

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ALTERAÇÕES HISTOPATOLÓGICAS NO MÚSCULO *PECTORALIS MAJOR* DE  
FRANGOS DE CORTE ACOMETIDOS COM *WOODEN BREAST* E *WHITE  
STRIPING***

**Autor: Leticia da Silveira Gross**

**PORTO ALEGRE  
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE VETERINÁRIA**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Alterações histopatológicas no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte acometidos  
com *wooden breast* e *white striping***

**Autor: Letícia da Silveira Gross**

**Trabalho apresentado à Faculdade de  
Veterinária como requisito parcial para a  
obtenção da graduação em Medicina  
Veterinária**

**Orientador (a): Profa. Dra. Liris Kindlein**

**Coorientador: Eveline Berwanger**

**PORTO ALEGRE**  
**2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos que em todos os momentos estiveram ao meu lado e torcendo por mim e aos quais eu devo todas as minhas conquistas até hoje: Pai e mãe, obrigada por tudo! Essa etapa não seria possível sem o apoio e carinho de vocês. Espero poder retribuir toda esta dedicação.

Agradeço a minhas irmãs Júlia e Luana que sempre me auxiliaram, fazendo com que eu nunca me sentisse sozinha. Obrigada pelo carinho em todos os momentos. O apoio de vocês foi essencial para mim.

A minha orientadora, Professora Liris, por todos os ensinamentos nesses anos. Muito obrigada por todas as oportunidades que me proporcionou e por sempre me incentivar.

A minha coorientadora, Eveline, por se dispor a me ajudar nesse momento, muito obrigada!

Aos colegas e amigos do CEPETEC, Ana, Fernanda, Ítalo, Janaína, Lucas, Morgana, Silvana, Tamara e Vinícius. Sou grata pelos momentos juntos, pela ajuda e por entenderem meus momentos de ausência para me dedicar a este trabalho.

A colega e amiga Renata, por toda a ajuda e por ter acreditado no meu potencial, obrigada por tudo!

E a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho.

## RESUMO

A pressão econômica para aumentar a taxa de crescimento das aves, a eficiência alimentar e o rendimento do músculo do peito têm ocasionado alterações musculares nos frangos de corte. Dentre as alterações musculares as miopatias *wooden breast*, e *white striping*, ambas localizadas no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte, tem aumentado significativamente na produção avícola. Ambas as miopatias ainda não possuem etiologia definida, mas tem ocasionado perdas econômicas para o setor avícola. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica, avaliando as características histopatológicas das miopatias peitorais *wooden breast* e *white striping* e o seu impacto econômico na produção avícola. Microscopicamente o músculo com a miopatia *wooden breast* é caracterizado por degeneração muscular, com áreas de necrose e mioregeneração com perda de tecido muscular e aumento de tecido conjuntivo. Nos cortes cárneos de peito com a miopatia *white striping* o músculo apresenta características que diferem entre os graus, sendo que as estriações brancas são compostas de tecido adiposo, também sendo evidenciado a presença de um processo de degeneração, com necrose flocular e hialina. São necessários novos trabalhos visando analisar os fatores envolvidos na formação destas condições, além de possíveis associações entre as miopatias.

**Palavras-chave:** frangos de corte; histopatologia; miopatias; tecido muscular; *white striping*; *wooden breast*.

## **ABSTRACT**

*The economic pressure to increase the growth rate of the broilers, feed efficiency and breast muscle yield has caused changes in the breast muscle of broilers. Among the muscle changes the myopathies wooden breast, and white striping, both located in the pectoralis major muscle of broilers has increased significantly in poultry production. The etiology of both myopathies is still unknown but it has caused economic losses to the poultry industry. Therefore, the objective of this study was to conduct a literature review to evaluate the histopathologic features of wooden breast and white striping and its economic impact on poultry production. Microscopically wooden breast is characterized by muscle degeneration, with areas of necrosis and mioregeneration with decrease of muscle tissue and increase of connective tissue. The breast with white striping has characteristics which differ between scores, and white striations are composed of adipose tissue. Also it is evidenced the presence of a process of degeneration, floccular and hyaline necrosis. Therefore, more studies are needed in order to analyze the factors involved in these conditions and the possible associations between the myopathies.*

**Keywords:** *broilers; histopathology; myopathies; muscle tissue; white striping; wooden breast.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Localização anatômica do músculo <i>Pectoralis major</i> .....	12
Figura 2 -	Fotomicrografia do músculo <i>Pectoralis major</i> de um frango de corte com 21 dias de idade.....	13
Figura 3 -	Imagem representativa do músculo peitoral de peru evidenciando a estrutura muscular com miofibras bem definidas (F), perimímio (P) e endomísio (*). Setas evidenciam os capilares.....	14
Figura 4 -	<i>Pectoralis major</i> de frango de corte macroscopicamente normal (1). Músculo com a presença da miopatia <i>wooden breast</i> .....	16
Figura 5 -	Classificação de <i>white striping</i> no músculo <i>Pectoralis major</i> de frangos de corte. A) normal (NORM); B) moderado (MOD), e C) severo (SEV) .....	18
Figura 6 -	Fotomicrografia do músculo peitoral de frangos de corte com a presença de WB. A variabilidade no tamanho das fibras indica a presença de um processo de regeneração (asterisco). Tricômero de Masson.....	20
Figura 7 -	Fotomicrografia do músculo <i>Pectoralis major</i> de frango de corte acometido com WB. Evidenciação de fibras musculares degeneradas (setas) e infiltrado de células inflamatórias, principalmente macrófagos e heterófilos. Detalhe: Heterófilos e macrófagos. HE.....	21
Figura 8 -	Fotomicrografia do músculo <i>Pectoralis major</i> de frangos de corte acometido com WB. Uma fibra muscular degenerativa (seta) é rodeada por tecido conjuntivo frouxo ou rico em colágeno (azul). Uma fibra fina regenerativa apresenta vários núcleos centrais (seta). Tricômero de Masson.....	22
Figura 9 -	Fotomicrografia do músculo peitoral de frangos de corte acometidos com WB. Detalhe evidencia a substituição de tecido muscular por tecido adiposo. Tricômero de Masson.....	23

- Figura 10 - Influência dos escores histopatológicos nas lesões da miopatia, fibrose e lipidose em peitos de graus diferentes de WS (n = 20). NORM = normal (sem estriações); MOD = grau moderado; SEV = grau severo. Letras diferem significativamente (P <0,05)..... 24
- Figura 11 - Fotomicrografia do músculo *Pectoralis major* de frango de corte acometido com WS. A) Grau severo com necrose grave da fibra muscular (asterisco). B) Grau moderado necrose moderada e multifocal da fibra muscular. (asterisco). Em ambos os graus severo (A) e moderado (B) há presença de infiltração de macrófagos e poucos heterófilos (seta)..... 25
- Figura 12 - Fotomicrografia de peito afetado por WS. A estriação branca é composta de tecido adiposo (seta). Escala: 100 µm..... 26
- Figura 13 - Fotomicrografia do músculo *Pectoralis major* de frango de corte normal (e) e com o grau severo da miopatia white striping (f). Seta evidencia a proliferação de tecido adiposo. Hematoxilina e eosian (e) Oil Red O (f)..... 26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FG	<i>Fast twitch glycolytic</i>
FOG	<i>Fast twitch oxydative glycolytic</i>
HE	Hematoxilina-Eosina
MOD	Moderado
NORM	Normal
SEV	Severo
SO	<i>Slow twitch oxydative</i>
UBABEF	União Brasileira de Avicultura
WB	<i>Wooden breast</i>
WS	<i>White Striping</i>



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Avicultura e genética.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Descrição anatômica do músculo <i>Pectoralis major</i>.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Histologia do tecido muscular.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4</b>	<b>Alterações no músculo <i>Pectoralis major</i>.....</b>	<b>15</b>
2.4.1	<i>Wooden breast</i> .....	15
2.4.2	<i>White stripping</i> .....	17
2.4.3	Impacto econômico das miopatias WB e WS.....	18
<b>2.5</b>	<b>Alterações histopatológicas na miopatia <i>wooden breast</i>.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6</b>	<b>Alterações histopatológicas na miopatia <i>white stripping</i>.....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo e a produção de carne de frango têm aumentado rapidamente, (CAVANI *et al.*, 2009) em razão de preços relativamente baixos e competitivos em comparação com outras carnes, bem como pela ausência de obstáculos culturais ou religiosos, e propriedades dietéticas e nutricionais (VALCESCHINI, 2006). O Brasil foi responsável pela produção de 13.146 toneladas de carne de frango no ano de 2015, sendo o segundo maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos com 17.966 toneladas. Desde 2004, o setor avícola brasileiro vem garantindo e confirmando o seu sucesso pela conquista da liderança mundial, nas exportações de carne de frango. Atualmente, o Brasil é o exportador para uma extensa lista de países, em todos os continentes, sendo os principais importadores da carne de frango brasileira a Arábia Saudita, o Japão e a China (UBABEF, 2016).

