

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**MORFOLOGIA DAS FIBRAS MUSCULARES
ESQUELÉTICAS DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS
NOS SISTEMAS CONFINADO E SEMI-CONFINADO**

LUCIENE APARECIDA MADEIRA

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia,
como parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre.

Botucatu, SP.
Janeiro de 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**MORFOLOGIA DAS FIBRAS MUSCULARES
ESQUELÉTICAS DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS
NOS SISTEMAS CONFINADO E SEMI-CONFINADO**

LUCIENE APARECIDA MADEIRA
Zootecnista

Orientador: Prof. Ass. Dr. JOSÉ ROBERTO SARTORI

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia,
como parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre.

Botucatu, SP.
Janeiro de 2005

Dedico

Aos meus pais Lúcia "In memorian" e Ernesto pelo amor, incentivo,
apoio, força.

Ao meu esposo Fábio que sempre me apoiou com seu amor, paciência e
confiança.

A minha amiga e companheira Janaina e aos seus pais Nelson e Irene
pela força e consideração.

Agradeço

Ao Prof. Dr. José Roberto Sartori pelo apoio, confiança, auxílio e orientação.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, Campus de Botucatu, SP, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho.

A Profa. Dra. Maeli Dal Pai Silva pelo auxílio na realização da confecção e análise das lâminas e pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Às Pesquisadoras Érika Salgado P. B. Saldanha e Carla Cachoni Pizzolante pela amizade e pelo auxílio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ariel Antonio Mendes pelo apoio na realização deste trabalho.

A aluna da Pós-graduação Sabrina Endo Takahashi por ceder dados e amostras utilizados neste trabalho.

Aos Profs. Vicente J. M. Savino e Antonio A. D. Coelho do Departamento de Genética da ESALQ/USP pelo fornecimento dos ovos da linhagem Caipirinha.

Aos técnicos e amigos Sueli Cruz Michelin e Jarbas do Amaral pela ajuda e paciência durante o tempo em que trabalhei no laboratório de morfologia.

Aos professores dos Departamentos de Nutrição e Melhoramento Animal e Produção e Exploração Animal .

Aos amigos da Pós-Graduação, em especial William Narváez, Daniela Felipe Pinheiro, Valquíria Cação da Cruz, Jane Cristina Gonçalves, Adriana Piccinin pela amizade, incentivo, convívio e colaboração neste trabalho.

Aos estagiários e as alunas de graduação Kelen Cristiane Zavarize e Vanessa Cristina Pelícia pela amizade e colaboração na realização deste trabalho.

Ao secretário do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Dino Potiens, e ao Sr. Arlindo Braga, funcionário do laboratório de nutrição de Aves, pela colaboração e convívio.

Às secretárias da Pós-Graduação Seila Cristina Cassinelli Vieira e Carmem Silva de Oliveira Pólo pela colaboração.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que me auxiliaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I. Considerações iniciais	01
1. CRIAÇÃO ALTERNATIVA	02
2. MÚSCULO ESQUELÉTICO.....	04
2.1. Linhagem e Sexo.....	07
2.2. Exercício.....	12
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
 CAPÍTULO II. Morfologia das fibras musculares esqueléticas de frangos de corte criados nos sistemas confinado e semi-confinado.....	 21
RESUMO	22
ABSTRACT	23
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47
 CAPÍTULO III. Implicações.....	 54

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Composição percentual e valores calculados das rações.....	28
Tabela 2. Valores médios (gramas) de peso vivo, carcaça, pernas, carne de pernas e músculo flexor longo do hálux de frangos de corte aos 56 dias de idade, segundo a linhagem, o sexo e o sistema de criação.....	32
Tabela 3. Desdobramento da interação entre sexo e linhagem para peso vivo, peso de carcaça, peso de pernas e carne de pernas para frangos de corte aos 56 dias de idade.....	34
Tabela 4. Desdobramento da interação entre sexo e sistema de criação para peso de carne de pernas de frangos de corte aos 56 dias de idade.....	36
Tabela 5. Valores médios de rendimento (%) de carcaça, de pernas, de carne de pernas e do músculo flexor longo do hálux em relação ao peso vivo, de frangos de corte aos 56 dias de idade criados, segundo a linhagem, sexo e sistema de criação.....	37
Tabela 6. Valores médios de área (μm^2) das fibras do tipo FG, FOG e SO do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte aos 56 dias de idade, segundo a linhagem, o sexo e o sistema de criação.....	40
Tabela 7. Desdobramento da interação entre sexo e sistema de criação para área (μm^2) de fibras do tipo FG de frangos de corte aos 56 dias de idade.....	42
Tabela 8. Valores médios de frequência (%) das fibras do tipo FG, FOG e SO do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte aos 56 dias de idade, segundo a linhagem, o sexo e o sistema de criação.....	43
Tabela 9. Coeficientes de correlação entre peso vivo e dados morfométricos do músculo flexor longo do hálux e dos tipos de fibras em frangos de corte aos 56 dias de idade.....	46

Figura 1. Cortes transversais do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte aos 56 dias de idade submetidos às reações de ATPase miofibrilar (m-ATPase) após pré-incubação em pH 4,6 e Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Tetrazólio Redutase (NADH-TR) e à coloração com Hematoxilina e Eosina (HE). 1 = SO, 2 = FOG e 3 = FG. a = metabolismo oxidativo intenso e b = metabolismo oxidativo moderado.....

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Criação alternativa

A exemplo do que ocorre no mundo, a criação alternativa de frangos de corte no Brasil, tem encontrado cada vez mais adeptos entre os empresários do setor avícola, sendo também, uma alternativa para pequenos e médios produtores que objetivam um nicho de mercado mais lucrativo (DEMATTE FILHO e MENDES, 2001). As principais características desejadas nestes sistemas de criação são: a segurança sanitária, a qualidade organoléptica do produto, a preocupação crescente com o meio ambiente, o bem-estar dos animais e a saúde do consumidor (BASTIANELLI, 2001).

O frango convencional é, geralmente, conhecido pela sua falta de sabor e pelo aspecto mole e branco de sua carne. Alguns consumidores preferem carnes mais firmes e com sabor mais pronunciado, características que correspondem aos animais mais velhos, perto da maturidade sexual (BASTIANELLI, 2001), à aves que não sofreram melhoramento genético intenso (linhagens caipiras) ou à aves submetidas ao exercício (criação extensiva ou semi-confinada).

A criação alternativa de frangos surge então, como opção ao consumidor, sendo que o termo *frango certificado alternativo* designa-se ao frango de exploração intensiva, criado sem uso de antibióticos, anticoccidianos, promotores de crescimento, quimioterápicos e ingredientes de origem animal na dieta, além da menor densidade de aves por m² e de outros requisitos e normas aprovadas e oficializadas no âmbito da Associação da Avicultura Alternativa, AVAL (DEMATTE FILHO e MENDES, 2001). O frango caipira ou colonial é o frango cuja alimentação é constituída por ingredientes exclusivamente de origem vegetal, sendo proibido o uso de promotores de crescimento. A criação é feita em galpões até os 25 dias de idade. Após esta idade, as aves são soltas a campo, sendo doravante sua criação extensiva, recomendando-se 3 m² de pasto por

ave. O abate realiza-se com idade mínima de 85 dias. As linhagens utilizadas devem ser próprias para este fim, sendo vedadas as linhagens comerciais específicas para frango de corte (Ofício Circular do Ministério da Agricultura e Abastecimento, DOI/DIPOA nº 007/99 de 19/05/99, complementado pelo Ofício Circular DOI/DIPOA nº 014/2000 de 11/05/00).

A fim de atender este mercado, várias linhagens coloniais são criadas, no Brasil, destacando-se a Pescoço Pelado Label Rouge, de origem francesa; a Embrapa 041 produzida pelo Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves da Embrapa, em Concórdia, SC; a Paraíso Pedrês, produzida pela Granja Aves do Paraíso, de Itatiba, SP e a linhagem Caipirinha, produzida pela ESALQ/USP, em Piracicaba, SP (TAKAHASHI, 2003).

A linhagem Pescoço Pelado Label Rouge, está perfeitamente definida na legislação da França como marca de qualidade, com garantia de controle integral da origem das aves às normas de criação, alimentação, instalações, controles exigidos, sacrifício e comercialização. Na França, em 1997, o consumo de frangos da marca Label Rouge representou 20% do consumo total de carne de frango, valor bastante representativo quando se considera o preço destes produtos no supermercado francês, ou seja, frango industrial de 2,10 a 2,80 dólares/kg; frango Label Rouge de 4,10 a 6,50 dólares/kg (COTHENET, 1998).

A linhagem de frango de corte colonial Embrapa 041 é resultante do cruzamento entre raças de galinhas pesadas e semi-pesadas, enquadrando-se no que recomenda o ofício circular DOI/DIPOA nº 007/99, sobre o registro de produto do Frango Colonial, sendo recomendável para pequenas propriedades rurais (FIGUEIREDO, 2000). Segundo TAKAHASHI (2003), a linhagem Paraíso Pedrês é

resultante de um trabalho de seleção e cruzamento de raças puras que vem sendo realizado há cerca de 50 anos pela família Bianchi em Itatiba, SP, enquanto que a linhagem Caipirinha é uma linhagem experimental produzida pela ESALQ em Piracicaba, SP e apresenta crescimento lento.

2. Músculo Esquelético

Entender o crescimento e desenvolvimento muscular é um dos aspectos mais importantes na ciência animal. Cerca de 30 a 40% do peso vivo animal, incluindo o homem, consiste de músculo esquelético (PEARSON e YOUNG, 1989). Este é formado por feixes de células muito longas, cilíndricas e multinucleadas, com um diâmetro que varia de 10 a 100µm, chamadas fibras musculares esqueléticas. Num músculo, as fibras musculares estão organizadas em feixes envolvidos por uma membrana externa de tecido conjuntivo, o epimísio. Dele partem septos muito finos de tecidos conjuntivo, que se dirigem para o interior do músculo, dividindo-o em fascículos. Esses septos são chamados de perimísio. Cada fibra muscular, por sua vez, é envolvida por uma camada muito fina de fibras reticulares, formando o endomísio (GONZALES e SARTORI, 2002).

Existem dois tipos de músculos esqueléticos, o vermelho e o branco. O vermelho é constituído predominantemente por fibras oxidativas e o músculo branco é formado predominantemente por fibras glicolíticas (BANKS, 1992).

A massa muscular é determinada, principalmente, pelo número de fibras musculares e pelo tamanho dessas fibras. Animais com maior número de fibras musculares de tamanho moderado produzem carnes de melhor qualidade. Durante a miogênese, o número de fibras musculares é determinado pelos fatores genéticos e

ambientais (REHFELDT et al., 2000). Os mesmos autores afirmam que após o nascimento o número total de fibras permanece constante nos mamíferos e aves, e que o incremento da massa muscular esquelética é, principalmente, devido à hipertrofia de fibra, acompanhada da atividade proliferativa das células satélites, as quais são fonte de novos núcleos que serão incorporados na fibra muscular.

