

ESTUDO DOS EFEITOS DA RESTRIÇÃO ALIMENTAR NAS CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS MUSCULARES DE BOVINOS JOVENS CONFINADOS¹

MÁRIO DE BENI ARRIGONI², PAULO DE FIGUEIREDO VIEIRA³, ANTONIO CARLOS SILVEIRA⁴, LUIZ ROBERTO FURLAN⁵, VITALINO DAL PAI⁶, CINIRO COSTA², LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO⁷ e HENRIQUE NUNES DE OLIVEIRA⁸

RESUMO - Foram avaliadas as respostas da restrição alimentar em bovinos jovens confinados quanto à composição das fibras musculares e respectivas áreas, amostradas pelo método de biópsia no músculo semitendinoso. Utilizaram-se 66 bovinos inteiros mestiços Simental - Nelore, com 8 meses e peso médio de 220±34,03 kg, submetidos a três tratamentos na fase 1 (crescimento): *Ad libitum* (AL); restrição + soja crua (RSC); e restrição + soja tostada (RST), com duração de 84 dias, sendo o nível de restrição em torno de 23%. A fase 2 (terminação) foi composta da divisão de cada um dos tratamentos em dois lotes: um com soja e outro com cama de frango. Os resultados mostraram que os animais do tratamento AL apresentaram maior frequência de fibras brancas (FG), comparados aos do RSC e RST, e maior área dessas fibras. Maior frequência de fibras vermelhas foi observada nos tratamentos RSC e RST. Concluiu-se que a restrição alimentar e conseqüente ganho compensatório favoreceu a modulação dos três tipos de fibras, aumentando a frequência das fibras intermediárias (FOG) em 10,88%, e diminuindo as vermelhas (SO) e FG em 4,81 e 6,90%, respectivamente, com possíveis alterações na qualidade da carne.

Termos para indexação: confinamento, fibras musculares, mestiços Simental-Nelore.

STUDY OF THE EFFECTS OF NUTRITIONAL RESTRICTION ON THE CHARACTERISTICS OF MUSCLE FIBER OF YOUNG BULLS

ABSTRACT - The influence of restricting feed intake of young bulls in feedlots was evaluated in terms of structure of muscular fibers and respective areas, sampled by biopsy on the semitendinoso muscle. Sixty six crossbred Simental-Nelore bulls, 8 months old, averaging 220±34.03 kg were submitted for 84 days in phase 1 (growing period), to three treatments: *ad libitum* (AL), restriction + whole soybean (RWS) and restriction + toasted whole soybean (RTS). The level of restriction of feed intake was 23%. Phase 2 was performed by splitting the animals in each treatment in phase 1 in two groups, feeding one with a diet containing soybeans and the other with poultry litter. The results showed that the animals AL presented more white fibers (FG), compared to the RWS and RST and a larger area of these fibers. A greater frequency of red fibers was observed in treatments RWS and RST. The conclusion was that the restriction of feed intake and consequent compensatory growth contributed for modulation of the muscular fibers increasing the frequency of the fast oxidative glycolitic (FOG) in 10.88% and decreasing of the slow oxidative (SO) and FG in 4.81 and 6.90%, respectively, with possible alteration on meat quality.

Index terms: feedlot, restriction of feed intake, muscle fibers, crossbred Simental-Nelore.

¹ Aceito para publicação em 21 de julho de 1997.

Extraído da tese apresentada pelo primeiro autor à FCAV-UNESP, Jaboticabal.

² Zoot., Dr., Prof. Ass., Dep. de Melhor. e Nutr. Animal, FMVZ-UNESP, Caixa Postal 560, CEP18618-000 Botucatu, SP.

³ Eng. Agr., Prof. Titular, Dep. de Zootecnia de Ruminantes, FCAV-UNESP-Jaboticabal, Rod. Carlos Tonanni, Km 5, CEP 14870-000 Jaboticabal, SP.

⁴ Eng. Agr., Prof. Titular, Dep. de Melhor. e Nutr. Animal, FMVZ-UNESP.

⁵ Zoot., Prof. Ass., Dep. de Melhor. e Nutr. Animal, FMVZ-UNESP.

⁶ Biól., Prof. Titular, Dep. de Morfologia, IB-UNESP-Botucatu.

⁷ Zoot., M.Sc., aluno de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, FCAV-UNESP-Jaboticabal.