A demanda crescente por esse tipo de carne resultou na pressão sobre os criadores, nutricionistas e produtores para aumentar a taxa de crescimento das aves, eficiência alimentar e tamanho do músculo do peito. Atualmente, frangos e perus são criados em cerca de metade do tempo e com aproximadamente duas vezes o peso corporal comparando-se com 50 anos atrás (BARBUT, 2008). Segundo Gonzales e Sartori (2002), comparando-se o peso corporal de uma ave poedeira com um frango de corte na mesma idade, o mesmo tende a ser duas vezes mais pesado. Como justificativa, os autores relacionam com a maior deposição proteica nas partes comestíveis, principalmente no músculo peitoral.

Os avanços no crescimento e rendimento da carne de frango têm ocasionado alterações musculares. Dentre estas alterações as miopatias peitorais tem obtido grande enfoque nas pesquisas atuais. Estudos prévios sugerem a relação da ocorrência das miopatias peitorais com o aumento do peso do peito e com a idade da ave (BAUERMEISTER *et al.*, 2009; KUTTAPPAN *et al.*, 2009; MUDALAL *et al.*, 2014).

Atualmente há uma grande incidência da miopatia conhecida como *wooden breast*, localizada no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte. Conforme descrito por Sihvo, Immonen e Puolanne, (2013) filetes de frangos de corte apresentando *wooden breast* são caracterizados por serem endurecidos, pálidos e recobertos por líquido viscoso. Além disso, a miopatia *wooden breast*, também conhecida como peito amadeirado, encontra-se muitas vezes associada com outra desordem de ocorrência atual na avicultura denominada *white striping*, a qual é caracterizada por estriações brancas no peito paralelas as fibras musculares (BAUERMEISTER *et al.*, 2009; KUTTAPPAN *et al.*, 2009).

Ambas as miopatias ainda não possuem etiologia definida e a literatura não relata haver prejuízo para a saúde pública, porém, o corte cárneo com a presença destas miopatias é geralmente rejeitado pelo consumidor acarretando em perdas econômicas para o setor avícola. Desta forma, são necessários mais estudos para elucidar as alterações musculares decorrentes destas desordens musculares e sua possível etiologia ou prevenção.

Com base nessas premissas, o objetivo desse trabalho foi abordar as características histopatológicas das miopatias peitorais *wooden breast* e *white striping* e seu impacto econômico na produção avícola através de uma revisão bibliográfica com dados atualizados da literatura científica.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Avicultura e genética

O aumento na demanda por produção de carne de frango e a competitividade no mercado tem impulsionado a busca pela melhoria do material genético das aves a cada ano. Desta forma, diversas empresas especialistas em melhoramento genético trabalham constantemente na seleção de frangos desde o final da década de 1940 (HAVENSTEIN *et al.*, 1994).

O desenvolvimento avícola foi determinado, de forma expressiva, na utilização de genética avançada, a qual buscou aves compatíveis com as exigências altamente competitivas dos mercados produtivo, industrial e consumidor (CAMPOS e PEREIRA, 1999). A intensa seleção e cruzamentos nas linhagens de frangos de corte desde a década de 50 até os dias atuais, tem ocasionado a descaracterização das raças, conseqüentemente formando linhagens específicas com características próprias (MICHELAN FILHO; SOUZA, 2011). Segundo Vieira *et al.* (2007), na avicultura de corte, a disponibilidade de cruzamentos genéticos é limitada, sendo duas linhagens predominantes. Mesmo dentro de uma mesma linhagem o desempenho final da depende das características enfatizadas durante a seleção, tais como idade e peso de abate, entre outros (ARRUDA, 2013).

Estudos genéticos têm sido realizados a fim de buscar linhagens com características como maior rendimento de carcaças e cortes (STRINGHINI *et al.*, 2003). Este tipo de seleção tende a colocar mais pressão sobre as aves e pesquisas relacionam essa seleção com modificações histológicas e bioquímicas do tecido muscular (BARBUT, 2008), ocorrendo um aumento na incidência de miopatias (espontâneas ou geradas pelo estresse) em especial localizadas no músculo do peito. Como consequência das lesões musculares, são observadas implicações na qualidade final da carne, bem como no rendimento da carcaça (MACRAE *et al.*, 2007).

### 2.2 Descrição anatômica do músculo *Pectoralis major*

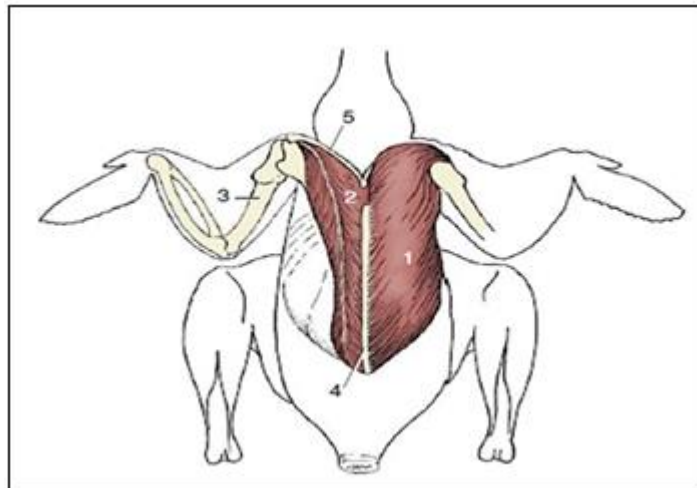
O músculo esquelético é constituído majoritariamente por dois tipos de tecido: o conjuntivo e o muscular. O músculo representa cerca de 50% de toda a proteína corporal, sendo maior nos animais em crescimento, nos quais a deposição proteica nos músculos está em torno de 65% diariamente (MARCATO, 2007). O tecido muscular é formado pelo agrupamento

paralelo de inúmeras células ou fibras musculares, elementos estes muito finos e longos com capacidade contrátil (TIDBALL; DANIEL, 1986; SILVA; CARVALHO, 2007).

O *Pectoralis major* é o músculo de maior volume do corpo da ave, conseqüentemente, a porção que representa a maior quantidade de carne. O peito e as pernas constituem cerca de 53% do peso da carcaça limpa e concorrem com cerca de 80 a 90% de seu preço (SILVA; ALBINO; NASCIMENTO, 2003).

Anatomicamente o músculo *Pectoralis* localiza-se dorsalmente ao rádio e seu curto tendão passa subcutâneamente sobre a superfície crânio dorsal da articulação do carpo e termina na extremidade proximal do osso metacárpico, tendo sua origem na quilha do esterno e clavícula conforme demonstrado na Figura 1 (DYCE; WENSING, 2010). Este músculo é dividido em três porções: torácica, de maior massa muscular; proptagial, associada com o tensor proptagial; e abdominal representada como um feixe muscular cutâneo composto de dois feixes musculares: Subcutâneo torácico e abdominal (VANDEN BERGE, 1975).

Figura 1 - Localização anatômica do músculo *Pectoralis major* (1). *Supracoracoideus* (2), úmero (3), Esterno (4) e Clavícula (5).