Segundo LEFAUCHEUR e GERRARD (2000), o peso muscular está em função do tipo de fibra, volume relativo e comprimento da fibra. A capacidade de crescimento está relacionado ao número de fibras musculares. Esse número total de miofibras é, estabelecido ao redor dos 90-95 dias de gestação nos suínos com aumento pós-natal no tamanho sendo este muito maior nas fibras precursoras de fibras brancas que nas vermelhas. As fibras glicolíticas apresentam maior volume relativo e o aumento na proporção dessas poderia levar ao aumento no peso muscular.

Nos mamíferos, assim como nas aves, três tipos de fibras musculares podem ser identificados com base nas suas características metabólicas e contráteis: tipo I - contração lenta e oxidativa (SO), tipo IIA - contração rápida e oxidativa (FOG) e tipo IIB - contração rápida e glicolítica (FG) (PETER et al., 1972; BANKS, 1992). As fibras do tipo I são pequenas, possuem numerosas mitocôndrias e pigmento mioglobina em abundância e são bem vascularizadas, o que lhes confere a cor vermelha. As mitocôndrias são grandes e têm numerosas cristas. O armazenamento de oxigênio pela mioglobina evita a fadiga. As fibras do tipo IIA possuem tamanho médio, com metabolismo energético oxidativo e glicolítico, numerosas mitocôndrias e muita mioglobina, alta vascularização e são resistentes à fadiga, enquanto as fibras IIB são grandes, com poucas mitocôndrias e mioglobina, com metabolismo energético

glicolítico e pouca vascularização, além de serem facilmente fatigáveis e acumularem facilmente o ácido lático (BANKS, 1992).

Nas poedeiras e frangos de corte, o músculo peitoral, de cor branca, tem predominantemente fibras FG e FOG e, histologicamente, apresenta-se com pequena densidade de capilares sangüíneos e contém pequeno número de mitocôndrias. Os músculos vermelhos, da coxa e sobrecoxa, por outro lado, são ricamente vascularizados e com grande número de mitocôndrias em suas fibras, principalmente do tipo SO e FOG (MACARI et al., 1994).

Para o entendimento do desenvolvimento muscular é fundamental estudar os mecanismos que regulam o número, tipo e tamanho das fibras musculares. Estas variações das fibras musculares estão relacionadas a vários fatores que interferem no desenvolvimento muscular nos períodos pré-natal e pós-natal (DAUNCEY e GILMOUR, 1996). Entre estes, podemos citar fatores intrínsecos (genética, fatores reguladores de crescimento, ativadores de transcrição, status endócrino, proteinases musculares e inervação), fatores ambientais (dieta e temperatura ambiente), atividade motora, agentes repartidores de nutrientes, idade, sexo, doenças, tipo de músculo e localização das fibras no músculo (GONZALES e SARTORI, 2002).

Para entender a importância dos fatores que afetam o crescimento e a deposição protéica no músculo das aves, é necessário considerar o impacto desses fatores sobre a qualidade do músculo que será transformado em alimento para o homem, a carne. Mas, a qualidade da carne, não é só determinada pelas influências intrínsecas (fisiológicas) e as extrínsecas (meio ambiente) sobre o músculo da ave no período que precede à sua morte. Como o músculo é um tecido dinâmico, ele responde também as influências do meio ambiente durante e depois da morte do animal. O tipo de

processamento, considerando-se o sacrifício da ave e o tratamento da carcaça depois da ave morta, interage com as características do músculo e, juntos, vão determinar a qualidade da carne (PEARSON e YOUNG, 1989).

Com a morte da ave, os tecidos ficam privados de oxigênio, resultando em um quadro de anóxia. Nesta situação, com a continuidade de suas atividades metabólicas, as fibras musculares contam apenas com os mecanismos anaeróbicos para a produção de ATP. Com isso, utilizam o glicogênio que rapidamente é depletado. Concomitantemente, ocorre acúmulo de ácido láctico, produto final do metabolismo anaeróbico, devido à sua não retirada via corrente sanguínea. O metabolismo anaeróbico reduz o pH sarcoplasmático ao nível que inibe a glicólise, cessando a produção de ATP. Mas, o consumo de ATP continua, chegando a quantidade crítica, de tal modo que a dissociação do sistema actina-miosina não é realizada. Com a formação do complexo actomiosina o músculo perde sua plasticidade, não pode relaxar, e o *rigor mortis* se estabelece (PEARSON e YOUNG, 1989). Alterações no estabelecimento do rigor mortis, tais como maior rapidez, podem aumentar a palidez da carne e diminuir sua capacidade de retenção de líquidos, piorando a qualidade dos produtos processados (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999).

2.1. Linhagem e Sexo

As aves da espécie *Gallus gallus* são responsáveis pela maior parte da produção de carne e pela quase totalidade da produção de ovos no Brasil. Porém, mesmo pertencendo a uma só espécie, é possível se observar diferença muito acentuada de forma, tamanho e cores entre as diversas linhagens comerciais conforme seu destino de produção. Peculiaridades maiores ainda, podem ser detectadas comparando estas

linhagens com suas raças de origem, sendo que estas diferenças são refletidas na musculatura esquelética.

A musculatura esquelética de frangos de corte em comparação com poedeiras apresenta maior massa muscular, composta de fibras musculares com tamanho e comprimento superiores e com mais DNA (SMITH, 1963). O crescimento mais rápido e a maior musculatura de frangos, em relação a poedeiras comerciais, são causados pelo maior número de miofibras e sua rápida hipertrofia (ABERLE e STEWART, 1983).

ABERLE et al. (1979) compararam a distribuição e o tamanho dos tipos de fibras musculares FOG, FG e SO em aves tipo corte e tipo postura com quatro semanas de idade, e verificaram que os frangos de corte tiveram menor percentagem de fibras de contração rápida (*fast*), sendo que destas fibras predominaram as do tipo FG. Ambos os tipos de fibras (*fast e slow*) tiveram maiores diâmetros nos frangos de corte. Assim, a carne das aves tipo frangos de corte tem cor mais clara devido aos músculos serem mais anaeróbicos. O melhoramento genético do frango de corte para maior massa muscular e rapidez de crescimento reduziu a capacidade oxidativa da musculatura dos frangos de corte, resultando num músculo mais anaeróbio (SOIKE e BERGMANN, 1997).

HORÁK et al. (1989) não encontraram diferenças na frequência dos tipos de fibras entre linhagens endogâmicas de frangos. No entanto, a linhagem com maior peso vivo e muscular apresentou diâmetro superior das fibras dos tipos FG e FOG quando comparada as outras linhagens endogâmicas. Isto está de acordo com o observado por ABERLE e STEWART (1983), onde verificaram que a seleção para crescimento e fatores favoráveis à massa muscular, promovem hipertrofia radial seletiva de miofibras do tipo II, como visto em frangos de corte.

A seleção divergente para alta taxa de crescimento induz ao aumento relativo do número total de miofibras e na área de seção transversal de todos os tipos de fibras. Isto pode explicar os maiores pesos dos músculos dos animais de alta taxa de crescimento. Nenhuma diferença foi observada nas percentagens de tipos de fibras. Assim, a frequência dos tipos de fibras nos frangos pode estar primariamente relacionada com a função muscular (REMIGNON et al., 1994).

SOIKE e BERGMANN (1997) encontraram maior percentagem de fibras glicolíticas nos músculos supracoracóideo e flexor crural medial de frangos de corte, quando comparados a poedeiras comerciais com mesma idade e peso corporal. A análise morfométrica revelou hipertrofia seletiva de fibras glicolíticas nos frangos de corte. Estes resultados mostraram que, o melhoramento genético para maior massa muscular e rapidez de crescimento reduziram a capacidade oxidativa da musculatura dos frangos de corte.

GOTOH et al. (1998) estudando o músculo iliofibular em codornas japonesas verificaram que, o melhoramento genético para tamanho corporal aumentou o tamanho da ave e o peso do músculo estudado nos machos e fêmeas. Nas fêmeas, ocorreu aumento na área das miofibras e nos machos, aumento do número de miofibras, principalmente. Os resultados sugerem que, o aumento da massa muscular em função do melhoramento ocorre principalmente devido à hipertrofia miofibrilar, e em menor grau, através da hiperplasia.

IWAMOTO et al. (1997) verificaram que, lotes de aves nativas do Japão (Kumamoto Cochin) e suas cruzas, que produzem carne mais escura e firme, com qualidade necessária para a tradicional cozinha japonesa, apresentaram maior

percentagem de fibras do tipo FOG, de maior atividade NADH-DH, quando comparadas à linhagens comerciais de frangos de corte.

A seleção para alta taxa de crescimento nos frangos de corte promoveu alterações estruturais e metabólicas nos músculos e alterou a qualidade da carne. Altas taxas de crescimento induzem à lesões, maior diâmetro das fibras musculares, maior proporção de fibras glicolíticas e menor proteólise muscular. Estas alterações proporcionam *rigor mortis* mais rápido, que aumenta a palidez da carne e diminui sua capacidade de retenção de líquidos, piorando a qualidade dos produtos processados. A diminuição na proteólise muscular aumenta a dureza das carnes de aves (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999).

A seleção genética para crescimento em perus tem proporcionado mudanças na musculatura esquelética, que acarretam problemas na qualidade de carne e várias miopatias, as quais estão relacionadas, também, com o desenvolvimento do tecido conectivo (VELLEMAN et al., 2002). VELLEMAN e NESTOR (2003) observaram que, o melhoramento genético para crescimento promoveu alterações na musculatura peitoral de perus, tais como redução no espaço de endomísio, as quais podem ser associadas à lesões musculares.

Segundo SCHEUERMANN (2004), com a pressão de seleção para alto crescimento em frangos de corte têm-se observado maior susceptibilidade à PSE (carne pálida, mole e exudativa), devido ao alto potencial glicolítico e, principalmente, pelo tamanho das fibras musculares. Estas fibras obtêm energia para contração através da via glicolítica e, em condições de estresse com alta demanda energética (p.ex. agitação pré-abate), o metabolismo contribui para rápida queda no pH e assim, conseqüentemente, alta produção de ácido lático, o qual não pode mais ser removido no *post mortem*. Com

relação ao aumento no tamanho da fibra, este pode influenciar negativamente a qualidade da carne, levando a maior tendência ao PSE.

De acordo com OLIVO (2004), os filés de frangos PSE são também caracterizados pelo alto teor de exudato, devido a sua baixa capacidade de retenção de água, comprometendo suas propriedades nutricionais. Isso ocorre principalmente em produtos injetados com salmoura e os cozidos no sistema *cook-in-bags*, devido a liberação de umidade durante o fatiamento e, também, os filés pré-cozidos tendem a apresentar-se secos, fibrosos e rançosos, quando reaquecidos, comprometendo sua qualidade sensorial e nutritiva.

