaminase glutâmico-

pirúvico, enzima gama glutamil transferase, avaliação da peroxidação da membrana plasmática e hemograma.

Rendimento de carcaça, cortes, peso relativo dos órgãos e qualidade da carne: aos 42 dias de idade quatro aves por unidade experimental serão abatidas para realização do rendimento de carcaça, cortes, peso relativo de órgãos e gordura abdominal e posteriormente será avaliado a qualidade da carne.

Miopatias: aos 42 dias de idade todas as aves serão abatidas para avaliação do score de estrias brancas e peito madeira. Esta avaliação será realizada no músculo *pectoralis major*, após resfriamento das carcaças.

Para realizar o sacrifício das aves será utilizado a insensibilização por deslocamento cervical e posterior sangria, segundo a Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000 da DSA/MAPA.

Os dados serão submetidos à análise de variância, regressão polinomial e posterior teste de médias (SNK a $P < 0,05$) utilizando-se o programa computacional adequado para realização das análises estatísticas.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da suplementação de nutrientes (minerais e aminoácidos) e aditivos alimentares (ascogen e creamino) na ração de frangos de corte sobre o desempenho, qualidade da carcaça e prevenção de miopatias durante o crescimento de frangos de corte.

5.1.1 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da suplementação da dieta com diferentes nutrientes e aditivos alimentares sobre a condição do músculo do peito de frangos aos 28 e 42 dias;
- Avaliar o efeito da suplementação da dieta com diferentes nutrientes e aditivos sobre o desenvolvimento das células satélites aos 10 dias de idade;
- Avaliar o efeito da suplementação da dieta com diferentes nutrientes e aditivos alimentares sobre o rendimento de carcaça e cortes e as características de qualidade da carcaça (dermatose, celulite, miopatias) de frangos de corte com 42 dias;
- Avaliar o peso relativo dos órgãos do trato gastrointestinal, o pH e cor, 15 min e 24h post mortem, a qualidade da carne (capacidade de retenção de água, perda por cocção, força de cisalhamento, oxidação lipídica);
- Avaliar o efeito da suplementação da dieta com diferentes nutrientes e aditivos alimentares sobre os parâmetros físico-químicos e sensoriais de frangos de corte com 28 e 42 dias;
- Avaliar histologicamente o tecido muscular do peito de frangos 28 e 42 dias de dieta suplementada com diferentes nutrientes;

- Avaliar indicadores de estresse oxidativo em amostras do peito de frangos após 28 e 42 dias de dieta suplementada com diferentes nutrientes;
- Avaliar hemograma (glicose, colesterol, leucócitos, neutrófilos) e dosagem de cortisol e hormônio adrenocorticotrópico nas aves após 28 e 42 dias de dieta suplementada com diferentes nutrientes;
- Avaliar os parâmetros de desempenho para ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA);
- Mensurar os níveis séricos de colesterol total, triglicerídeos, colesterol total, triglicerídeos, transaminase glutâmico-oxalacético, transaminase glutâmico-pirúvico, enzima gama glutamil transferase e a peroxidação lipídica da membrana plasmática;

6. JUSTIFICATIVA

A produção mundial da carne de frango é crescente, sendo uma das carnes mais consumidas no Brasil com 45 kg per capita por ano (ABPA, 2016), com processamento de 111,8 milhões de toneladas de carne por ano, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial de carne de frango depois dos Estados Unidos (FAO, 2015).

Devido a importância comercial o setor avícola tem se desenvolvido nos últimos anos, passando a incorporar melhoramentos genéticos e nutricionais, novos processos, novas tecnologias voltadas à produção, instalações, equipamentos e sanidade animal (VASCONCELOS et al., 2015). Esses avanços, de modo geral, tem permitido reduzir custos e melhorar a produtividade, com o intuito de manter o destaque do país na competitividade em nível mundial (BARBOSA et al., 2012).

Neste sentido, existe uma tendência para comercialização de frangos com a região peitoral mais desenvolvida. O peito de frango é uma das partes da ave que tem larga utilização no mundo inteiro, seja para consumo direto, seja para processamento, além de ser uma tendência relacionada com alimento nutricionalmente saudável (PETRACCI et al., 2014). A tecnologia avícola para obter maior peso do peito das aves em um curto período de tempo causa vários problemas de qualidade da carne (KUTTAPPAN et al., 2012).