Fonte: Dyce e Wensing, (2010)

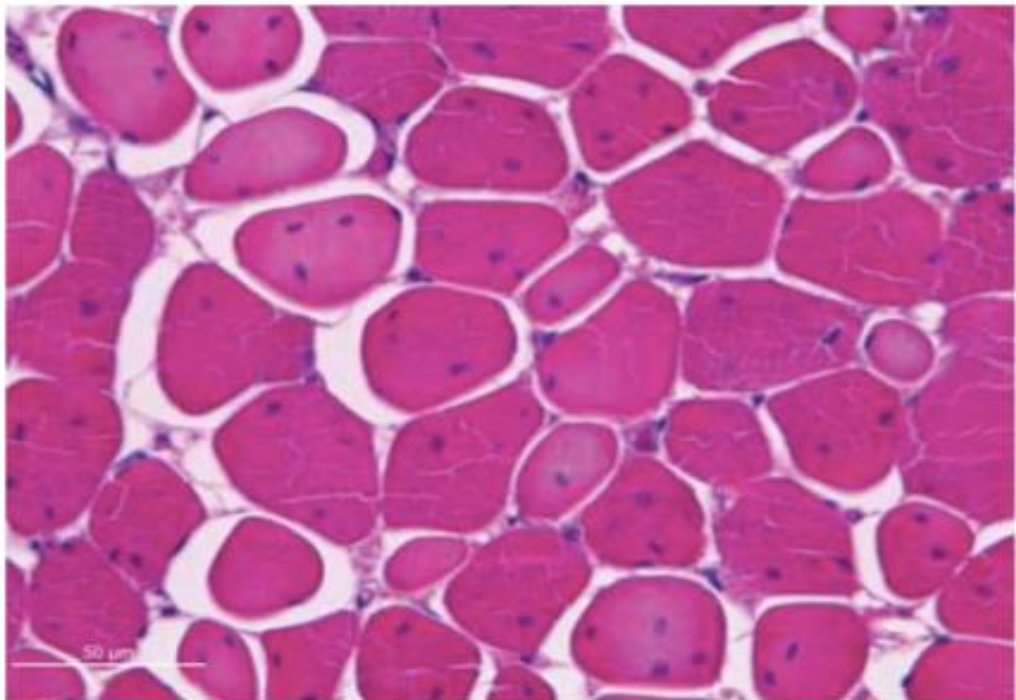
O músculo *Pectoralis major* é o maior componente responsável pela força do movimento de descida e, da potência do movimento rítmico do bater de asas (DYCE e WENSING, 2010), caracterizando-o como um músculo de contração rápida.

Como grande parte dos músculos esqueléticos o músculo peitoral maduro da ave contém as proteínas contráteis miosina, actina e as suas proteínas associadas. As proteínas encontram-se arranjadas de tal modo que confere ao músculo uma aparência estriada (SCHIAFFINO e REGGIANI, 1996).

### 2.3 Histologia do tecido muscular

A fibra muscular esquelética possui entre um (1) e 40 mm de comprimento e varia de 10 a 100  $\mu\text{m}$  de diâmetro. São células multinucleadas e estriadas, sendo os núcleos localizados na periferia da célula conforme Figura 2 (BANKS, 1992).

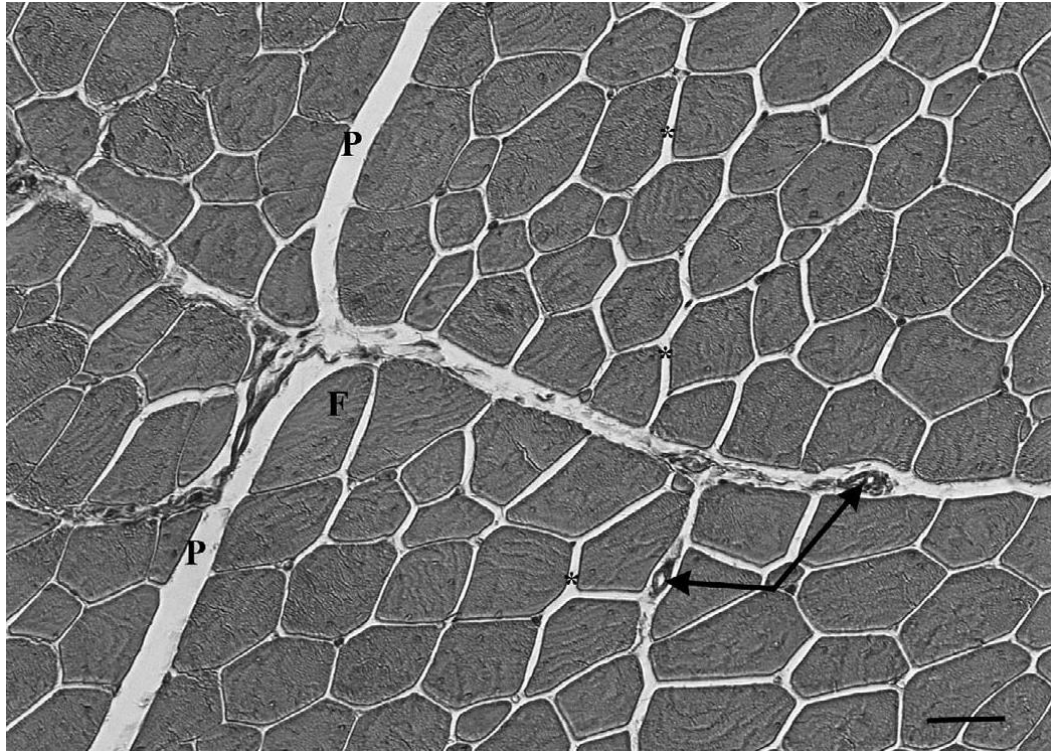
Figura 2 - Fotomicrografia do músculo *Pectoralis major* de um frango de corte com 21 dias de idade. Observa-se os núcleos periféricos. HE. Obj. 40x.



Fonte: Quadros (2012)

Cada fibra muscular é separada por uma camada de tecido conjuntivo denominada o endomísio, e os feixes de fibras musculares são separados pela camada de tecido conjuntivo perimisial conforme Figura 3.

Figura 3 - Imagem representativa do músculo peitoral de peru evidenciando a estrutura muscular com miofibras bem definidas (F), perimímio (P) e endomísio (\*). Setas evidenciam os capilares. Escala: 100 µm.



Fonte: Velleman (2015)

Com relação ao metabolismo das fibras, nas aves são identificadas três tipos de fibras musculares, sendo estas classificadas de acordo com as suas características metabólicas e contráteis em: tipo I - contração lenta e oxidativa, "slow twitch oxydative" (SO), tipo IIA - contração rápida e oxidativa, "fast twitch oxydative glycolytic" (FOG), e tipo IIB - contração rápida e glicolítica, "fast twitch glycolytic" (FG) (PETER *et al.*, 1972; BANKS, 1992).

O músculo peitoral em poedeiras e frangos de corte, são de cor branca e tem predominantemente fibras tipo IIB e tipo IIA. Ou seja, fibras com contração rápida, baixa densidade de capilares e poucas mitocôndrias (MACARI *et al.*, 1994). Entretanto Remignon *et al.* (1994), estudando frangos de corte machos de diferentes idades e pesos vivos, concluíram que o músculo *Pectoralis major* é inteiramente composto por fibras glicolíticas do tipo IIB, corroborando com Rosser *et al.* (1996), que ao comparar várias espécies de aves concluiu que, apenas os galináceos e o avestruz, apresentam o músculo *Pectoralis* consistindo somente de fibras glicolíticas de contração rápida (ou seja, fibras do tipo IIB). Já as outras espécies apresentavam no *Pectoralis*, fibras predominantemente oxidativo-glicolíticas de contração

rápida (tipo IIA), por tratarem-se de aves migratórias que necessitam de contração rápida por longo período de tempo.

## 2.4 Alterações no músculo *Pectoralis major*

Apesar de características positivas terem aumentado, como a taxa de crescimento, conversão alimentar e da quantidade de musculatura, em razão dos programas de seleção para frangos de corte, a qualidade da carne sofreu alterações. Em perus e frangos de corte, o aperfeiçoamento da *performance* produtiva tem desencadeado alguns efeitos negativos na miologia e tecido ósseo destes animais (DRANSFIELD; SOSNICKI, 1999). A seleção para o crescimento da massa muscular peitoral tem sido realizada através da hipertrofia das fibras musculares, resultando em aumento do diâmetro das fibras, redução do espaço disponível para o tecido conjuntivo e aumento na degeneração muscular. Estas alterações morfológicas limitam o suporte sanguíneo, conseqüentemente alterando a qualidade da carne (VELLEMAN, 2015).

A diminuição do fluxo sanguíneo compromete o fornecimento de nutrientes e a remoção dos metabólicos que são produzidos pelas fibras musculares. A falta de remoção destes metabólicos ocasiona distúrbios iônicos, e em conseqüência a essas situações, surgem miopatias e necroses (SOSNICK, 1993) sendo que os músculos da região do peito são os mais susceptíveis a apresentarem alterações histopatológicas (SOIKE; BERGMANN, 1998). O dano associado a uma maior taxa de crescimento, também pode ocasionar uma regulação defeituosa de minerais, ocasionando um aumento nos níveis de sódio, potássio, magnésio, e cálcio no tecido muscular (SANDERCOCK *et al.*, 2009).

Apesar da ausência de lesões graves, peitos normais geralmente são afetados por alterações musculares leves (degeneração muscular e infiltração de gordura), o que indica que lesões musculares são comuns em frangos de corte (RUSSO *et al.*, 2015). Dentre as principais alterações musculares, destacam-se as miopatias peitorais *wooden breast* e *white striping*.