Em embriões de frangos de corte no período final de incubação, HENRY e BURKE (1998) observaram que os embriões machos apresentam número maior de fibras, porém de menor tamanho que as de fêmeas, e sugeriram que isto pode ser a causa da diferença de peso entre sexos nos embriões e pelo maior crescimento pós-eclosão dos machos.

Os hormônios esteróides dos embriões machos e fêmeas diferem já durante a incubação e, possivelmente, estes hormônios sexuais afetam direta ou indiretamente a proliferação ou diferenciação dos mioblastos (BURKE, 1996). Em experimentos de castração precoce em galináceos, BURKE e EDWARDS (1994) concluíram que os andrógenos podem estar envolvidos no dimorfismo sexual de peso corporal pós-incubação e serem responsáveis pelas diferenças nas características dos músculos dos machos e fêmeas.

2.2. Exercícios

Os efeitos do exercício sobre o padrão histoquímico da musculatura esquelética, e portanto na sua composição em fibras, são complexos e variáveis e dependem de vários fatores, incluindo o tipo de exercício (força ou resistência), a intensidade e duração, o status de treinamento do indivíduo, o músculo estudado e possivelmente, o patrimônio genético (DUBOWITZ, 1985).

O exercício promove aumento de uma série de atividades do organismo, tais como: capacidade do músculo esquelético para a oxidação do piruvato e de ácidos graxos de cadeia longa; capacidade respiratória muscular, que varia com a intensidade e duração do exercício; atividade de um grande número de enzimas mitocondriais, que parece ser o resultado de aumento na concentração de proteínas enzimáticas; concentrações de citocromos e mioglobina no músculo e aumento do número e do tamanho das mitocôndrias. A duração do exercício ocasiona modulação de algumas fibras brancas em vermelhas, pois em estudos histoquímicos, observa-se que a percentagem de fibras musculares com caráter branco diminui e a de fibras de caráter vermelho aumenta (HOLLOSZY e BOOTH, 1976).

A mudança no padrão de fibras é acompanhada pelo aumento na vascularização muscular, com maior densidade de capilares e taxa capilares/fibra. Há indicações também que, certas formas de sobrecarga mecânica (esforço, exercícios, hipertrofia compensatória) podem promover aumento no número de fibras musculares, em várias espécies animais (KELLEY, 1996).

Em frangos de corte, também foi observado por KHASKIYE et al. (1987) aumento das características físicas do músculo (peso, diâmetro, etc.) e modulação das suas fibras em decorrência do exercício. Também verificaram que o padrão da

atividade, influencia a intensidade de diferenciação do músculo. E que tanto a colocação da barreiras quanto de rampas nos boxes convencionais, são determinantes para a obtenção de músculos mais pesados, após as três ou quatro semanas de exposição à nova situação. Na criação de frango em galpões com rampas SANDUSKY e HEATH, (1988) encontraram aumento na taxa de crescimento do peito e maiores tamanhos dos músculos peitoral, supracoracóideo, gastrocnêmio parte interna e femorotibial em aves criadas nos boxes com rampas simples; entretanto, nos boxes com rampas duplas verificaram aumento no crescimento dos músculos perônio longo e femorotibial das aves.

BRACKENBURY e WILLIAMSON (1989) descrevem que o músculo iliotibial lateral (parte pós-acetabular) de machos Leghorn contém exclusivamente fibras de contração rápida ou do tipo II e que aproximadamente 40% destas reagem intensamente com a enzima *succinato desidrogenase* (SDH). Mas, que após 6 e 15 semanas de exercícios de caminhada esta proporção eleva-se para aproximadamente 50 e 60%, respectivamente. E que a maioria das fibras altamente oxidativas reagem fracamente com a enzima glicolítica *glicerofosfato-desidrogenase* (GPDH), indicando que fazem parte da categoria oxidativa de contração rápida ou do tipo FOG, enquanto que a maioria das fibras fracamente oxidativas reagem fortemente com GPDH, demonstrando pertencerem à categoria glicolítica de contração rápida ou tipo FG. Baseados nestas considerações, os autores concluíram que o exercício em aves pode ocasionar certas mudanças adaptativas elevando a capacidade oxidativa dos músculos esqueléticos, similares àsquelas que têm sido observadas no homem e em outros mamíferos.

BRACKENBURY e HOLLOWAY (1991), ao verificar que aves submetidas ao exercício apresentaram maior proporção de fibras IIA/IIB no músculo ileotibial lateral, afirmam que todas estas alterações parecem imprimir na carne coloração mais escura e/ou avermelhada, característica da ave caipira e desejável pelo consumidor.

O capítulo 2, denominado “**MORFOLOGIA DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES LINHAGENS CRIADOS NOS SISTEMAS CONFINADO E SEMI-CONFINADO**”, apresenta-se de acordo com as normas editoriais da Revista *PAB – Pesquisa Agropecuária Brasileira*. O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito da linhagem, do sistema de criação e sexo sobre o peso vivo, rendimento de carcaça e pernas e aspectos morfológicos das fibras musculares esqueléticas do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte.

3. Referências Bibliográficas

ABERLE, E. D.; ADDIS, P. B.; SHOFFNER, R. N. Fiber types in skeletal muscles of broiler- and layer-type chickens. **Poultry Science**, Savoy, v. 58, p. 1210-1212, 1979.

ABERLE, E. D.; STEWART, T. S. Growth of fiber types and apparent fiber number in skeletal muscle of broiler- and layer- type chickens. **Growth**, Silverton, v. 47, p. 135-144, 1983.

BANKS, W. J. Tecido muscular. In: **Histologia veterinária aplicada**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1992. cap. 13, p. 215-236.

BASTIANELLI, D. A produção de frangos diferenciados na França: mercado, aspectos organizacionais e regulamentares. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2001. p. 235-254.

BRACKENBURY, J. H.; HOLLOWAY, S. A. Age and exercise effects on mitochondrial density and capillary fibre ratio in bird leg muscle. **British Poultry Science**, Abingdon, v.32, p.645-653, 1991.

BRACKENBURY, J. H.; WILLIAMSON, A. D. B. Treadmill exercise training increases the oxidative capacity of chicken iliotibialis muscle. **Poultry Science**, Savoy, v.68, p.577-581, 1989.

BURKE, W.H. Effects of an *in ovo* injection of an anti-androgen on embryonic and posthatching growth of broiler chicks. **Poultry Science**, Savoy, v.75, p.648-655, 1996.

BURKE, W.H; EDWARDS JR., H.M. Effect of early castration on body weight, muscle growth, and bone characteristics of male Nicholas strain turkeys. **Poultry Science**, Savoy, v.73, p.457-463, 1994.

COTHENET, G. A. Produção de frango de corte Label Rouge na França e sua atratividade. Sindicato nacional dos label avícolas franceses. 1998. s/nº, Apostila.

DAUNCEY, M.J.; GILMOUR, R.S. Regulatory factors in the control of muscle development. **Proceedings of the Nutrition Society**, Wallingford, v. 55, p. 543-559, 1996.

DEMATTE FILHO, L.C.; MENDES, C.M.I. Viabilidade técnica e econômica na criação alternativa de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2001. p. 255-266.

BRASIL. **Ofício Circular DOI/DIPOA**. N°007/99, 19 de maio de 1999. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, Savoy, v.78, p.743-746, 1999.

DUBOWITZ, V. **Muscle biopsy: a practical approach**. 2. ed. Suffolk: Baillière Tindall, 1985. 720 p.

FIGUEIREDO, E. A. P. et al. Frango de corte colonial EMBRAPA 041. **Folder da linhagem**. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 8 p., 2000.

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. p. 279-297.

GOTOH, T.; IWAMOTO, H.; OKAMOTO, S. Changes in the number and dimension of iliofibularis myofibers affected by breeding to larger body size in japanese quails. In: ASIAN PACIFIC POULTRY CONGRESS, 6., 1998, Nagoya. **Proceedings...** Nagoya: Japan Regional Racing Association, 1998. p. 306-307.

HENRY, M.H.; BURKE, W.H. Sexual dimorphism in broiler chick embryos and embryonic muscle development in late incubation. **Poultry Science**, Savoy, v.77, p.728-736, 1998.

HOLLOSZY, J.O.; BOOTH, F.W. Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. **Annual Review of Physiology**, Palo Alto, v. 38, p. 273-291, 1976.

HORÁK, V.; SEVCÍKOVÁ, K.; KNÍZETOVÁ, H. Histochemical fiber types in the thigh muscles of 4 chicken inbred lines. **Anatomischer Anzeiger**, Jena, v. 169, p. 313-320, 1989.

IWAMOTO, H. et al. Comparative studies on the histochemical properties of *M. iliotibialis lateralis* from Kumamoto Cochin crossbred roaster and broiler chickens. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 38, p. 258-262, 1997.

KELLEY, G. Mechanical overload and skeletal muscle fiber hyperplasia: a meta-analysis. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 81, p. 1584-1588, 1996.

KHASKIYE, A.; RENAUD, D.; LE DOUARIN, G. Effects of electrical stimulation upon post-hatching development of fibre types in normally, innervated fast and slow *latissimus dorsii* muscles of the chicken. **Biology of the Cell**, London, v.61, p.163-170, 1987.

LEFAUCHEUR, L.; GERRARD, D. Muscle fiber plasticity in farm mammals. In: AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1998. **Proceedings...** ASAS, 2000. p.1-19.

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

OLIVO, R. Atualidades na qualidade de carne de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos,. **Anais...** Santos: FACTA, 2004. v. 2, p.165-178.

PEARSON, A. M.; YOUNG, R. B. **Muscle and meat biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989. 457 p.

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

REHFELDT, C. et al. Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.66, p.177-188, 2000.

REMIGNON, H. et al. Effects of divergent selection for body weight on three skeletal muscles characteristics in the chicken. **British Poultry Science**, Abingdon, v.35, p.65-76, 1994.

SANDUSKY, C. L.; HEATH, J. L. Growth characteristics of selected broiler muscles as affected by age and experimental pen design. **Poultry Science**, Savoy, v.67, p.1557-1567, 1988.

SCHEUERMANN, G.N. Alteração na quantidade e qualidade da carne de aves através da manipulação das fibras musculares. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 2004. v. 2, p. 165-178.

SMITH, J. H. Relation of body size to muscle cell size and number in the chicken. **Poultry Science**, Savoy, v. 42, p. 283-290, 1963.

SOIKE, D.; BERGMANN, V. Performance-dependent health disorders in poultry with special reference to differences in muscle characteristics between layer- and meat type chickens. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION DISEASES IN

FARM ANIMALS, 9., 1995, Berlim. **Proceedings...** Stuttgart: H. MARTINS, 1997. p. 186.

TAKAHASHI, S. E. **Efeito do sistema de criação sobre o desempenho e qualidade da carne de frangos de corte tipo colonial e industrial.** 2003. 64f., Tese (Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

VELLEMAN, S. G. et al. Effect of selection for growth rate on embryonic breast muscle development in turkeys. **Poultry Science**, Savoy, v.81, p.1113-1121, 2002.