Estudos demonstram uma correlação entre o aumento na taxa de crescimento das aves e a ocorrência de miopatias que afetam principalmente o músculo do peito (SIHVO et al., 2016; TROCINO et al., 2015; VELLEMAN; CLARK, 2015). Assim, tem sido frequente o surgimento de estrias brancas longitudinais na musculatura peitoral de frangos de corte, acompanhadas de rigidez do tecido, conhecida como peito madeira, estando estes problemas associados a frangos com maior peso corporal (VIEIRA, 2012).

O crescimento progressivo das aves está relacionado principalmente com o perfil nutricional (SOGLIA et al., 2016), visto que a nutrição apresenta um papel importante para melhorar a digestibilidade dos alimentos e proporcionar condições que favoreçam o máximo potencial genético das aves (ARAUJO et al., 2007).

Estudos sugerem que as causas da ocorrência de peito madeira em frangos de corte podem estar relacionadas com alguma deficiência nutricional (KUTTAPPAN et al., 2012; MUTRYN et al., 2015). Os minerais, por exemplo, são considerados elementos essenciais à boa nutrição e exercem funções variadas no organismo, como a participação nas reações bioquímicas pela ativação de sistemas enzimáticos e nos processos de absorção e transporte de nutrientes (MANZKE, 2012). Estão envolvidos em um grande número de funções metabólicas, estruturais ou fisiológicas incluindo a resposta imune, reprodução e crescimento (KIEFER, 2005).

Neste sentido, a deficiência nutricional está associada a um aumento na produção de espécies reativas e a incapacidade dos tecidos de neutralizá-las através do sistema de defesa antioxidante (BARBOSA et al., 2010). Esse desequilíbrio, denominado estresse oxidativo, resulta em um aumento da peroxidação lipídica (SILVA; CERCHIARO; HONÓRIO, 2011), podendo ocasionar dano muscular (ZIMERMANN, 2008).

Alguns estudos investigam a suplementação da dieta de aves com antioxidantes, buscando prevenir o desenvolvimento do peito madeira. A suplementação da dieta de frangos de corte com vitamina E (50 mg/kg) não afeta o ganho de peso corporal e reduz a lesão muscular aos 28 dias de idade, mas não demonstra efeito em aves mais velhas (GUETCHOM et al., 2012). Além disso, uma dieta com redução nos níveis de selênio, 0,11 mg/kg ou 0,13 mg/kg, não afeta a ocorrência de peito madeira em frangos de 1 a 7 ou 8 a 42 dias de idade, respectivamente, quando comparada a dieta com níveis normais de selênio (0,30 mg/kg) (SIHVO et al., 2016). Entretanto, a suplementação da dieta através de lisina digestível com 0,77 a 1,17% ou 0,68 a 1,07% induz a ocorrência e gravidade do peito madeira em frangos de 12 a 28 ou 28 a 42 dias de idade, respectivamente (CRUZ, 2016).

Esses indicativos permitem evoluir com novos estudos, buscando alternativas na suplementação da dieta de aves com diferentes nutrientes que possam prevenir a indução do peito madeira. (CUPERTINO et al., 2005; GATTÁS; BARBOSA, 2004).

A carne afetada pelo peito madeira não apresenta agentes infecciosos, e porquanto, não representando risco a saúde pública. Entretanto, esta miopatia causa diversas alterações organolépticas, com coloração pálida, infiltração de colágeno ou gordura com subsequente fibrose, calcificação e menor capacidade de retenção de água. Estas características atribuídas a ocorrência

do peito madeira em aves reduz a aceitação do consumidor e a intenção de compra do produto (DE BROT et al., 2016). Dados coletados no Matadouro de Aves e Coelhos da Lar Cooperativa Agroindustrial, situado no Município de Matelândia, Estado do Paraná, indicam grande incidência de carcaças condenadas durante o período de janeiro de 2014 até maio de 2016, com média de 740.000 cortes de peito de frango descartados, devido a presença de miopatia. Tal ocorrência gerou a perda de aproximadamente 670 ton/ano de peito, o que representam redução aproximada de US\$1.2 milhões/ano no faturamento.