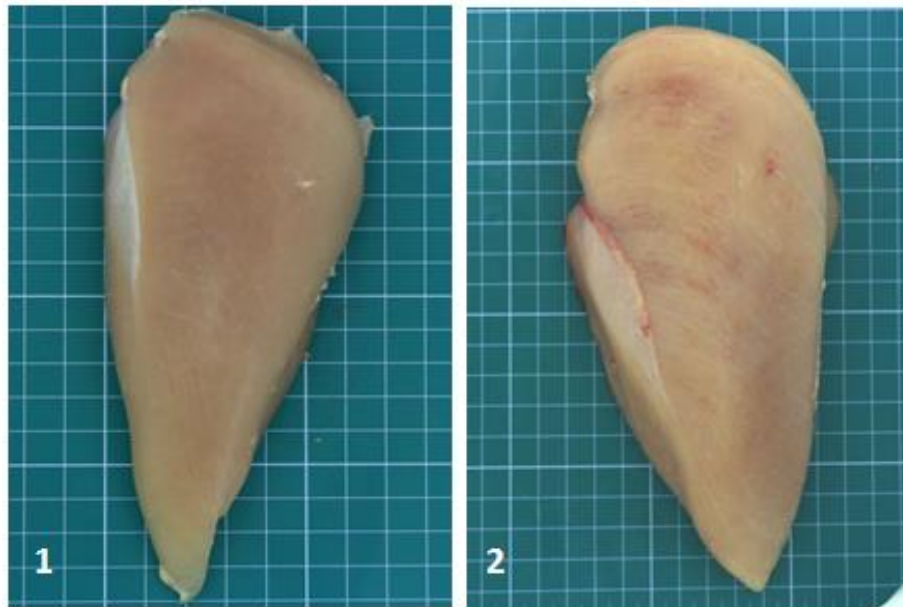
### 2.4.1 *Wooden Breast (WB)*

A ocorrência de uma nova desordem muscular denominada *wooden breast* (WB) tem sido evidenciada em frangos de corte das linhagens pesadas. Essa miopatia é caracterizada por apresentar o músculo do peito enrijecido e pálido, podendo em alguns casos ser recoberto por líquido viscoso (Figura 4) e em casos mais severos, é observada a presença concomitante de



lesões da miopatia *white striping*. A etiologia e os fatores que causam o aumento desta miopatia no músculo peitoral não foram identificadas, sendo descrita predominantemente em linhagens de crescimento rápido (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2013). Clinicamente, a presença da miopatia pode ser detectada por palpação do músculo do peito de aves vivas a partir de 3 semanas de idade, sendo mais evidenciado em aves com maior peso inicial e final (MUTRYN *et al.*, 2015), não sendo relatado a presença de lesões macroscópicas nos órgãos dos animais acometidos com a miopatia (KAWASAKI *et al.*, 2016).

Figura 4 – *Pectoralis major* de frango de corte macroscopicamente normal (1). Músculo com a presença da miopatia *wooden breast* (2).



Fonte: o próprio autor

O grau de miodegeneração que acomete os peitos com a miopatia referida refletem em uma ampla modificação da composição química e uma deficiência notável na capacidade de processamento da carne. A carne com a presença de WB apresenta propriedades tecnológicas inferiores, tais como capacidade de retenção de água reduzida além de alterações na textura (MAZZONI *et al.*, 2015). Essas modificações alteram não apenas o processamento mas a qualidade final da carne (MUDALAL *et al.*, 2014). Segundo os autores, o fator principal na redução da qualidade da carne é a diminuição da capacidade de retenção de água o que pode estar associada a dureza encontrada nos cortes com esta miopatia.

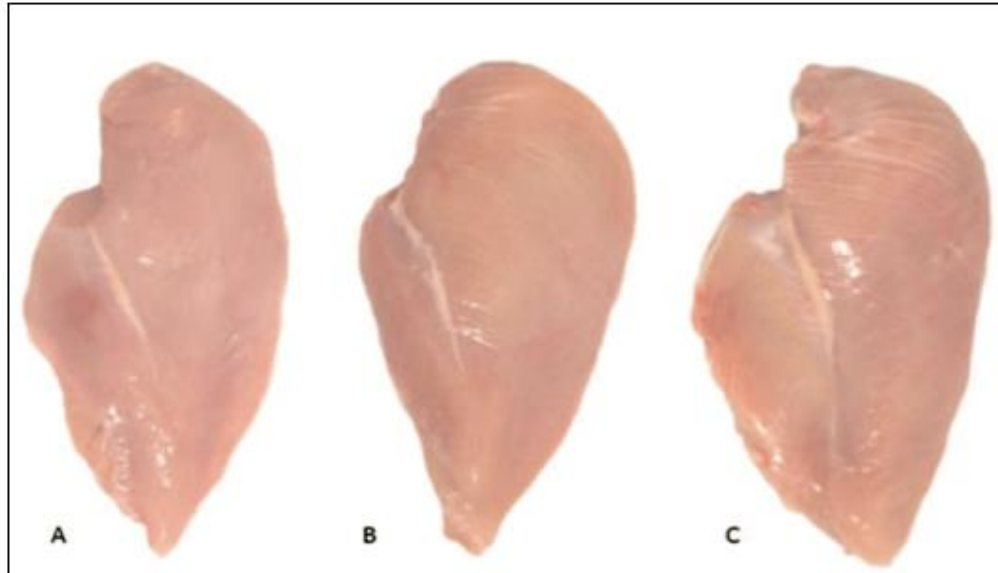
Há indícios de maior expressão gênica à hipóxia e ao estresse oxidativo em aves acometidas, porém não está claro se é primária ou secundária a doença (MUTRYN *et al.*, 2015).

Mudalal *et al.*, (2014) observaram que os peitos com a presença de *wooden breast* geralmente apresentam maior peso e espessura, evidenciando que as aves de mesmo lote com maior desenvolvimento do músculo do peito são mais propensas a alterações. Dessa maneira, pode-se observar que a presença da miopatia possui relação positiva com o peso do peito das aves.

#### 2.4.2 *White Striping (WS)*

Outra desordem muscular com ocorrência no músculo peitoral de frangos de corte é caracterizada pela presença de estrias esbranquiçadas na superfície do músculo as quais seguem a direção da fibra muscular (BAUERMEISTER *et al.*, 2009; KUTTAPPAN *et al.*, 2009), com maior ocorrência na região mais espessa do corte (KUTTAPPAN *et al.*, 2013a). Esta miopatia pode ser classificada de acordo com o grau de estriações presentes no músculo peitoral, conforme demonstrado na figura 5. De acordo com esta classificação o peito normal, não apresenta estriações aparentes; moderado, estriações visíveis no músculo e inferiores a um (1) mm de espessura; e severo, com estriações superiores a um (1) mm e facilmente observadas na superfície do músculo (KUTTAPPAN *et al.*, 2009). Esta desordem muscular não prejudica apenas a aparência do produto, mas também as propriedades tecnológicas como capacidade de retenção de água, textura e perda por cocção (PETRACCI *et al.*, 2013).

Figura 5 - Classificação da miopatia *white striping* no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte. A) normal (NORM); B) moderado (MOD), e C) severo (SEV).



Fonte: Kuttappan *et al.*, (2012a)

Conforme Kuttappan *et al.* (2012b) a ocorrência de *white striping* (WS) está relacionada com maiores taxas de crescimento. Também tem sido demonstrado que machos possuem maior incidência desta miopatia, o que pode ser explicado pelo maior peso corporal destes animais. (KUTTAPPAN *et al.*, 2009). O aumento da gravidade das lesões de WS em animais mais pesados pode estar relacionado tanto à sua maior massa muscular, ou a idade mais avançada ao abate (RUSSO *et al.*, 2015).

Além da associação com o peso, outros fatores foram estudados como a deficiência de vitamina E. Contudo as tentativas para reduzir WS com a suplementação de vitamina E, não obtiveram resultados bem sucedidos (GUETCHOM *et al.*, 2012; KUTTAPPAN *et al.*, 2013a), sugerindo que essa miopatia não está associada com a distrofia muscular nutricional como resultado de deficiência de vitamina E.

#### 2.4.3 Impacto econômico das miopatias WB e WS

Na Itália, em frangos de corte criados sob condições comerciais, Petracci *et al.* (2013), observaram a incidência de 12% de peitos acometidos por WS, sendo 8,9% de grau moderado e 3,1% acometidos pelo grau severo. No Brasil, Ferreira *et al.* (2014), encontraram resultados

semelhantes ao avaliarem um total de 2512 carcaças sendo 7,38% classificadas como grau moderado de WS e 2,46% classificadas como grau severo de WS. Esta miopatia compromete economicamente o setor avícola, visto que Kuttappan *et al.* (2012a), relataram que 50% dos consumidores consultados não comprariam a carne que apresentasse estrias de graus moderado ou severo, avaliando as estriações como um atributo negativo resultando em menor aceitabilidade do produto e possivelmente rejeição.