VELLEMAN, S.G.; NESTOR, K.E. Effect of selection for growth rate on myosin heavy chain temporal and spatial localization during turkey breast muscle development. **Poultry Science**, Savoy, v.82, p.1373-1377, 2003.

CAPÍTULO II

MORFOLOGIA DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES LINHAGENS CRIADOS NOS SISTEMAS CONFINADO E SEMI-CONFINADO

MORFOLOGIA DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES LINHAGENS CRIADOS NOS SISTEMAS CONFINADO E SEMI-CONFINADO

Resumo- O objetivo deste trabalho foi avaliar peso vivo, rendimento de carcaça e pernas e aspectos morfológicos dos tipos de fibras musculares esqueléticas do músculo flexor longo do hálux, em machos e fêmeas de quatro linhagens de frangos de corte, criados nos sistemas confinado e semi-confinado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com esquema fatorial 4x2x2, ou seja, quatro linhagens (Ross-308, Pescoço Pelado Label Rouge, Caipirinha e Paraíso Pedrês), dois sistemas de criação (confinamento e semi-confinamento) e dois sexos, com duas repetições por tratamento, sendo que cada ave retirada ao acaso aos 56 dias de idade foi considerada uma unidade experimental, totalizando 64 aves. A maior massa muscular das aves selecionadas para alta taxa de crescimento está relacionada ao aumento na área dos três tipos de fibras musculares (SO, FOG e FG). Machos apresentaram maior massa muscular e musculatura mais glicolítica que as fêmeas. O sistema de criação semi-confinado alterou a composição de fibras musculares esqueléticas dos machos, tornando-a mais oxidativa, porém tal efeito não foi observado nas fêmeas.

Termos para indexação: semi-confinado, exercício, frangos de corte, fibra muscular, linhagem, sexo.

MORPHOLOGY OF SKELETAL MUSCLE FIBERS OF DIFFERENT BROILER STRAINS CREATED IN THE SYSTEMS CONFINED AND SEMI-CONFINED

Abstract - The aim of this research was to evaluate body weight, carcass and legs yields and the types of skeletal muscle fibers of the flexor hallucis longus muscle using histochemical and morphologic aspects, in four strains of broilers reared in the confined and semi-confined system. The experiment was conducted in factorial design 4x2x2, four strains (Ross-308, Naked Neck Label Rouge, Caipirinha and Paraiso Pedrês), two production systems (confinement and semi-confinement) and two sex, with two replicates each treatment, considering each bird randomly at 56 of age an experimental unit, totalizing 64 birds. The biggest muscle mass of the birds selected for high tax of growth is related to the increase in the area of the three types of skeletal muscle fibers (SO, FOG and FG). Males show greater muscle mass and glycolityc muscle than the females. The semi-confined system modified the skeletal muscle fiber composition of the males, becoming it oxidative, however such effect was not observed in the females.

Index terms: semi-confined, exercise, broiler, skeletal muscle , strain, sex.

Introdução

A carne de frango, seguindo a tendência mundial, está se tornando cada vez mais consumida no Brasil. Aliado a isto, atualmente, a população passou a procurar produtos diferenciados, como a carne de ave mais avermelhada e firme. Este tipo de produto com sabor mais pronunciado, é característico de animais mais velhos, que estão próximos da maturidade sexual (BASTIANELLI, 2001), aves que não sofreram melhoramento genético intenso (linhagens caipiras) ou aves submetidas ao exercício (criação extensiva ou semi-confinada).

A fim de atender esse mercado, várias linhagens coloniais são criadas no Brasil, destacando-se a Pescoço Pelado Label Rouge, de origem francesa; a Embrapa 041 produzida pelo Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves da Embrapa, em Concórdia, SC; a Paraíso Pedrês, produzida pela Granja Aves do Paraíso, de Itatiba, SP e a linhagem Caipirinha, produzida pela ESALQ/USP, em Piracicaba, SP (TAKAHASHI, 2003).

Cerca de 30 a 40% do peso vivo animal, incluindo o homem, consiste de músculo esquelético (PEARSON e YOUNG, 1989). Existem dois tipos de músculos esqueléticos, o vermelho e o branco, sendo que o vermelho é constituído predominantemente por fibras oxidativas e o músculo branco é formado predominantemente por fibras glicolíticas (BANKS, 1992).

Nos mamíferos, assim como nas aves, três tipos de fibras musculares podem ser identificadas com base nas suas características metabólicas e contráteis: tipo I - contração lenta e oxidativa (SO), tipo IIA - contração rápida e oxidativa (FOG) e tipo IIB - contração rápida e glicolítica (FG) (PETER et al., 1972; BANKS, 1992).

Para o entendimento do desenvolvimento muscular é fundamental estudar os mecanismos que regulam o número, o tipo e o tamanho das fibras musculares. Estas variações das fibras musculares estão relacionadas a vários fatores que interferem no desenvolvimento muscular nos períodos pré-natal e pós-natal (DAUNCEY e GILMOUR, 1996). Entre estes fatores podemos citar: fatores intrínsecos (genética, fatores reguladores de crescimento, ativadores de transcrição, status endócrino, proteinases musculares e inervação), fatores ambientais (dieta e temperatura ambiente), atividade motora, agentes repartidores de nutrientes, idade, sexo, doenças, tipo de músculo e localização das fibras no músculo (GONZALES e SARTORI, 2002).

O melhoramento genético do frango de corte para maior massa muscular e rapidez de crescimento reduziu a capacidade oxidativa da musculatura dos frangos de corte, resultando num músculo mais anaeróbio (SOIKE e BERGMANN, 1997).

O exercício, em aves, pode levar a certas mudanças adaptativas na capacidade oxidativa dos músculos esqueléticos, similares às aquelas que têm sido observadas no homem e em outros mamíferos. Em frangos de corte foram observadas alterações no tamanho dos músculos e modulação das suas fibras em decorrência de exercício, confirmando que o padrão da atividade influencia na diferenciação do músculo. Tanto a colocação de barreiras quanto de rampas nos boxes convencionais de frangos de corte, foram determinantes para a obtenção de músculos mais pesados, após 3 a 4 semanas de exposição à nova situação (KHASKIYE et al., 1987; SANDUSKY e HEATH, 1988). O sistema de criação semi-confinado, permite que as aves se movimentem continuamente e por maiores distancias quando comparado ao confinado, e dependendo da intensidade e duração deste tipo de exercício, pode-se esperar alterações na musculatura esqueléticas das aves.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito da linhagem, do sistema de criação e sexo sobre o peso vivo, rendimento de carcaça e pernas e aspectos morfológicos das fibras musculares esqueléticas do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações experimentais da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Brotas, da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado de São Paulo, no período de 17 de fevereiro a 12 de maio de 2003, com duração de 12 semanas.

Foram criados 1600 pintinhos de corte, sendo 400 da linhagem comercial Ross-308, 400 tipo colonial Pescoço Pelado Label Rouge, 400 Caipirinha (ESALQ/USP, Piracicaba, SP) e 400 Paraíso Pedrês (Fazenda Aves do Paraíso de Itatiba, SP), com um dia de idade, sexados e vacinados no incubatório contra a doença de Marek.

As aves foram alojadas em galpões experimentais de alvenaria coberto com telhas de barro, com 108 m², pé-direito de 2,80 m, dividido em boxes com 2,25 x 2,25 m, perfazendo 5,0 m² cada. Os boxes possuíam acesso aos piquetes gramados (*Brachiaria decumbens*) e estes foram cercados com arame tipo tela trançada com 1,70 m de altura, 30,0 m de comprimento e 4,50 m de largura, perfazendo 135 m² cada piquete, sendo que os cercados de tela foram revestidos com *sombrite*, aumentando a altura do alambrado para 3,30 m. Cada boxe estava equipado com um bebedouro automático pendular e um comedouro tubular semi-automático com capacidade para 20 kg de ração. As aves criadas no sistema de semi-confinamento tiveram acesso livre ao piquete gramado (3 m²/ave) durante o dia, sendo recolhidas para dentro do boxe à noite.

No alojamento, após a pesagem inicial, os pintos foram distribuídos em 32 boxes previamente sorteados. Na primeira semana de idade foram utilizados comedouros iniciais (cone de pressão), os quais foram substituídos por comedouros tubulares a partir do sétimo dia de idade, e o bebedouro tubular foi utilizado durante toda a fase de criação das aves.

O aquecimento inicial foi feito com campânulas elétricas providas de lâmpadas infravermelhas, até os 21 dias de idade. A partir dos 35 dias de idade, as aves criadas no sistema de semi-confinamento tiveram acesso aos piquetes até o final do experimento. Durante todo o período experimental a temperatura ambiente do galpão foi registrada diariamente com um termômetro instalado no meio do galpão, na altura das aves.

A ração e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período de criação e o programa de alimentação foi dividido em duas fases, segundo recomendações de Figueiredo (2000), sendo, ração inicial (1 a 28 dias) e ração de crescimento (29 a 56 dias). A composição percentual e os valores calculados das rações estão apresentados na Tabela 1.

As rações foram produzidas na forma farelada, na Fábrica de Rações da FMVZ, UNESP, Câmpus de Botucatu, SP, e estavam isentas de promotores de crescimento antibióticos, coccidicidas e ingredientes de origem animal. Porém, foi adicionado às rações, em todas as fases, Simbiótico plus® - BioCamp Laboratórios Ltda, produto composto por probiótico e prebiótico.

Como medida de profilaxia, as instalações utilizadas foram limpas, desinfetadas e submetidas à vazão sanitário de 21 dias. No dia do alojamento, os

pintinhos receberam vacina contra coccidiose ministrada na ração e aos 15 dias de idade foram vacinados contra Bouba Aviária.

Tabela 1. Composição percentual e valores calculados das rações.

Ingredientes (%)	1 a 28 dias	29 a 56 dias
Milho	60,916	66,570
Farelo de soja	34,547	29,084
Fosfato bicálcico	1,869	1,738
Calcário calcítico	1,062	1,187
Óleo de soja	0,763	0,572
Sal comum	0,350	0,350
Dl-metionina	0,093	0,099
Suplemento vitamínico ¹	0,100	0,100
Suplemento mineral ²	0,100	0,100
Simbiótico plus® ³	0,200	0,200
Total	100,0	100,0
Valores Calculados		
EM, kcal/kg	2.800	2.900
PB, %	20,00	18,00
Lisina, %	1,00	0,88
Metionina, %	0,40	0,38
Cálcio, %	1,00	1,00
Fósforo disponível, %	0,46	0,43

¹Suplemento vitamínico: Vit. A – 1.500.000 UI; Vit. D3 – 500.000UI; Vit. E – 3.000 mg; Vit. K3 – 200 mg; Tiamina – 250 mg; Riboflavina – 1.125 mg; Piridoxina – 375 mg; Vit. B12 – 3.000 µg; Niacina – 7.500 mg; Pantotenato de cálcio – 2.500 mg; Ácido fólico – 1.375,5 mg; Biotina – 12,5 mg; Cloreto de colina – 81.250 mg; Metionina – 325.000 e Antioxidante – 5.000 mg. Níveis de garantia por kg do produto;

²Suplemento mineral: Ferro – 5.000 mg; Cobre – 70.000 mg; Manganês – 60.000 mg; Zinco – 50.000 mg; Iodo – 1.250 mg e Selênio – 200 mg. Níveis de garantia por kg do produto;

³Simbiótico plus® - 10⁶ UFC de *Enterococcus* sp por grama do produto e 85% de mananoligossacarídeos.