⁸ Méd. Vet., Dr., Prof. Ass., Dep. de Melhor. e Nutr. Animal, FMVZ-UNESP.

INTRODUÇÃO

A qualidade da carne é influenciada por um conjunto de características relacionadas às fibras musculares e ao tecido conjuntivo. Totland et al. (1988), estudando o músculo semitendinoso de bovinos quanto ao tipo de fibras, descreveram um aumento no volume das fibras vermelhas do tipo "slow oxidative" (SO) (de 10 para 30%) e um decréscimo das fibras brancas do tipo "fast glycolytic" (FG) da região superficial para a região profunda. Observaram, ainda, decréscimo gradual na maciez da região superficial para a região profunda e alteração na composição das fibras musculares, sugerindo uma possível relação entre a maciez e tipos de fibras.

A melhoria na eficiência do crescimento muscular e a modificação no conteúdo de gordura da carcaça, pela manipulação da dieta, permanece uma meta a ser atingida na indústria agropecuária.

Yambayamba & Price (1991) ao investigar os efeitos da restrição alimentar seguido de um período de alimentação *ad libitum*, na proporção e diâmetro de fibras musculares de fêmeas jovens, encontraram diferenças significativas, sendo menor o diâmetro das fibras nos tratamentos com restrição em comparação aos animais alimentados à vontade, nos dois períodos.

Na literatura há um número limitado de informações que comparam as respostas de zebuínos, taurinos e seus mestiços, principalmente em relação à proporção ideal entre músculo e gordura, a qual tem influência direta nas características organolépticas e na atratividade visual do produto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da restrição alimentar no período de crescimento em confinamento sobre a composição do músculo semitendinoso quanto ao tipo e área das fibras musculares, bem como possíveis relações entre as características das fibras com algumas características da carcaça.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Morro Grande, do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário - NOMURABRÁS, em Araxá, MG.

Foram utilizados 66 bovinos inteiros, oriundos do cruzamento Simental x Nelore, com sete a oito meses de idade, peso médio inicial de 220±34,03 kg, identificados individualmente, nascidos e criados na mesma propriedade em pastagens cultivadas de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum*.

Utilizou-se análise de variância para experimento inteiramente casualizado, com três grupos (G_1 = *ad libitum*; G_2 = restrição + soja crua; G_3 = restrição + soja submetida a tratamento térmico), calculando-se a estatística F e seu respectivo "p-value", nas duas fases experimentais: fase 1 (crescimento) e 2 (terminação).

Nos casos de $P < 0,05$, a análise foi complementada com o teste de Tukey para a comparação dos pares de médias, calculando-se a diferença mínima significativa para $\alpha = 0,05$ (Zar, 1984).

A restrição alimentar foi estipulada em relação ao grupo 1 (*ad libitum*) quanto ao consumo de matéria seca, respeitando a relação volumoso:concentrado para os demais grupos, utilizando-se a composição das dietas apresentadas na Tabela 1.

A dieta foi formulada de acordo com o exigido para animais em crescimento, com níveis de ganho diário em torno de 0,800 kg nos tratamentos com restrição. Nessa fase, a fonte protéica foi a soja em grão, submetida ou não a tratamento térmico. Os grãos da soja foram colocados no secador de cereais numa temperatura de 115°C durante 20 minutos, por ocasião da colheita. Antes de serem fornecidos aos animais, grãos foram "quebrados" em três ou quatro partes em triturador sem peneira.

No período experimental, amostras mensais da soja crua e soja submetida ao tratamento térmico foram analisadas quanto à solubilidade da proteína. Para análise das

TABELA 1. Composição das dietas experimentais da fase 1.

Ingrediente	Composição da dieta (%) na matéria seca		
	Grupo 1 <i>Ad libitum</i>	Grupo 2 25% rest.(SC) ¹	Grupo 3 25% rest.(ST) ¹
Milho moído	5	65	65
Silagem de milho	87	22	22
Soja grão	6	11	--
Soja grão tostada	--	--	11
Uréia	1	1	1
Mineral	1	1	1
Relação vol. conc.	87:13	22:78	22:78
Prot. bruta (%)	12	15	15
NDT (%)	62	78	78

¹ SC - soja crua; ST - soja com tratamento térmico.

fibras musculares utilizou-se a técnica da biópsia cirúrgica do músculo semitendinoso (região do corte carne comercial do lagarto) ao final das fases 1 e 2, em quatro animais sorteados dentro de cada tratamento. Optou-se por realizar a biópsia nesse músculo por ser de fácil identificação e acesso, e não apresentar em sua cobertura excessiva camada de tecido adiposo, o que o deixa praticamente em contato com a pele, permitindo melhor uniformidade em sua amostragem em termos de profundidade e localização da biópsia.