Com relação a miopatia WB, a prevalência desta desordem muscular aumentou drasticamente na Finlândia nos últimos 3 anos, e uma tendência semelhante também pode ser visto em vários outros países (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2013). Em rebanhos comerciais nos Estados Unidos a taxa de incidência desta miopatia foi de 50% (Owens, 2014). Mutryn, (2015) analisou a ocorrência desta miopatia em frangos de corte comerciais, machos, aleatoriamente amostrados a partir de sete grupos diferentes lotes da região de Delmarva nos Estados Unidos. Os peitos foram analisados através de uma avaliação subjetiva da dureza muscular, sendo classificados em 3 escores: 1) músculo *Pectoralis major* duro, moderado a gravemente afetado, observação de lesões macroscópicas em todos os casos, coloração pálida; 2) músculo *Pectoralis major* normal, sem dureza detectável, flexível, de aparência normal; 3) músculo *Pectoralis major* macio e extremamente flexível. Através desta avaliação, foi evidenciado que 9,1% das aves avaliadas foram classificadas com o escore 1, apresentando dureza e lesões macroscópicas, 81,5% das aves foram consideradas com escore 2 (normais) e 9,4% aves apresentaram escore 3 (músculo macio e flexível).

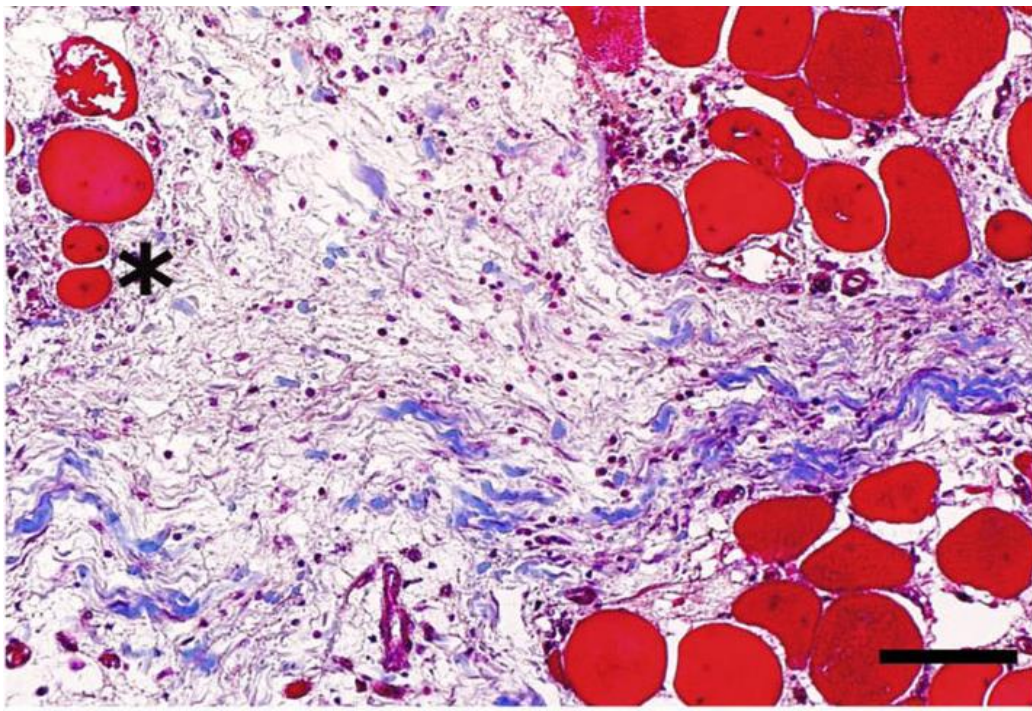
Devido ao defeito visual e a diferença na dureza, o corte que apresenta a miopatia WB é geralmente rejeitado pelo consumidor (QIN, 2013), pois a aparência visual é o principal atributo para avaliar a qualidade de um produto de carne pela consumidor (SMITH *et al.*, 2000).

## **2.5 Alterações histopatológicas na miopatia *wooden breast***

Microscopicamente o músculo com a miopatia WB é caracterizado por degeneração muscular, com áreas de necrose e mioregeneração (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2013). A presença de regeneração também foi encontrada por Trocino *et al.* (2015) sendo confirmada histologicamente pela variação no tamanho das fibras (Figura 6) sendo que as fibras não possuem um padrão claramente discernível para a distribuição de diâmetros nos animais afetados (KAWASAKI *et al.*, 2016).

Mutryn *et al.*, (2015) objetivando caracterizar a miopatia WB através de expressão gênica, verificaram que muitos genes envolvidos na reparação celular foram expressos nos peitos de frangos acometidos com WB e que provavelmente estejam relacionados com um esforço para compensar os danos musculares ocasionados por esta miopatia.

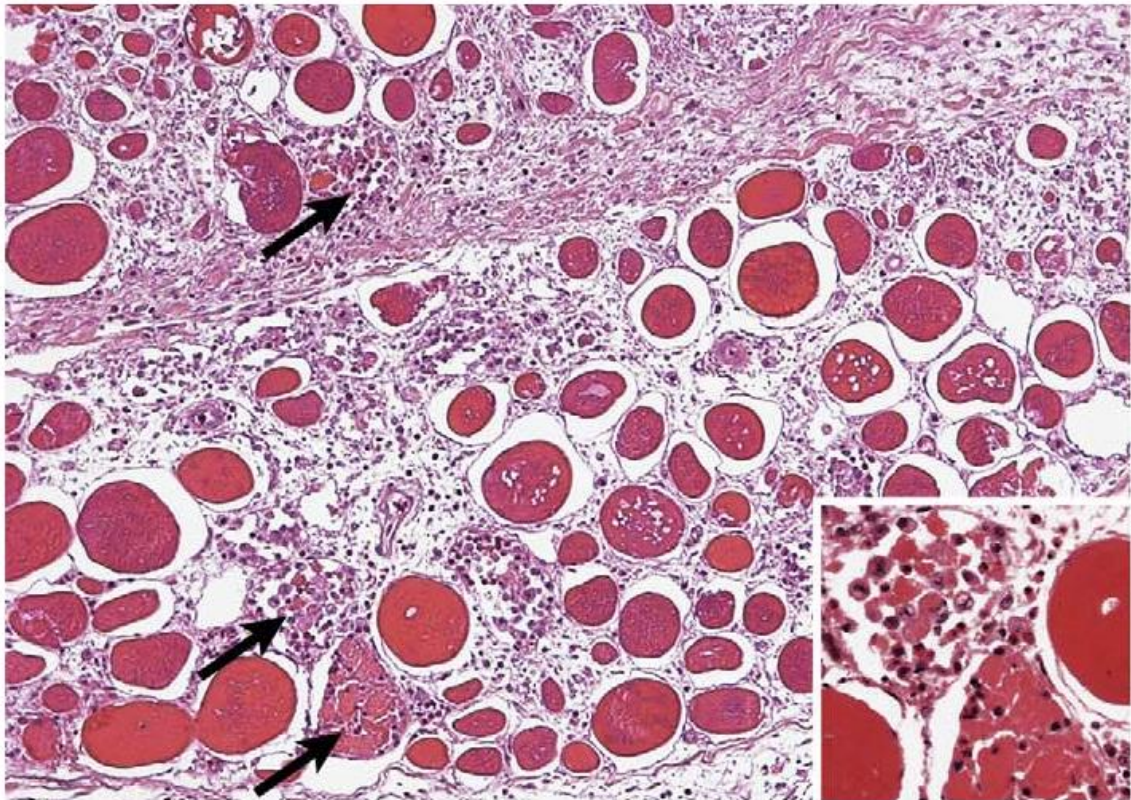
Figura 6 - Fotomicrografia do músculo peitoral de frangos de corte com a presença de WB. A variabilidade no tamanho das fibras indica a presença de um processo de regeneração (asterisco). Tricômero de Masson. Escala: 40  $\mu$ m.



Fonte: Trocino *et al.*, (2015)

As áreas de necrose podem ser histologicamente caracterizadas pela presença de fibras hipereosinofílicas com perda de estriação, a presença de fibras degeneradas e infiltrado de células inflamatórias conforme demonstrado na Figura 7 (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2013). Uma vez que uma alta proporção de fibras musculares necróticas existe na miopatia WB, a ativação de mecanismos para reparar as fibras musculares danificadas estimula tanto a proliferação quanto a diferenciação de células satélites. Apesar da ativação de mecanismos de reparação celular mediada pelas células satélites, a regeneração da fibra muscular resulta em fibras musculares que são significativamente menores em diâmetro do que as fibras musculares não afetadas. (VELLEMAN, 2015).