Aos 56 dias de idade foram retiradas ao acaso 2 aves por boxe, ou seja 4 aves por tratamento, num total de 64 aves, para serem abatidas no Abatedouro Experimental da FMVZ, UNESP, Câmpus de Botucatu, SP. As aves permaneceram em jejum durante de 8 horas. Os cálculos de rendimento de carcaça e das partes foram feitos com base no peso vivo e peso da carcaça, sendo que o peso vivo foi obtido individualmente na plataforma, antes do abate. A carcaça foi considerada como sendo a ave eviscerada sem pescoço, patas e gordura abdominal, sendo esta pesada separadamente. As partes

avaliadas foram peito, pernas (coxa e sobre coxa), dorso, asas, carne de coxa, carne de peito. Estas determinações foram realizadas segundo metodologia descrita por MENDES (1990).

O músculo flexor longo do hálux da perna direita foi dissecado imediatamente após o abate e pesado sem tendões e sem gordura. As amostras foram coletadas por meio de secções transversais na região mediana do músculo, imediatamente congeladas em N-Hexana, previamente resfriada a -156°C em nitrogênio líquido, durante dois minutos (CHAYEN et al., 1969). Em seguida, os fragmentos foram identificados e acondicionados em botijão de nitrogênio líquido para análises histoenzimológicas realizadas no Laboratório de Histoenzimologia do Departamento de Morfologia do IBB, UNESP, Câmpus de Botucatu, SP.

A escolha desse músculo está baseado nos relatos de SARTORI et al. (2001) que, trabalhando com frangos de corte Ross com 42 dias de idade, verificou que o músculo flexor longo do hálux, pela sua composição de tipos de fibras (25,33% de SO, 53,29% de FOG e 23,55% de FG), seu tamanho e sua fácil localização e identificação, pode ser utilizado nos estudos da musculatura esqueléticas de frangos de corte.

Os fragmentos congelados de tecido muscular foram transferidos para a câmara de um micrótomo criostato *Reichert-young* a -20°C e mantidos neste ambiente por 45 minutos. Após esse tempo, cada fragmento foi afixado perpendicularmente no suporte metálico do criostato, utilizando-se para isto, resina especial denominada *Tissue Tek*, *OCT - Optimal Critical Temperature Compound*. Em seguida, foram obtidas várias séries de cortes histológicos com 10 μm de espessura, os quais foram colhidos em lâminas mantidas à temperatura ambiente conforme procedimento de EVERSOLE e STANDISH (1970).

Os cortes foram submetidos às seguintes técnicas de coloração: Hematoxilina-Eosina (HE), que permite analisar de forma geral, a morfologia das fibras musculares; Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Tetrazólio Redutase (NADH-TR), e ATPase miofibrilar (m-ATPase), após pré-incubação em meio alcalino (pH 10,4) e em meio ácido (pH 4,6), conforme metodologia de DUBOWITZ e BROOKE (1984). A técnica NADH-TR indica a presença e intensidade da atividade oxidativa, permitindo diferenciar a atividade metabólica das fibras em oxidativa e/ou glicolítica e a mATPase fornece indicação da velocidade de contração das fibras. Da comparação desta duas técnicas, têm-se a diferenciação dos tipos de fibras conforme os critérios determinados por PETER et al. (1972), que as classificam em SO (*Slow Oxidative*), FOG (*Fast Oxidative Glycolytic*) e FG (*Fast Glycolytic*).

O tamanho da fibra foi avaliado pela medida da área (DUBOWITZ e BROKE, 1984). Para medidas de frequência e tamanho dos tipos de fibras, foram analisados os cortes que reagiram com a m-ATPase, após pré-incubação ácida (pH 4,6), que permitiram a diferenciação dos três tipos de fibras. Dos cortes presentes em cada lâmina, foi escolhido o mais íntegro e o que apresentou melhor padrão de reação. As reações NADH-TR e m-ATPase, após pré-incubação alcalina serviram como controle para a identificação dos tipos de fibras. A coloração HE foi realizada para verificar a ocorrência ou não de alterações nas fibras musculares.

Para a contagem, estabelecimento das frequências (%) e obtenção do diâmetro dos tipos de fibras foram analisados, por corte, dez campos microscópicos, utilizando-se microscópio ótico comum acoplado ao computador e ao sistema de análise de imagens da Leica (*Image-Pro Plus versão 4.5.0.27*). Foram contadas e medidas as fibras que se encontraram dentro dos campos microscópicos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 4x2x2, ou seja, quatro linhagens (Ross-308, Pescoço Pelado Label Rouge, Caipirinha e Paraíso Pedrês), dois sistemas de criação (confinamento e semi-confinamento) e dois sexos, com duas repetições por tratamento, sendo que cada ave retirada aos 56 dias de idade foi considerada uma unidade experimental, totalizando 64 aves.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com auxílio do procedimento GLM do programa SAS (1996) e para verificar diferenças significativas entre médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Não houve interação significativa entre sistema de criação, linhagem e sexo para peso vivo, peso e rendimento de carcaça, de pernas, de carne de pernas e de morfologia das fibras musculares do músculo flexor longo do hálux.

Peso vivo, peso e rendimento de carcaça, de pernas, de carne de pernas e do músculo flexor longo do hálux

Não foi observada interação entre o sistema de criação e linhagem e entre sistema de criação e sexo para peso vivo e peso da carcaça (Tabela 2). Houve interação significativa entre linhagem e sexo para peso vivo e peso da carcaça e o desdobramento desta interação está mostrado na Tabela 3.

Tabela 2. Valores médios (gramas) de peso vivo, carcaça, pernas, carne de pernas e músculo flexor longo do hálux de frangos de corte aos 56 dias de idade, segundo linhagem, sexo e sistema de criação.

	Peso (gramas)				
	Vivo	Carcaça	Pernas	Carne de Pernas	Músculo flexor longo do hálux
Linhagem (L)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ross	3060±843	2218±263	705±207	483±84	2,34±0,39 a
Paraíso Pedrês	2022±252	1349±170	460±64	296±44	1,47±0,36 b
Caipirinha	1510±243	998±167	340±62	217±41	1,10±0,23 c
Pescoço Pelado	1447±341	970±238	329±88	214±58	0,99±0,32 c
Sexo (S)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Macho	2243±779	1567±530	532±169	352±125	1,67± 0,56 a
Fêmea	1742±638	1201±496	385±141	253±101	1,26± 0,61 b
Sistema de Criação (C)	ns	ns	ns	ns	ns
Confinado	1992±707	1371±538	453±170	307±123	1,48±0,63
Semi-confinado	1985±707	1363±544	453±171	299±122	1,44±0,61
Interação LxS	0,05	0,05	0,01	0,01	ns
Interação LxC	ns	ns	ns	ns	ns
Interação CxS	ns	ns	ns	0,05	ns
Interação LxSxC	ns	ns	ns	ns	ns
CV, %	6,72	6,98	7,18	9,12	16,79

^{a,b} Médias na coluna, para cada variável, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Dentro do fator sexo, a linhagem afetou significativamente ($P<0,05$) o peso vivo e o peso da carcaça (Tabela 3), sendo que para os machos, as aves Ross apresentaram os maiores pesos vivo e de carcaça (3387 e 2447 g) que as aves da linhagem Paraíso Pedrês (2250 e 1497 g), respectivamente. Caipirinha (1723 e 1146 g) e Pescoço Pelado (1750 e 1178 g) não diferiram entre si e apresentaram resultados inferiores para peso vivo e de carcaça, quando comparados às aves Paraíso Pedrês e Ross. Para as fêmeas, as aves Ross tiveram maiores ($P<0,05$) peso vivo e peso de carcaça (2734 e 1989 g) que as aves Paraíso Pedrês (1794 e 1201 g), seguidas das aves Caipirinha (1297 e 851 g) e das Pescoço Pelado (1144 e 762 g), respectivamente, que apresentaram os menores valores para estas variáveis. Os resultados do presente estudo

corroboram com a afirmação de SILVA (2001), de que as linhagens coloniais Caipirinha e Pescoço Pelado são linhagens de crescimento lento, enquanto que a Paraíso Pedrês é considerada de crescimento rápido.

MICHELAN FILHO e SOUZA (2001) afirmaram que, na produção de frangos de corte desde 1948 até os dias atuais, o processo de seleção e cruzamentos têm sido intenso, descaracterizando as raças e originando linhagens específicas com características próprias que, quando cruzadas entre si, dão origem a um produto híbrido que, é uma marca, como por exemplo as aves Ross.

As aves da linhagem Ross, por serem destinadas ao sistema de criação intensivo de produção, têm sido submetidas à seleção para alto ganho de peso à idade precoce (McCARTHY, 1977) e apresentam aumento de 1 a 2 % ao ano no ganho de peso em função do melhoramento genético (COUTINHO et al., 2000), relatos que confirmam os resultados do presente experimento.

Dentro do fator linhagem, o peso vivo e o peso da carcaça sempre foram superiores ($P < 0,05$) para machos em relação às fêmeas (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com os observados na indústria e pesquisas e é uma característica inerente à espécie. RONDELLI et al. (2003) ao avaliar o efeito do sexo no desempenho de duas linhagens comerciais de frangos de corte (Ross e Avian Farm), verificaram que os machos apresentaram maior peso final e ganho de peso que as fêmeas.

Os resultados de peso vivo, peso da carcaça, das pernas e do músculo flexor longo do hálux não foram influenciados pelo sistema de criação, conforme mostrado na Tabela 2. Estes resultados diferem dos obtidos por FIGUEIREDO et al. (2003) que, ao trabalharem com duas linhagens de frango de corte colonial e uma linhagem comercial,

observaram que as aves criadas com acesso a piquete apresentaram maior peso vivo aos 84 dias de idade.

Possivelmente, nas nossas condições, o sistema de criação não influenciou resultados de peso vivo, peso da carcaça, das pernas e do músculo flexor longo do hálux devido ao curto tempo em que as aves foram submetidas ao exercício, por somente 21 dias.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre sexo e linhagem para peso vivo, peso de carcaça, peso de pernas e carne de pernas para frangos de corte aos 56 dias de idade.