Assim, devido às restrições no aproveitamento do produto com diminuição no rendimento da produção e dada a importância comercial do corte de peito do frango, considera-se oportuno buscar alternativas que contribuam de forma expressiva com a avicultura no Brasil e no mundo. Portanto, a realização do presente projeto é relevante para avaliar o efeito da suplementação de diferentes nutrientes na dieta sobre a qualidade das carcaças e prevenção da ocorrência de peito madeira durante o crescimento de frangos de corte.

7. RELEVÂNCIA

Produção de conhecimento científico sobre a adição de diferentes nutrientes da dieta sobre a qualidade das carcaças e prevenção de miopatias em frangos de corte.

Este projeto promoverá a formação e aperfeiçoamento de alunos de doutorado, mestrado e de graduação. O aprendizado envolverá metodologias amplas e inovadoras, avaliando a utilização de nutrientes e aditivos tecnológico muito estudado e empregado na avicultura atual e de grande importância para a agroindústria.

Com o desenvolvimento do projeto espera-se identificar a fase do crescimento de frangos em que ocorre a distrofia muscular conhecida como peito madeira. O surgimento do peito madeira, provavelmente, comece a ocorrer em frangos a partir de 10 ou 28 dias de idade e seja agravado com a proximidade da idade de abate (42 dias), devido ao ganho de peso acelerado e a indisponibilidade ou incapacidade de aproveitamento dos nutrientes. Neste sentido, a adição de nutrientes e aditivos alimentares na dieta podem melhorar a qualidade das carcaças e prevenir a ocorrência de miopatias durante o crescimento de frangos de corte.

Assim, espera-se que a suplementação da dieta diminua a ocorrência do peito madeira em frangos de corte. Devido ao potencial antioxidante dos nutrientes é esperado que ocorra uma diminuição de radicais livre, combatendo o estresse oxidativo, avaliado através de indicadores como, TBARS, NSPH e atividade da SOD. Espera-se que favoreça a retenção de Ca, Mg e Zn e aumente a digestibilidade dos nutrientes.

Espera-se que todos os avanços observados visualmente no tecido muscular do peito dos frangos possam ser acompanhados de melhorias nos parâmetros físico-químicos e sensoriais como, umidade, gordura, colágeno, textura, cor, pH, além de serem comprovados através do exame histológico do tecido analisado.

A suplementação da dieta com manganês, cobre, cromo, selênio, ascogen e creamino provavelmente causem alterações que podem diminuir a ocorrência do peito madeira.

Assim confirmando-se os resultados esperados será possível diminuir a ocorrência de peito madeira em frangos, evitando perda na produção e consequentes prejuízos.

8. MODELO ANIMAL

Espécie (nome científico e vulgar, se existir): *Gallus gallus domesticus* – Frangos de corte

Justificar o uso dos procedimentos e da espécie animal

Este trabalho visa à utilização de diferentes nutrientes (minerais e aminoácidos) e aditivos alimentares (ascogen e creamino) na alimentação de frangos de corte com o intuito de beneficiar o crescimento e o desenvolvimento das aves, esperando redução na ocorrência de miopatias com melhorias na cadeia produtiva da carne de frango, melhoras no desempenho, no rendimento de carcaça e redução dos custos de produção. Assim, a espécie animal mais utilizada comercialmente é o frango de corte sendo este de 1 a 42 dias de idade, período que compreende a produção industrial. Todos os procedimentos são essenciais para a realização desta pesquisa e estão descritos em Sakomura & Rostagno (2016).

Existe método substitutivo ao modelo animal?

() Não () Sim

Qual(is): _____

Se sim, justifique o não uso _____

8.1 PROCEDÊNCIA

Biotério, fazenda, aviário, etc.: Os pintos com um dia de idade serão adquiridos em incubatório comercial ou loja agropecuária da região. Todos serão vacinados para Marek, Gumboro, Boubá Aviária e Bronquite Infecciosa.