Figura 7 - Fotomicrografia do músculo *Pectoralis major* de frango de corte acometido com WB. Evidenciação de fibras musculares degeneradas (setas) e infiltrado de células inflamatórias, principalmente macrófagos e heterófilos. Detalhe: Heterófilos e macrófagos. Hematoxilina e Eosina.



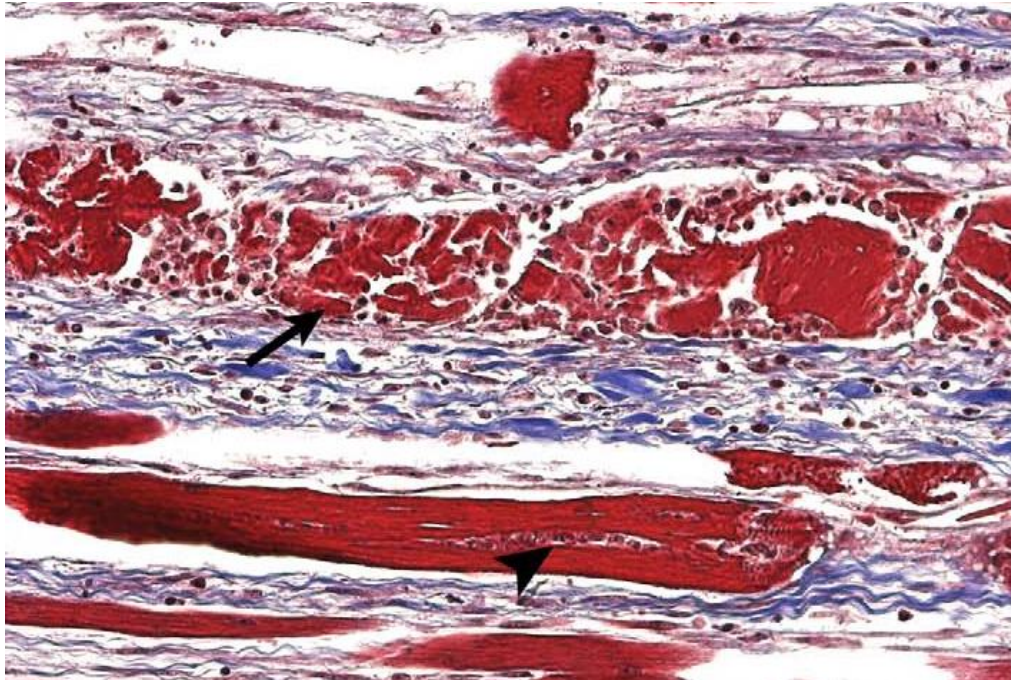
Fonte: Sihvo; Immonen; Puolanne, (2013)

Mazzoni *et al.* (2015), avaliando a influência dos graus de miodegeneração das fibras na qualidade da carne observaram que os peitos com maiores graus de degeneração apresentaram maior teor de lipídio bem como menor teor de cinzas em comparação com os mais leves e moderados, sendo que o conteúdo de colágeno não foi modificado pelos níveis de lesão histológica. Segundo Soglia *et al.*, (2015) a miodegeneração muscular presente nas fibras do músculo peitoral com esta miopatia pode ser um efeito indireto na diminuição do teor de proteína na carne. Desta forma, o corte com esta miopatia apresenta menor valor nutricional com aumento no teor de lipídeos e diminuição no teor proteico.

No músculo com esta miopatia a proporção de tecido muscular e tecido conjuntivo também sofreu alterações. Gross *et al.* (2016) observaram a diminuição de tecido muscular ocorrendo possivelmente a substituição deste por tecido conjuntivo, o mesmo descrito por

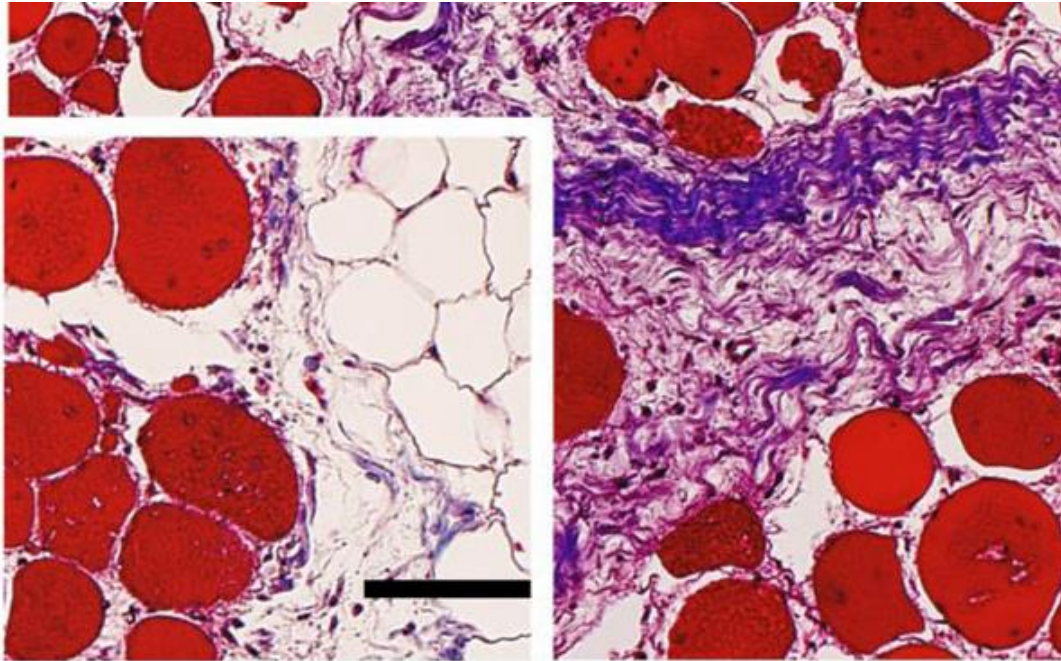
Sihvo, Immonen e Puolanne, (2013) (Figura 8). Essa substituição poderia justificar o endurecimento característico encontrado nos peitos com WB. De acordo com a literatura, também é evidenciado a substituição de tecido muscular por tecido adiposo (Figura 9) (Trocino *et al.*, 2015).

Figura 8 - Fotomicrografia do músculo *Pectoralis major* de frangos de corte acometido com WB. Uma fibra muscular degenerativa (seta) é rodeada por tecido conjuntivo frouxo ou rico em colágeno (azul). Uma fibra fina regenerativa apresenta vários núcleos centrais (seta). Tricômero de Masson.



Fonte: Sihvo, Immonen e Puolanne (2013)

Figura 9 - Fotomicrografia do músculo peitoral de frangos de corte acometidos com WB. Detalhe evidencia a substituição de tecido muscular por tecido adiposo. Tricômero de Masson. Escala: 40 µm.



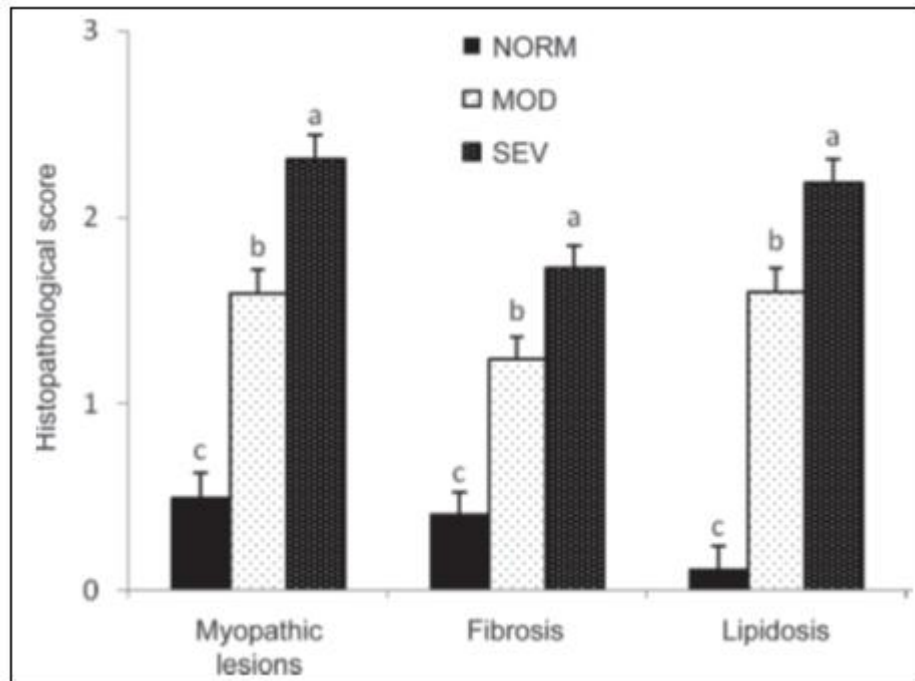
Fonte: Trocino *et al.*, (2015)

## 2.6 Alterações histopatológicas na miopatia *white striping*

Histologicamente, o músculo com a presença desta desordem apresenta características que diferem entre os graus. De acordo com Kuttapan *et al.* (2013b), ao analisar os escores histopatológicos de WS, observou que à medida que o grau desta miopatia aumenta, há um aumento significativo ( $P < 0,05$ ) na ocorrência de lesões, juntamente com fibrose e lipidose (Figura 10). Desta forma, pode ser evidenciado que graus severos de WS são caracterizados histopatologicamente por serem uma lesão crônica, apesar de não haver infecção sistêmica ou inflamatória associada ao grau severo de *white striping*. (Kuttapan *et al.*, 2013c).