Características	Linhagem				Médias
	Ross	Paraíso Pedrês	Caipirinha	Pescoço Pelado	
Peso Vivo, g					
Macho	3387±239 Aa	2250±124 Ba	1723±128 Ca	1750±115 Ca	2243±779
Fêmea	2734±91 Ab	1794±44 Bb	1297±79 Cb	1144±159 Db	1742±638
Médias	3060±843	2022±252	1510±243	1447±341	
Peso Carcaça, g					
Macho	2447±166 Aa	1497±102 Ba	1146±91 Ca	1178±103 Ca	1567±530
Fêmea	1989±52 Ab	1201±40 Bb	851±46 Cb	762±111 Cb	1201±496
Médias	2218±263	1349±170	998±167	970±238	
Peso Pernas, g					
Macho	809±61 Aa	518±23 Ba	395±33 Ca	406±37 Ca	532±169
Fêmea	601±20 Ab	402±21 Bb	285±16 Cb	251±39 Cb	385±141
Médias	705±207	460±64	340±62	329±88	
Carne de Pernas, g					
Macho	556±52 Aa	334±24 Ba	252±26 Ca	264±28 Ca	352±125
Fêmea	411±24 Ab	258±13 Bb	182±11 Cb	163±26 Cb	253±101
Médias	483±84	296±44	217±41	214±58	

^{A, B, C, D} Médias na linha, para cada variável, seguidas por letras maiúsculas diferentes, diferem estatisticamente (P<0,05) pelo teste de Tukey.

^{a, b} Médias na coluna, para cada variável, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem estatisticamente (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Para a variável peso de pernas não foi observada interação entre o sistema de criação e linhagem e entre sistema de criação e sexo. Já para carne de pernas, não houve interação entre sistema de criação e linhagem (Tabela 2).

Houve interação significativa entre linhagem e sexo para peso de pernas e de carne de pernas e o desdobramento desta interação está mostrado na Tabela 3. Dentro do fator sexo, a linhagem afetou significativamente ($P<0,05$) estas variáveis, sendo que tanto para machos, como para fêmeas, as aves Ross apresentaram os maiores ($P<0,05$) pesos de perna e de carne de pernas (809 e 601; 556 e 411 g) que as aves da linhagem Paraíso Pedrês (518 e 402; 334 e 258 g), respectivamente. Caipirinha (395 e 285; 252 e 182 g) e Pescoço Pelado (406 e 251; 264 e 163 g) não diferiram entre si e apresentaram resultados inferiores para estas características quando comparadas as aves Paraíso Pedrês. RONDELLI et al. (2003) comparando linhagens Ross e Avian Farm, também verificou que os machos Ross mostraram melhores resultados de peso de perna que os machos Avian Farms e que nenhuma diferença foi observada entre fêmeas de ambas as linhagens. Os maiores peso de pernas e carne de pernas apresentadas pelas linhagens de crescimento rápido nesta pesquisa, refletem o efeito da maior pressão de seleção nestas linhagens sobre a deposição de massa muscular.

Conforme mostrado na Tabela 4, observou-se interação entre sistema de criação e sexo para carne de pernas. Dentro do fator sexo, somente nos machos houve efeito do sistema de criação ($P<0,05$), sendo que os confinados apresentaram maior peso de carne de pernas que os semi-confinados (363 e 341 g, respectivamente). Para ambos os sistemas de criação, os machos apresentaram peso de carne de pernas superiores ($P<0,05$) aos das fêmeas.

Para variável peso do músculo flexor longo do hálux não foi observada nenhuma interação. Houve efeito de sexo ($P<0,05$), sendo que, os machos apresentaram maior peso de músculo que as fêmeas 1,67 e 1,26 g, respectivamente (Tabela 2). Isto demonstra que, nos machos, o exercício promoveu alteração na capacidade respiratória muscular, pois aumentou a frequência de fibras do tipo FG que são as de maior tamanho, justificando os maiores peso de pernas e carne de pernas.

Diferenças significativas também foram encontradas para as linhagens, onde as aves Ross apresentaram maior ($P<0,05$) peso de músculo flexor longo do hálux (2,34 g), seguidas das aves Paraíso Pedrês (1,47 g) e das aves Caipirinha (1,10 g) e Pescoço Pelado (0,99 g), as quais não diferiram entre si.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre sexo e sistema de criação para peso de carne de pernas de frangos de corte aos 56 dias de idade.

Características	Sistema de Criação		Médias
	Confinado	Semi-confinado	
Carne de Pernas, g			
Macho	363 Aa	341 Ba	352±125
Fêmea	250 Ab	257 Ab	253±101
Médias	307±123	299±122	

^{A, B} Médias na linha, para cada variável, seguidas por letras maiúsculas diferentes, diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

^{a, b} Médias na coluna, para cada variável, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados de rendimento de carcaça, pernas, carne de pernas e músculo flexor longo do hálux, em relação ao peso vivo antes do abate. Não foi observada nenhuma interação e nem efeito de sistema de criação para as características de rendimento estudadas. ALMEIDA e ZUBER (2000) também não

encontraram diferença significativa do sistema de criação para rendimento de carcaça, ao trabalharem com frangos de corte tipo colonial.

Para o rendimento de carcaça e carne de pernas, houve efeito significativo de linhagem. As aves da linhagem Ross apresentaram maiores ($P < 0,05$) rendimentos de carcaça e carne de pernas em comparação as demais linhagens, que não diferiram entre si. Não houve efeito de linhagem para os rendimentos de pernas e do músculo flexor longo do hálux (Tabela 5). HELLMEISTER (2002) trabalhando com aves caipiras, também não verificaram diferenças para rendimento de carcaça, pernas e carne de pernas entre linhagens Paraíso Pedrês, Caipirinha e Pescoço Pelado (Label Rouge).

Tabela 5. Valores médios de rendimento (%) de carcaça, pernas, carne de pernas e músculo flexor longo do hálux em relação ao peso vivo, de frangos de corte aos 56 dias de idade, segundo linhagem, sexo e sistema de criação.

	Rendimento (%)			
	Carcaça	Pernas	Carne de Pernas	Músculo flexor longo do hálux
Linhagem (L)	0,01	ns	0,01	ns
Ross	72,53 a	22,88	15,67 a	0,077
Paraíso Pedrês	66,72 b	22,72	14,60 b	0,072
Caipirinha	66,06 b	22,46	14,32 b	0,073
Pescoço Pelado	66,86 b	22,57	14,65 b	0,067
Sexo (S)	ns	0,01	0,01	ns
Macho	67,97	23,24 a	15,19 a	0,074
Fêmea	67,98	22,08 b	14,41 b	0,070
Sistema de Criação (C)	ns	ns	ns	ns
Confinado	68,14	22,61	14,73	0,073
Semi-confinado	67,81	22,69	14,86	0,072
Interação LxS	ns	ns	ns	ns
Interação LxC	ns	ns	ns	ns
Interação CxS	ns	ns	ns	ns
Interação LxSxC	ns	ns	ns	ns
CV, %	2,23	3,62	5,82	15,00

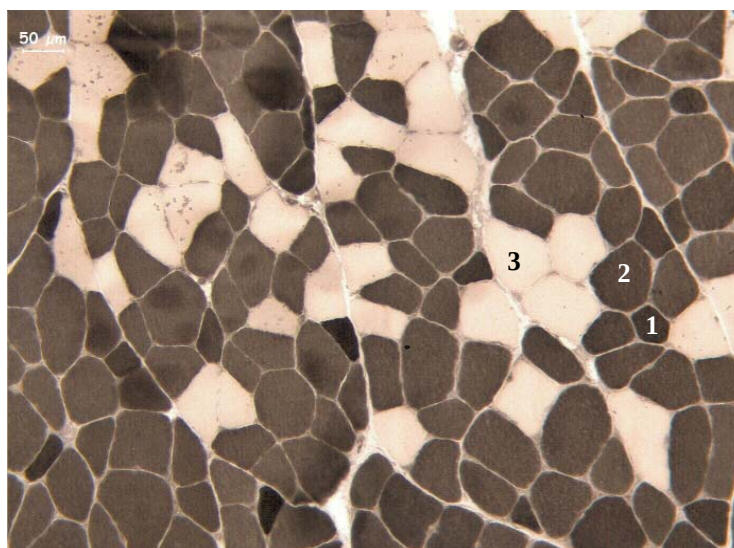
^{a,b} Médias na coluna, para cada variável, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os machos tiveram maior ($P<0,05$) rendimento de pernas e carne de pernas em relação às fêmeas, porém não houve efeito de sexo para o rendimento de carcaça e do músculo flexor longo do hálux. ALMEIDA e ZUBER (2000), trabalhando com linhagens de frangos coloniais e MOREIRA (2003) trabalhando com linhagens convencionais, também verificaram maior rendimento de pernas para os machos, em relação às fêmeas.

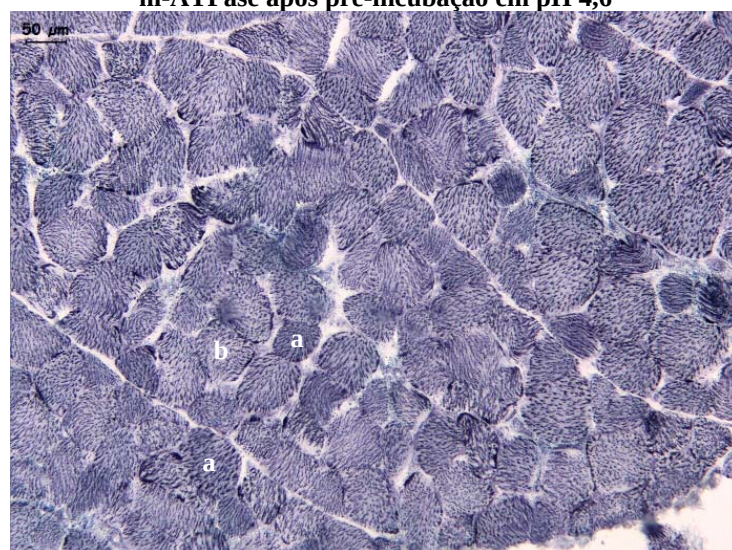
A linhagem Ross apresentou maior rendimento de carcaça e de carne de pernas que as demais, refletindo a maior pressão de seleção que esta linhagem foi submetida durante sua formação e a menor atividade física em função do maior peso corporal, que reduziu o deslocamento das aves. Os machos apresentaram melhor rendimento que as fêmeas devido a fatores ligado ao sexo.