As amostras do músculo foram coletadas, após aplicação de anestésico local, sempre na mesma profundidade, e imediatamente congeladas em N-hexana, previamente resfriada em nitrogênio líquido por dois minutos (Chayen et al., 1969). Em seguida, os fragmentos do músculo foram identificados e acondicionados em botijão de nitrogênio líquido para identificação e contagem das fibras, no Laboratório de Histoenzimologia do Dep. de Morfologia do Instituto de Biociências- UNESP-Botucatu.

Para a contagem e estabelecimento das frequências (%) dos tipos de fibra, as lâminas foram analisadas em vários campos microscópicos, para a obtenção do maior número possível de dados, utilizando-se uma câmara de Neubauer acoplada a um microscópio óptico comum, com a ocular 12,5 X e a objetiva 40 X.

A determinação da área das fibras foi feita com um analisador de imagens de microscopia óptica, utilizando-se um software da Videoplan (Zeiss) - Kontrom Eletronics/Alemanha, com objetiva de 12,5 e tubo de imagem de 0,8 mm. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Histologia da FCAV-UNESP-Jaboticabal.

Os dados referentes à composição, porcentagem e área das fibras foram analisados através do procedimento GLM do SAS (1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se neste estudo que a porção superficial do músculo semitendinoso dos bovinos mestiços Simental-Nelore é constituída por três tipos de fibras: vermelhas (SO); intermediárias (FOG); e brancas (FG), com uma disposição espacial em mosaico. Não foi possível a contagem das fibras intermediárias na reação com o NADH-TR em muitas lâminas, pela impossibilidade de distingui-las das vermelhas, e por isso foram computadas juntas, uma vez que ambas apresentam em comum o caráter oxidativo.

As fibras nos cortes transversais das amostras do músculo semitendinoso fixados e corados pela hematoxilina-eosina (HE) apresentam-se organizadas em fascículos circundados por tecido conjuntivo, com formato poligonal, diferentes áreas e com núcleos periféricos. As Figs. 1 e 2 representam, respectivamente, as amostras coletadas nos finais das fases de crescimento e terminação do tratamento *ad libitum* e restrição, as quais apresentam proporção equilibrada entre as fibras com menor e maior área, característica de animais jovens em crescimento (Porto, 1992). Essa descrição também pode ser aplicada ao tratamento submetido à restrição alimentar.

Os resultados da análise estatística quanto às características das fibras musculares estão apresentados na Tabela 2 e incluem os valores médios das fases de crescimento e terminação, uma vez que a interação entre fase e tratamento não foi significativa.

A composição e tipos de fibras são determinados pelos seus metabolismos que podem ser oxidativo (SO e FOG) e glicolítico (FG), como também o comportamento contrátil, "slow" nas fibras SO, e "fast" nas FOG e FG.

As frequências das fibras apresentam diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os tratamentos. No tratamento *ad libitum*, a frequência das brancas foi da ordem de 45,40%, e das vermelhas de 54,60%, numa proporção de 17%.

Os tratamentos com restrição alimentar, por não apresentarem diferenças significativas, foram agrupados, revelando frequência de fibras brancas de 38,42% e de vermelhas de 61,58%, numa proporção de 38%, evidenciando a influência do manejo nutricional na proporção das fibras.

A proporcionalidade entre as fibras brancas e vermelhas é atribuída ao fato de as fibras intermediárias (FOG) estarem sujeitas a modulações e transformações para brancas (FG), alterando assim a composição e conseqüentemente, o metabolismo muscular. Tais modulações, segundo Ashmore et al. (1972), Spindler et al. (1980), Johnston et al. (1981) e Porto (1992), podem ser causadas por vários fatores,