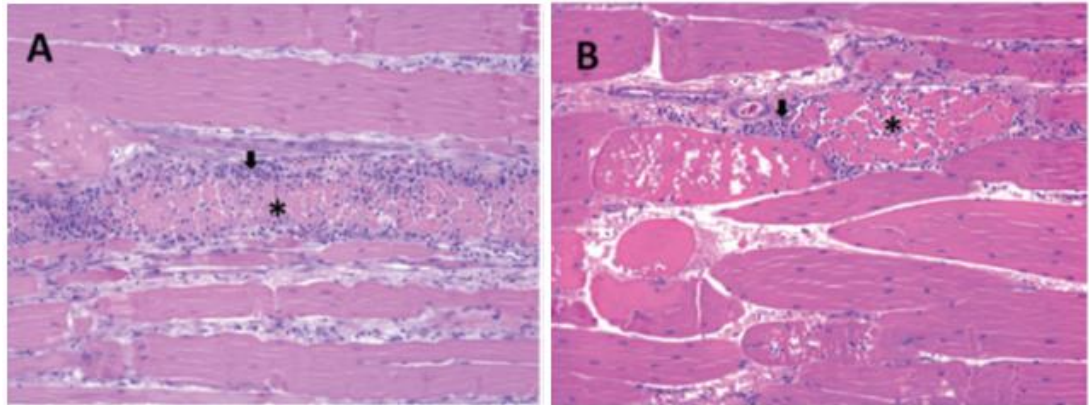
Figura 10 - Influência dos escores histopatológicos nas lesões da miopatia, fibrose e lipidose em peitos de diferentes graus de WS (n = 20). NORM = normal (sem estriações); MOD = grau moderado; SEV = grau severo. Letras diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).



Fonte: Kuttapan *et al.*, (2013)

Ferreira *et al.*, (2014) ao analisarem histopatologicamente os graus moderados e severos da miopatia WS, observaram um processo de degeneração, com necrose flocular e hialina (difusa e acentuada) das fibras musculares (Figura 11).

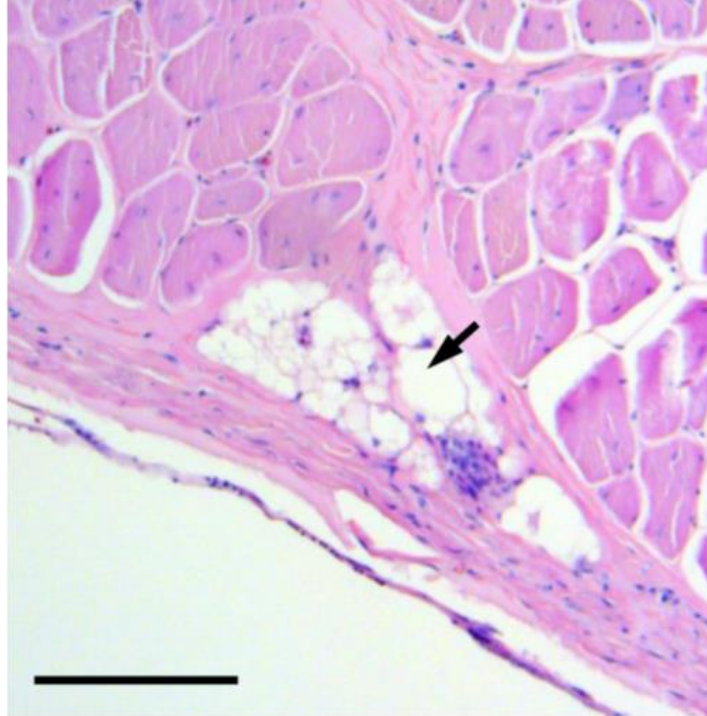
Figura 11 – Fotomicrografia do músculo *Pectoralis major* de frango de corte acometido com WS. A) Grau severo com necrose grave da fibra muscular (asterisco). B) Grau moderado necrose moderada e multifocal da fibra muscular. (asterisco). Em ambos os graus severo (A) e moderado (B) há presença de infiltração de macrófagos e poucos heterófilos (seta).



Fonte: Ferreira *et al.*, (2014)

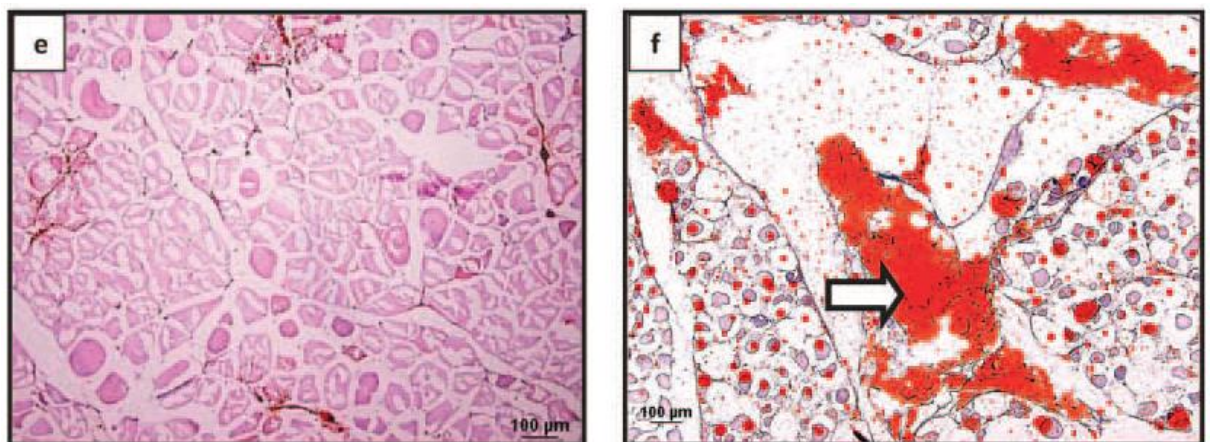
A análise histológica e química do músculo do peito com a presença de WS mostrou que as estriações brancas são compostas de tecido adiposo (Figura 12) (RICHARD *et al.*, 2015). Resultados semelhantes foram encontrados por Kuttapan *et al.* (2013b) que observaram uma elevação no teor de gordura, com uma diminuição no conteúdo de proteína conforme o aumento do grau da miopatia nos peitos (Figura 13).

Figura 12 - Fotomicrografia de peito afetado por WS.  
A estriação branca é composta de tecido adiposo (seta). Escala: 100  $\mu$ m.



Fonte: Richard *et al.*, (2015)

Figura 13 – Fotomicrografia do músculo *Pectoralis major* de frango de corte normal (e) e com o grau severo da miopatia white striping (f). Seta evidencia a proliferação de tecido adiposo. Hematoxilina e eosian (e) Oil Red O (f).



Fonte: Kuttapan *et al.*, (2013b)

Nos músculos com a miopatia WS, foi descrito recentemente a presença de agregado de linfócitos na região perivascular. Este achado histológico foi reportado nos peitos com *Wooden breast* (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2013) sugerindo-se desta forma uma patogênese em comum para ambas as miopatias (ROSSI *et al.*, 2015).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento e aplicação de programas de melhoramento genético, nutricionais e de manejo tem ocasionado a melhoria do rendimento das carcaças de frangos de corte atuais. Juntamente com estas mudanças, a aceleração do crescimento e aumento do peso, principalmente em relação ao músculo peitoral, tem ocasionado alterações musculares. Dentro destas alterações as miopatias WB e WS tem sido evidenciadas em escala mundial.