Área, diâmetro e freqüência das fibras musculares esqueléticas do músculo flexor longo do hálux

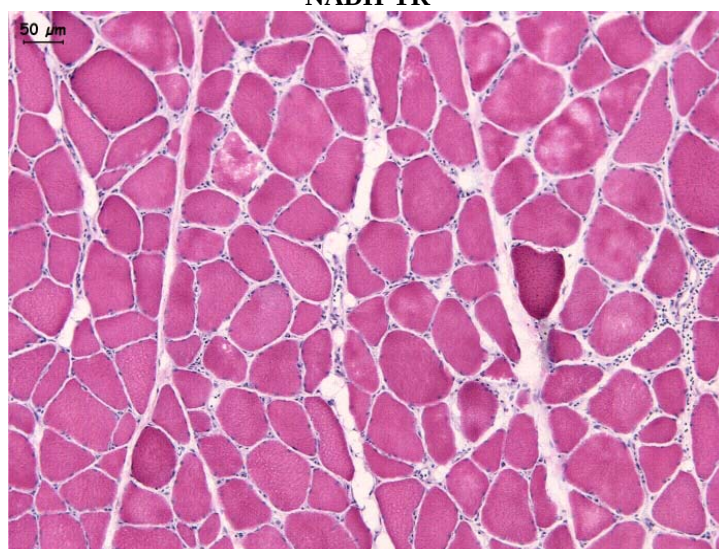
Nos cortes do músculo flexor longo do hálux, submetidos a reação de m-ATPase após pré incubação ácida (pH 4.5), as fibras do tipo SO reagiram intensamente, as fibras do tipo FG reagiram fracamente e as do tipo FOG reagiram moderadamente, com intensidade de coloração intermediária entre FG e SO, permitindo a diferenciação dos três tipos de fibras (Figuras 1). Quanto a reação com NADH- TR, observa-se que as fibras de metabolismo oxidativo (SO e FOG) reagiram mais intensamente em comparação às fibras do tipo glicolítico (FG) que reagiram fracamente, indicando que todas as fibras deste músculo apresentavam um predomínio de caráter oxidativo. Não foram observadas alterações na morfologia das fibras musculares do músculo Flexor Longo do Hálux quando estas foram submetidas a reação de Hematoxilina-Eosina (HE).



m-ATPase após pré-incubação em pH 4,6



NADH-TR



HE

Figura 1. Cortes transversais do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte aos 56 dias de idade submetidos às reações de ATPase miofibrilar (m-ATPase) após pré-incubação em pH 4,6 e Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Tetrazólio Redutase (NADH-TR) e à coloração com Hematoxilina e Eosina (HE). 1 = SO, 2 = FOG e 3 = FG. a = metabolismo oxidativo intenso e b = metabolismo oxidativo moderado.

Observou-se interação entre sistema de criação e sexo ($P<0,05$), para área de fibras FG, conforme mostrado na Tabela 6 e o desdobramento desta interação está mostrado na Tabela 7.

Houve efeito significativo de linhagem para área das fibras FG. As aves Ross apresentaram maior ($P<0,05$) área de fibras FG, seguidas das Paraíso Pedrês, e com os menores valores observados nas linhagens Caipirinha e Pescoço Pelado, que não diferiram entre si (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios de área (μm^2) das fibras do tipo FG, FOG e SO do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte aos 56 dias de idade, segundo a linhagem, o sexo e o sistema de criação.

	Área		
	FG	FOG	SO
Linhagem (L)	0,01	0,01	0,01
Ross	7104,51 a	4915,77 a	4860,84 a
Paraíso Pedrês	4442,22 b	4270,18 a	2735,20 b
Caipirinha	3067,20 c	3308,73 b	2677,56 b
Pescoço Pelado	3062,76 c	3148,09 b	2199,20 b
Sexo (S)	0,05	ns	ns
Macho	4734,6	3699,07	2948,39
Fêmea	4029,7	4084,29	3228,24
Sistema de Criação (C)	ns	ns	ns
Confinado	4466,29	4014,99	3087,65
Semi-confinado	4597,96	3778,25	3093,33
Interação LxS	ns	ns	ns
Interação LxC	ns	ns	ns
Interação CxS	0,05	ns	ns
Interação LxSxC	ns	ns	ns
CV, %	31,00	23,55	34,92

^{a,b} Médias na coluna, para cada variável, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Com relação à área das fibras musculares FOG e SO, não foi observada nenhuma interação entre os fatores estudados, contudo a linhagem também influenciou significativamente ($P<0,05$) a área das fibras FOG e SO. As aves Ross e Paraíso Pedrês

apresentaram maiores ($P < 0,05$) áreas de fibras FOG que as aves Caipirinha e Pescoço Pelado. Para as fibras SO, as aves Ross apresentaram maiores ($P < 0,05$) valores de área que as demais linhagens (Tabela 6). Não houve efeito de sistema de criação para área das fibras FG, FOG e SO e nem efeito de sexo para área de fibras FOG e SO.

SARTORI et al. (1999) também observaram maior área das fibras FG no músculo flexor longo do hálux, quando compararam uma linhagem de alto crescimento (Hubbard) com uma linhagem de crescimento lento (Pescoço Pelado) e relataram que, a maior massa muscular dos frangos de corte selecionados foi caracterizada por aumento da área das fibras glicolíticas em relação à área das fibras oxidativas (FOG + SO); porém na presente pesquisa, as fibras oxidativas também apresentaram maior área nas linhagens de alta crescimento (Ross e Paraíso Pedrês).

As aves Ross apresentaram maior área das fibras do tipo FG, FOG e SO, resultado da maior pressão de seleção para ganho de peso que se manifesta na maior hipertrofia das fibras musculares. A Paraíso Pedrês também apresentou maior área de fibra FG e FOG, por ser uma linhagem de crescimento rápido e de tendência à baixa atividade física pelo maior peso quando comparada as linhagens Caipirinha e Pescoço Pelado.

Dentro do fator sexo o sistema de criação afetou significativamente a área das fibras do tipo FG, sendo que os machos confinados apresentaram maior ($P < 0,05$) área de fibras FG que os semi-confinados (Tabela 7). Para as fêmeas este efeito de sistema de criação não foi observado.

Dentro do sistema de criação, para as aves criadas em confinamento, os machos apresentaram maior área das fibras FG que as fêmeas ($P < 0,05$), porém para as aves criadas em semi-confinamento, esta diferença entre sexos não foi observada (Tabela 7).

Tabela 7. Desdobramento da interação entre sexo e sistema de criação para área (μm^2) de fibras do tipo FG de frangos de corte aos 56 dias de idade.

Características	Sistema de Criação		Médias
	Confinado	Semi-confinado	
Macho	5187,03 Aa	4282,17 B	4734,6±2287,86
Fêmea	3745,55 b	4313,76	4029,7±1964,69
Médias	4466,29±2127,66	4597,96±2187,25	

^{A, B} Médias na linha, para cada variável, seguidas por letras maiúsculas diferentes, diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

^{a, b} Médias na coluna, para cada variável, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Vários pesquisadores relataram que a seleção para tamanho corporal ou taxa de crescimento rápido em várias espécies animais proporcionaram sensíveis diferenças na massa muscular em função de alterações no número e tamanho das fibras musculares obtidas através do melhoramento genético, em aves (SMITH, 1963), suínos (REMIGNON et al., 1994 e 1995) e codornas (FOWLER et al., 1980).

O exercício diminuiu a área da fibra FG nos machos, o que é um indicativo de que alterações na musculatura devidas ao exercício podem manifestar-se mais facilmente nos machos, que nas fêmeas. A diferença de tamanho da fibra do tipo FG entre machos e fêmeas somente observada no sistema confinado, reforça esta afirmativa e deve-se, possivelmente, à menor atividade física das fêmeas e à disponibilidade do alimento *ad libitum* associada a maior voracidade de consumo dos machos frente às fêmeas, o que, conseqüentemente, permite aos machos manifestar sua precocidade de crescimento.

As aves da linhagem Paraíso Pedrês apresentaram a mesma freqüência de fibras SO que as aves Pescoço Pelado e maior freqüência de fibras SO ($P<0,05$) que as aves Caipirinha, mas não diferiram da Ross (Tabela 8), enquanto que as freqüências das

fibras FG e FOG não foram afetadas pela linhagem. As frequências de fibras FG, FOG e SO não foram afetadas pelo sistema de criação.

Os machos apresentaram frequência de fibras FG superiores ($P < 0,05$) às fêmeas, enquanto que, as fêmeas apresentaram frequência de fibras FOG superiores aos machos (Tabela 8). A frequência de fibras SO não foi afetada significativamente pelo sexo.

Tabela 8. Valores médios de frequência (%) das fibras do tipo FG, FOG e SO do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte aos 56 dias de idade, segundo a linhagem, o sexo e o sistema de criação.

	Frequência		
	FG	FOG	SO
Linhagem (L)	ns	ns	0,05
Ross	15,81	59,91	24,28 ab
Paraíso Pedrês	17,18	58,12	24,70 a
Caipirinha	17,07	67,75	15,18 b
Pescoço Pelado	12,34	62,05	25,61 a
Sexo (S)	0,01	0,05	ns
Macho	18,63 a	57,85 b	23,52
Fêmea	12,88 b	65,81 a	21,31
Sistema de Criação (C)	ns	ns	ns
Confinado	16,30	61,80	21,90
Semi-confinado	15,07	62,10	22,83
Interação LxS	ns	ns	ns
Interação LxC	ns	ns	ns
Interação SxC	ns	ns	ns
Interação LxSxC	ns	ns	ns
CV, %	21,60	15,03	24,92

^{a,b} Médias na coluna, para cada variável, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A maior frequência de fibras FG nos machos e a maior área de fibras FG dos machos confinados em relação às fêmeas confinadas, estão de acordo com o esperado, pois os machos apresentam massa muscular maior do que as fêmeas, como demonstrado

pelos resultados de peso e rendimento de carcaça, pernas e carne de pernas (Tabela 3), que foram superiores para os machos.

SPINDLER et al. (1980) verificaram que a frequência e volume relativo ocupado pelas fibras intermediárias foi relativamente constante durante o crescimento, sendo que se pode considerar que as fibras intermediárias são formas de transição na conversão de fibras vermelhas para brancas. Isto concorda com a hipótese de Ashmore et al. (1972) citados por SPINDLER et al. (1980), que afirmaram que o número de fibras brancas aumenta via diferenciação das fibras vermelhas, sem alteração no número total de fibras. Assim, o volume relativo dos diferentes tipos de fibras apresenta elevada relação com as diferenças acentuadas de massa muscular entre animais de sexo e de raça diferentes. Em sua revisão sobre crescimento muscular, SCHEUERMANN (2004) relatou que no período pós-eclosão, ocorre alteração na distribuição dos diferentes tipos de fibras musculares no músculo de galináceos, com modulação de fibras, que passam de fibras de contração rápida para lenta quando submetidas a atividade física.

A maior sensibilidade das fibras do tipo FG a sofrerem alterações em função de fatores ambientais também foi relatada por SARTORI et al. (2003) que observaram redução no tamanho das fibras FG em função de temperatura ambiente fria e restrição alimentar, relacionados ao menor crescimento e massa muscular. Estes efeitos não verificados para as fibras dos tipos FOG e SO. Machos independente da linhagem e do sistema de criação apresentam maior frequência de fibras do tipo FG, possivelmente relacionado com a sua maior taxa metabólica e precocidade, características ligadas ao sexo.