Animal Silvestre - Número de protocolo SISBIO: Não se aplica

Outra procedência? Qual? Não se aplica

Transporte animal? Não () Sim ()

Guia de transporte animal (GTA): _____

O animal é geneticamente modificado? Não () Sim ()

Número de protocolo CTNBio: Não se aplica

8.2 TIPO E CARACTERÍSTICA

ESPÉCIE	LINHAGEM	IDADE	PESO APROX.	QUANTIDADE		
				M	F	M+F
Anfêio						
Ave	Pintos de corte - Cobb	1 dia	45 gramas	6400		
Total				6400		

8.3. MÉTODOS DE CAPTURA: Não se aplica

8.4. GRAU DE INVASIVIDADE (GI) – Segundo CONCEA (Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal).

Assinalar a seguir, conforme previsto no protocolo experimental:

() GI1 = Experimentos que causam pouco ou nenhum desconforto ou estresse (ex.: observação e exame físico; administração oral, intravenosa, intraperitoneal, subcutânea, ou intramuscular de substâncias que não causem reações adversas perceptíveis; eutanásia por métodos aprovados após anestesia ou sedação; de privação alimentar ou hídrica por períodos equivalentes à de privação na natureza).

() GI2 = Experimentos que causam estresse, desconforto ou dor, de leve intensidade (ex.: procedimentos cirúrgicos menores, como biópsias, sob anestesia; períodos breves de contenção e imobilidade em animais conscientes; exposição a níveis não letais de compostos químicos que não causem reações adversas graves).

() GI3 = Experimentos que causam estresse, desconforto ou dor, de intensidade intermediária (ex.: procedimentos cirúrgicos invasivos conduzidos em animais anestesiados; imobilidade física por várias horas; indução de estresse por separação materna ou exposição a agressor; exposição a estímulos aversivos inescapáveis; exposição a choques localizados de intensidade leve; exposição a níveis de radiação e compostos químicos que provoquem prejuízo duradouro da função sensorial e motora; administração de agentes químicos por vias como a intracárdica e intracerebral).

() GI4 = Experimentos que causam dor de alta intensidade (ex.: Indução de trauma a animais não sedados).

8.5. MATERIAIS BIOLÓGICOS

Os materiais biológicos destes exemplares serão utilizados em outros projetos? Quais? Se já aprovados pela CEUA, mencionar o número do protocolo.

Os materiais biológicos destes exemplares não serão utilizados em outros projetos.

8.6 CONDIÇÕES DE ALOJAMENTO E DE ALIMENTAÇÃO DOS ANIMAIS

Alimentação: as rações serão fornecidas a vontade aos animais utilizando comedouros tipo tubular ajustando vazão e altura conforme a idade das aves. As aves que serão abatidas para as análises serão mantidas em jejum alimentar por um período de seis horas antes do abate. As aves que terão o sangue colhido terão um jejum alimentar de seis horas.

Fonte de água: a água (poço artesiano) será oferecida aos animais *ad libitum* utilizando bebedouro tipo nipple ajustando vazão e altura conforme a idade das aves.

Exaustão do ar: sim () não ()
O aviário apresenta resistências elétricas para aquecimento e sistema adiabaticoevaporativo (exaustores e placas evaporativas) para auxiliar a resfriar o ar e fazer as trocas de ar.

Lotação-número de animais/área:
Considerando que serão utilizadas 25 aves por box apresentando área de 1,95 m² a densidade que será utilizada será de 13 aves/m². Sendo considerada uma densidade adequada segundo as condições do aviário.

* Comentar obrigatoriamente sobre os itens acima e as demais condições que forem particulares a espécie.

- Local onde será mantido o animal
() Biotério () Fazenda () Aviário () Outro - Especificar _____

- Ambiente de alojamento:
() Gaiola () Jaula () Baía () Outro – Especificar _____

Número de animais por gaiola/galpão:
Serão utilizadas 25 aves por box/baía (unidade experimental) – cada box com metragem de 1,40 m x 1,40 m, totalizando uma área útil de 1,95 m².
Tipo de cama (maravalha, estrado ou outro): maravalha de pinus.

9. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS DO PROJETO

9.1. Estresse / Dor intencional aos animais

() Não () Sim
() Curto () Longo
(Se "sim", justifique)

Estresse: estresse de curta duração para colheita de sangue. Ressaltando que os procedimentos de imobilização serão realizados corretamente para que o estresse seja minimizado.