Pode ser observado que a presença das miopatias causa mudanças na integridade da fibra muscular com alterações morfológicas. As miopatias estudadas possuem lesões histopatológicas semelhantes como degeneração e necrose, além de proliferação de tecido conjuntivo e aumento do tecido adiposo. Visto que a qualidade da carne é largamente influenciada pelas mudanças na morfologia e composição das fibras musculares, o peito que apresenta estas miopatias tem perdas na qualidade final.

É necessário o estudo da etiologia responsável por estas alterações teciduais, que podem ser multifatoriais e ser influenciada por fatores genéticos, nutricionais, ambientais, de manejo, gestão, ou fisiológicos.

Tendo em vista a crescente ocorrência evidenciada na indústria avícola de defeitos musculares, são necessários novos trabalhos visando analisar os fatores envolvidos na formação destas condições, além de possíveis associações entre as miopatias.

## REFERÊNCIAS

- ARRUDA, J. N. T. **Desempenho produtivo, rendimento de carcaça e bem-estar animal em frangos de corte de diferentes linhagens e densidades de alojamento**. 87 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013.
- BANKS, W. J. Tecido muscular. *In:* \_\_\_\_\_. **Histologia veterinária aplicada**. 2.ed. São Paulo: Manole, 1992. p.215-236.
- BARBUT S. *et al.* Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. **Meat Science**, Oxford, v.79, n. 1, p. 46-63, May 2008.
- BAUERMEISTER, L. J. *et al.* Occurrence of white striping in chicken breast fillets in relation to broiler size. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, n. 33, 2009. (Suppl.1). Abstract.
- CAMPOS, E. J; PEREIRA, J. C. C. Melhoria genética das aves. *In:* PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1999. cap. 17, p. 284-314.
- CAVANI C., *et al.* Advances in research on poultry and rabbit meat quality. **Animal Science**, v. 8, p. 741–750, 2009.
- DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. Relationship between muscle growth and poultry quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 5, p. 743-746, May, 1999.
- DYCE K. M., SACK W. O.; WENSING C. J. G. Tratado de anatomia veterinária. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- FERREIRA, T. Z. *et al.* An investigation of a reported case of white striping in broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 4, p. 748-753, 2014.
- GONZALES, E.; SARTORI, J. R. Crescimento e metabolismo muscular. *In:* MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Ed.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.
- GROSS, L. *et al.* Morphometric changes in the breast muscle of broilers with the wooden breast condition. *In:* **2016 INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC FORUM**, 2016, Atlanta. **Abstracts**. Atlanta: Southern Poultry Science Society, 2016. p. 13, M41.
- GUETCHOM B. *et al.* Effect of extra dietary vitamin E on preventing nutritional myopathy in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, p. 548-555, 2012.
- HAVENSTEIN, G. B., *et al.* Growth, livability and feed conversion of 1991 vs 1957 broilers when fed “typical” 1957 and 1991 broiler diets. **Poultry Science**, v. 73, p. 1785–1794, 1994.
- KAWASAKI, T.; YOSHIDA, T.; WATANABE, T. Simple method for screening the affected birds with remarkably hardened pectoralis major muscles among broiler chickens. **The Journal of Poultry Science**, Ibaraki, May, 2016.

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

KUTTAPPAN, V. A. *et al.* Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. **Poultry Science**, v. 91, 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**, Champaign, v. 91, n. 10, p. 2677-2685, Oct. 2012b.

KUTTAPPAN, V.A. *et al.* Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, n. 3, p. 811-819, Mar, 2013a.

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

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**, Champaign, v. 92, n. 2, p. 339-345, Feb, 2013c.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 296

MACRAE, V. E. *et al.* A comparison of breast muscle characteristics in three broiler great-grandparent lines. **Poultry Science**, Champaign, v.86, n. 2, p. 382-385, Feb, 2007.

MARCATO, M. S. **Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte**. 2007. 207 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – FACULDADE, Universidade estadual paulista “Júlio de mesquita filho”, Jaboticabal, 2007.

MARTINS E. N. Perspectivas do melhoramento genético de codornas no Brasil. **Anais do IV Simpósio Nacional de Melhoramento Animal**, 2002.

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

MICHELAN FILHO, T.; SOUZA, E. M. Formação e características das linhagens atuais de frango. *In*: Conferência apinco de ciência e tecnologia avícolas, 2001 Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2001, v.2, p.24-31.

MUDALAL, S. *et al.* Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. **Animal**, Bologna, v. 9, n. 4, p. 728-34, Octob, 2014.

MUTRYN, M. F. *et al.* Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. **BMC Genomics**, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2015.

PETER, J. B. *et al.* Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in Guinea pig and rabbits. **Biochemistry**, Washington, v.11, n.14, p.2627-2633, July, 1972.

PETRACCI, M. *et al.* Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, n. 6, p. 1670-1675, June, 2013.

QIN, N. **The utilization of poultry breast muscle of different quality classes.** 2013. 73 f. Thesis (Master Thesis in Food Sciences). Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, 2013.

QUADROS, T.C.O. **Rendimento, qualidade, morfometria do músculo peitoral (Pectoralis major) e desempenho de frangos de corte em resposta às dietas formuladas com diferentes níveis de lisina digestível.** 92p. Dissertação (mestrado) –Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

RANDAL W. R., WILSON B. W., Properties of muscle from chickens with inherited muscular dystrophy. **Journal of the Neurological Sciences**, Amsterdam, V. 46, n. 2, p. 145-155, May 1980.

REMIGNON, H. *et al.* Effects of divergent selection for body weight on three skeletal muscle characteristics in the chicken. **British Poultry Science**, v. 35, p.65-67, 1994.

RICHARD A. *et al.* The genetic basis of Pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. **Poultry Science**, local, p. 1–10, 2015.

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

SANDERCOCK, D. A., *et al.* Changes in muscle cell cation regulation and meat quality traits are associated with genetic selection for high body weight and meat yield in broiler chickens. **Genetics Selection Evolution**, v. 41, n. 8, 2009.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. **Physiological reviews**, v. 76, n. 2, p. 371-423, 1996.

SIHVO, H.K., IMMONEN, K., PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the Pectoralis major muscle of broilers. **Veterinary Pathology Online**, Disponível em 2013 <<http://vet.sagepub.com/content/early/2013/07/26/0300985813497488>>

SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; NASCIMENTO, A.H. Estimativas da composição anatômica da carcaça de frangos de corte com base no nível de proteína da ração e peso da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.344-352, 2003.

SILVA M. D. P., CARVALHO R. F. Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.21-31, 2007.

STRINGHINI J. H., *et al.* Avaliação do Desempenho e Rendimento de Carcaça de Quatro Linhagens de Frangos de Corte Criadas em Goiás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.183-190, 2003.



SOGLIA, F. *et al.* Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry science**, p. pev353, 2015.

SOIKE, D.; BERGMANN, V. Comparison of skeletal muscle characteristics in chicken breed for meat or egg production. I. Histological and electron microscope production. **Journal of Veterinary Medicine**, Berlim, v. 45, n. 3, p. 161-167, April, 1998.

SMITH G. C. *et al.* Economic implications of improved color stability in beef. In: Decker EA, Faustman C, Lopez-Bote CJ, editors. **Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality**. John Wiley & Sons, Inc; NY, USA. pp. 397–426, 2000.

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

TIDBALL J. G., DANIEL T. L. Myotendinous junctions of tonic muscle cells: structure and loading. **Cell and Tissue Research**. 245:315-322, 1986.

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** 00:1-9. 2015.

UBABEF – União Brasileira de Avicultura. Relatório Anual 2015. Disponível em: <[http://www.abef.com.br/ubabef/publicacoes\\_relatoriosanuais.php](http://www.abef.com.br/ubabef/publicacoes_relatoriosanuais.php)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

VALCESCHINI E. **Poultry Meat Trends and Consumer Attitudes**; Proceedings of the XII European Poultry Conference [CD-ROMs]; Verona, Italy. September 2006.

VANDEN BERGE, J.C. Miology. In: Getty, R. (Ed.). **The anatomy of the domestic animals**. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Saunders, 1975, v.2, cap. 61, p. 1802-1848.

VELLEMAN S. G., Relationship of Skeletal Muscle Development and Growth to Breast Muscle Myopathies: A Review. **Avian diseases**, 59:525–531, 2015.

VIEIRA *et al.* Respostas de frangos de corte fêmeas de duas linhagens a dietas com diferentes perfis protéicos ideais. **Ciência Rural**, v.37, n.6, Santa Maria, p.1753-1759, nov-dez, 2007.