Houve correlação significativa ($P < 0,05$) e elevada (0,93) entre o peso do músculo flexor longo do hálux e o peso vivo (Tabela 9). Esta mesma correlação também

foi observada por SARTORI et al. (2001), com valor um pouco maior (0,97). As áreas de fibras FG, FOG e SO foram positivamente correlacionadas com o peso vivo e com o peso do músculo, indicando uma contribuição de todas as fibras para o crescimento muscular, porém com os maiores valores de correlação para área de fibra FG (0,77 para peso vivo e 0,81 para peso do músculo). SARTORI et al. (2001) também encontraram correlações positivas entre o diâmetro das fibras SO, FOG e FG para o peso vivo e peso do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte, com os maiores valores também verificados para as fibras do tipo FG. Estes dados discordam de KNIZETOVA (1993), que observou correlações negativas entre o diâmetro das fibras e o peso do músculo para linhagens de frangos de corte com gene do nanismo ligado ao sexo. De acordo com REHFELDT (2000), a hipertrofia da fibra muscular pós-natal depende do número total de fibras musculares de um músculo. A taxa de crescimento pós-natal da fibra muscular individual é mais baixa quando houver elevado número de fibras no músculo e mais alta quando existir menor número de fibras. Isto é um indicativo de que o número de fibras musculares é inversamente correlacionado com a espessura da fibra muscular ao término do período de crescimento intensivo.

A frequência de fibras FG foi correlacionada significativamente ($P < 0,05$) com o peso do músculo (0,33). Isto não corresponde ao observado por SARTORI et al. (2001), que constataram que a frequência de fibras do tipo FG estava correlacionada negativamente com o peso vivo e o peso do músculo flexor longo do hálux, porém estes valores correspondem somente a aves da linhagem Ross, enquanto que neste trabalho foram utilizadas linhagens coloniais de crescimento lento.

Tabela 9. Coeficientes de correlação entre peso vivo e dados morfométricos do músculo flexor longo do hálux e dos tipos de fibras em frangos de corte aos 56 dias de idade.

Variáveis ¹	PV	AFG	AFO	ASO	FFG	FFO	FSO
PM	0,93*	0,81*	0,45*	0,64*	0,33*	-0,26	0,089
PV		0,77*	0,50*	0,61*	0,25	-0,28	0,18
AFG			0,53*	0,60*	0,29	-0,31	0,19
AFO				0,48*	0,06	-0,08	0,05
ASO					0,17*	-0,10	0,001
FFG						-0,59	0,05
FFO							-0,83
FSO							

¹ Peso vivo (PV), peso do músculo flexor longo do hálux (PM), área das fibras do Tipo FG (AFG), FOG (AFO), SO (ASO) e frequência das fibras do Tipo FG (FFG), FFOG (FFO) e SO (SO);

* Significativo (P<0,05).

Houve também correlação positiva (P<0,05) entre área de fibra FG com área de fibras FOG e SO, área de fibra FOG com área de SO e também entre área de fibra SO com frequência de fibras FG.

REHFELDT et al. (1988) relatam que coeficientes de correlação genética entre tamanho e número de fibras musculares foram observados para galinhas e suínos, podendo variar de -0,4 a -0,8. Consequentemente, a seleção de animais com alta massa muscular devido, principalmente, às grandes miofibras, produzirá descendências com baixo número de miofibras.

Conclusões

A maior massa muscular das aves selecionadas para alta taxa de crescimento está relacionada ao aumento na área dos três tipos de fibras musculares (SO, FOG e FG). Machos apresentam maior massa muscular e musculatura mais glicolítica que as fêmeas. O sistema de criação semi-confinado alterou a composição de fibras musculares

esqueléticas dos machos, tornando-a mais oxidativa, porém tal efeito não foi observado nas fêmeas.

Referências

ASHMORE, C. R.; THOMPCKINS, C.; DOERR, L. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 34, p. 37-41, 1972.

ALMEIDA, A. M.; ZUBER, U. Efeito do sistema de manejo e da alimentação sobre algumas características das carcaças de duas estirpes de frango do tipo “campestre”. **Veterinária Técnica**, v.10, n.5, p.46-50, 2000.

BANKS, W.J. Tecido muscular. In: **Histologia veterinária aplicada**. 2. ed. São Paulo: Manole., 1992. cap. 13, p. 215-236.

BASTIANELLI, D. A produção de frangos diferenciados na França: mercado, aspectos organizacionais e regulamentares. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2001. p. 235-254.

CHAYEN, J. et al. **A guide to practical histochemistry**. London: Oliver & Bould, 1969. 261 p.

COUTINHO, L. L.; GABRIEL, J. E.; ALVARES, L. E. Desenvolvimento embrionário da musculatura de frangos: efeito da linhagem e sexo. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA. 2000, v.2. p.15-32.

DAUNCEY, M.J.; GILMOUR, R.S. Regulatory factors in the control of muscle development. **Proceedings of the Nutrition Society**, Wallingford, v.55, p.543-559, 1996.

DUBOWITZ, V., BROOKE, M.. **Muscle biopsy**: a modern approach. London: W.B. Saunders, 1984, 472p.

EVERSOLE, L.S.; STANDISH, S.M. Histochemical demonstration of muscle fibre types. **Journal of Histochemistry and Cytochemistry**, Seattle, v.18, p.591-593, 1970.

FIGUEIREDO, E. A. P.et al. Linhagens e sistema de criação para produção de frangos coloniais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas , p.110, 2003, Suplemento 5.

FOWLER, S. P.et al. Na analysis of skeletal muscle response to selection for rapid growth in japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*). **Growth**, Silverton, v.44, p.235-252, 1980.

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. p. 279-297.

HELLMEISTER FILHO, P. **Efeitos de fatores genéticos e do sistema de criação sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos tipo caipira**. 2002, 77f. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

KHASKIYE, A.; RENAUD, D.; LE DOUARIN, G. Effects of electrical stimulation upon post-hatching development of fibre types in normally, innervated fast and slow *latissimus dorsii* muscles of the chicken. **Biology of the Cell**, London, v.61, p.163-170, 1987.

KNIZETOVA, H. Effects of the sex-linked dwarf gene (dw) on skeletal muscle cellularity in broiler chickens. **British Poultry Science**, Abingdon, v.34, p.479-485, 1993.

McCARTHY, J. C. Growth and poultry Meat production. In: Poultry Science Symposium, 12, London. **Proceedings...** London: Butterworths, p. 117, 1977.

MENDES, A. A. **Efeito de fatores genéticos, nutricionais e de ambiente sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte**. 1990. 103f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Paulista, Botucatu, 1990.

MENDES, A. A.; MOREIRA, J. Rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte e sua relação com a nutrição e o manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. p. 163-190.

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.

MOREIRA, J. **Densidade de criação e nível de energia da dieta sobre o rendimento e a qualidade do peito em frangos de corte.** 2003. 153f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Paulista, Botucatu, 2003.

PEARSON, A. M.; YOUNG, R. B. **Muscle and meat biochemistry.** San Diego: Academic Press, 1989. 457 p.

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

REMIGNON, H. et al. Effects of divergent selection for body weight on three skeletal muscles characteristics in the chicken. **British Poultry Science**, Abingdon, v.35, p.65-76, 1994.

RONDELLI, S.; MARTINEZ, O.; GARCÍA P. T. Efeito do sexo e parâmetros produtivos, carcass e composição de gordura corporal de duas linhagens comerciais de frangos de corte. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v.5, n.3, p.169-173, 2003.

SANDUSKY, C.L.; HEATH, J.L. Growth characteristics of selected broiler muscles as affected by age and experimental pen design. **Poultry Science**, Savoy, v.67, p.1557-1567, 1988.

SARTORI, J. R. et al. Tipos de fibras do músculo flexor longo do hálux de frangos de corte machos de diferentes linhagens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v.1, n.3, p.181-185, 1999.

SARTORI, J. R. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e composição de fibras musculares esqueléticas de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1779-1790, 2001.

SARTORI, J. R. et al. Tipos de fibras no músculo flexor longo do hálux de frangos de corte submetidos ao estresse pelo calor e frio e alimentados em pair-feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 918-925, 2003.

SAS Institute Inc., SAS/STAT. **User's guide**. Version 6.11. 4. ed, v. 2. Cary: SAS Institute Inc., 1996. 842 p.

SCHEUERMANN, G.N. Alteração na quantidade e qualidade da carne de aves através da manipulação das fibras musculares. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 2004. v. 2, p. 165-178.

SILVA, M. A. N. et al. Correlação entre características ambientais e taxa de permanência no pasto na criação de frangos de corte em "sistema semi-intensivo". **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, p. 65, 2001. , Suplemento 3.

SMITH, J. H. Relation of body size to muscle cell size and number in the chicken. **Poultry Science**, Savoy, v. 42, p. 283-290, 1963.

SOIKE, D.; BERGMANN, V. Performance-dependent health disorders in poultry with special reference to differences in muscle characteristics between layer- and meat type chickens. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION DISEASES IN FARM ANIMALS, n. 9, 1995, Berlim. **Proceedings...** Stuttgart: H. Martins, 1997. p.186.

SPINDLER, A. A.; MATHIAS, M. M.; CRAMER, D.A. Growth changes in bovine muscle fiber types as influenced by breed and Sex. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, p. 29-31, 1980.

TAKAHASHI, S.E. Efeito do sistema de criação sobre o desempenho e qualidade da carne de frangos de corte tipo colonial e industrial. 2003. 64f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Paulista, Botucatu, 2003.

CAPÍTULO III

IMPLICAÇÕES

IMPLICAÇÕES

Os ganhos obtidos pelo melhoramento genético aplicado às linhagens comerciais de frangos de corte têm sido muito significativos e potencializados pela criação das aves em condições ótimas de manejo, nutrição e saúde, o que proporcionou à carne de frangos, condições de produção, distribuição e comercialização mundial, atendendo a um número muito grande de consumidores e um status diferenciado na produção agro-indústria brasileira e mundial.

Porém, alguns problemas surgiram em função do crescimento muito rápido das aves e da alta densidade da criação intensiva, com alterações musculares indesejáveis em função da musculatura se tornar mais glicolítica, tais como: miopatias, coloração mais branca da carne, problemas na qualidade da carne pela susceptibilidade ao PSE (carne pálida mole e exudativa), com perda na capacidade de retenção de água e comprometimento das suas características nutricionais e tornando-se um produto industrializado de baixa qualidade.

Como demonstrado no presente trabalho, sistema de criação semi-confinado pode alterar a composição de fibras musculares esqueléticas dos frangos de corte, tornando-a mais oxidativa. Este manejo, associado às diferenças genéticas e sexuais das aves podem, assim, serem utilizados para melhorar a qualidade da carne no processamento industrial e atender uma parcela da população crescente que prefere carnes de aves com características mais diferenciadas, tais como carne mais firme, mais escura, com sabor mais acentuado e proveniente de aves criadas em sistemas diferenciados (alternativos) e mais saudáveis, como por exemplo nas criações caipira e orgânica. Assim, ainda há muito por fazer e estudar em termos de melhoramento nas

linhagens caipiras e melhorias nos sistemas de criação semi-confinados, visando as formas mais corretas de manejo sanitário, nutricional e de bem-estar dessas aves.