Dor: _____

Outros: _____

9.2 CONDIÇÕES ALIMENTARES

9.2.1. JEJUM:

() Não () Sim

Duração em horas: Sim, para realização da colheita de sangue, na determinação dos parâmetros bioquímicos via punção braquial, as aves serão mantidas em jejum de 4 horas, para que todas apresentem o metabolismo pós-prandial parecidos. Para a avaliação do rendimento de carcaça e colheita de material as aves permanecerão em jejum de 6 horas, de acordo com as normas de abate da Instrução Normativa nº3 de 17 de janeiro de 2000 da DSA/MAPA que os estabelece os Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário.

9.2.2. RESTRIÇÃO HÍDRICA

() Não () Sim - Duração em horas _____

9.2.3. IMOBILIZAÇÃO ANIMAL

() Sim () Não

*Indique o tipo em caso positivo: para a colheita do sangue as aves serão mantidas em decúbito lateral para a colheita na veia ulnar (asa).

10. PRÁTICAS ZOOTÉCNICAS

No projeto, serão realizadas:

() Práticas zootécnicas (comportamento animal, peso, medida, alimentação, etc). Se apenas tais procedimentos forem realizados, o responsável pelo projeto fica isento de preenchimento dos itens 11. ao 13. do formulário.

() Procedimentos de cunho veterinário (administração de fármacos, coleta de sangue, cirurgias, etc).

11. FÁRMACOS

*Todos os fármacos utilizados em qualquer momento do experimento.

*No campo "Fármaco" da tabela, deve-se informar o(s) nome(s) do(s) princípio(s) ativo(s) com sua(s) respectiva(s) Denominação Comum Brasileira (DCB) ou Denominação Comum Internacional (DCI).

Lista das DCBs disponível em: http://www.anvisa.gov.br/medicamentos/dcb/lista_dcb_2007.pdf

*Utilize a mesma tabela para o preenchimento de um novo fármaco. Copie, cole e preencha a tabela quantas vezes forem necessárias, até que todos os fármacos que serão utilizados estejam especificados.

11.1. Uso de fármaco anestésico

Sim Não – Justifique _____

FÁRMACO	
DOSE (UI OU MG/KG)	
VIA DE ADMINISTRAÇÃO	

11.2. Uso de relaxante muscular

Sim Não – Justifique _____

FÁRMACO	
DOSE (UI OU MG/KG)	
VIA DE ADMINISTRAÇÃO	

11.3. Uso de fármaco analgésico

Sim Não – Justifique _____

FÁRMACO	
DOSE (UI OU MG/KG)	
VIA DE ADMINISTRAÇÃO	
FREQUÊNCIA	

11.4. Uso de fármaco analgésico

Sim Não – Justifique _____

FÁRMACO	
DOSE (UI OU MG/KG)	
VIA DE ADMINISTRAÇÃO	
FREQUÊNCIA	

12. CIRURGIA

Sim Não
 Única Múltipla

Qual (is)? _____

No caso de múltiplas, serão realizadas no mesmo ato cirúrgico ou em atos diferentes?

12.1. PÓS-OPERATÓRIO**12.2. OBSERVAÇÃO DA RECUPERAÇÃO**

Não Sim – Período de observação (em horas) _____

12.3. USO DE ANALGESIA

Sim Não – Justifique _____

13. EXTRAÇÃO DE MATERIAL BIOLÓGICO

Não Sim

Material biológico	Sangue
Quantidade da amostra	5 ml
Frequência	Duas vezes 20 e 41 dias de idade
Método de coleta	Punção ulnar (asa).

Material biológico	Músculo do peito
Quantidade da amostra	Musculo <i>pectoralis major</i> , total.
Frequência	Duas vezes aos 10, 28 e 42 dias de idade
Método de coleta	Sacrifício da ave e retirada do material – armazenamento em formol e álcool 70%.

Material biológico	Saco vitelíneo
Quantidade da amostra	Total
Frequência	Quatro vezes aos 1, 2, 4 e 6 dias de idade
Método de coleta	Sacrifício da ave e retirada do material para quantificação.

14. FINALIZAÇÃO**14.1. DESTINO DOS ANIMAIS VIVOS APÓS EXPERIMENTAÇÃO**

Não haverá, pois todas as aves serão abatidas.

14.2. EUTANÁSIA

Não Sim