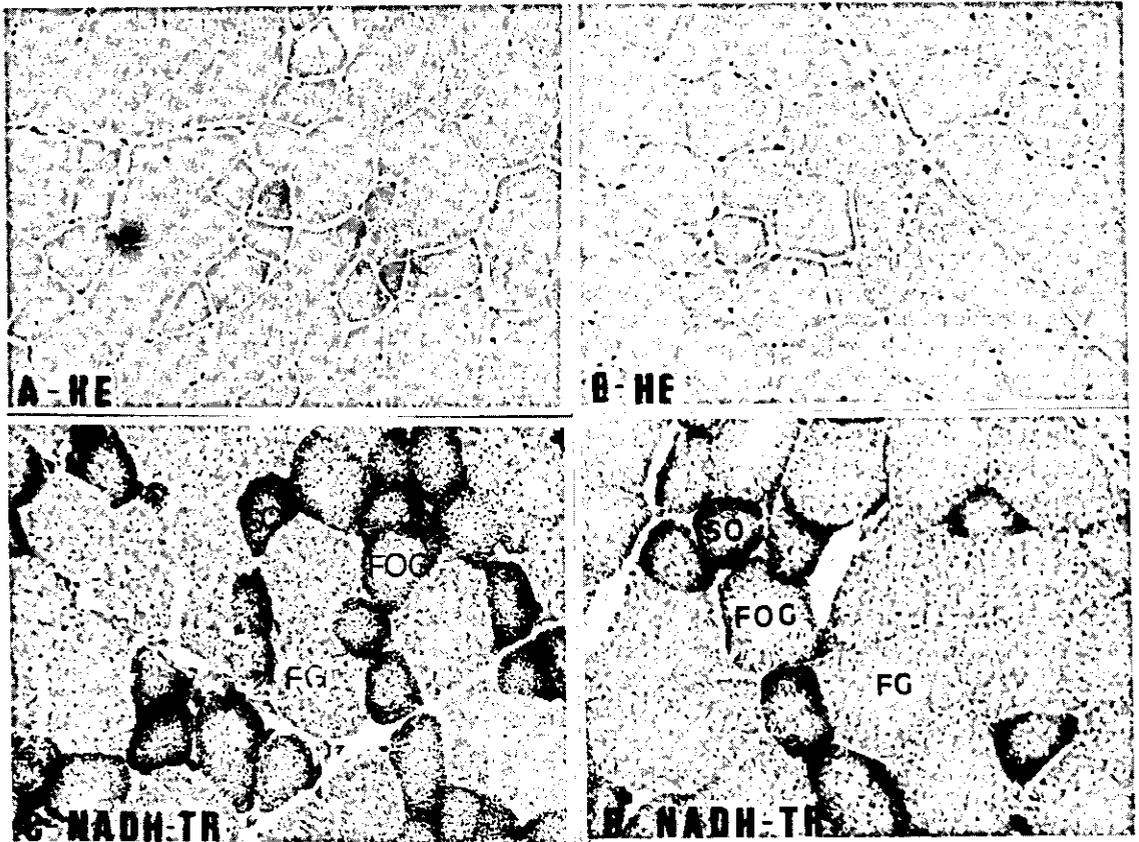


FIG. 1. Corte transversal do músculo semitendinoso de bovino (tratamento *ad libitum*), fase 1 (A e C), fase 2 (B e D). 240 X.

entre os quais destacam-se os estímulos nervosos, o efeito das raças, do sexo e principalmente do nível alimentar.

A maior frequência de fibras vermelhas encontradas no presente trabalho nos animais submetidos à restrição alimentar, provavelmente foi determinada pela modulação das fibras glicolíticas (FG) para as oxidativas (FOG), uma vez que nesse período houve predominância do metabolismo oxidativo provocado pela menor ingestão de matéria seca. Por sua vez, nos animais alimentados *ad libitum* o comportamento da modulação foi o inverso, caracterizado pelo metabolismo glicolítico desta fase, favorecendo o direcionamento das FOG para FG.

Os resultados encontrados no presente estudo estão de acordo com os citados por Seidman & Crouse (1986), que encontraram menor porcentagem de fibras brancas em bovinos que receberam uma restrição energética de 17% em comparação ao lote alimentado sem restrição alimentar.

Considerando que a manifestação do ganho compensatório, na fase de alimentação normal, altera a composição da carcaça favorecendo o depósito de proteína durante a fase de restrição, este manejo pode tornar o crescimento mais econômico, pois as exigências de manutenção dos animais são menores.

A proporção dos tipos de fibras musculares pode também estar relacionada com a maciez da carne, de

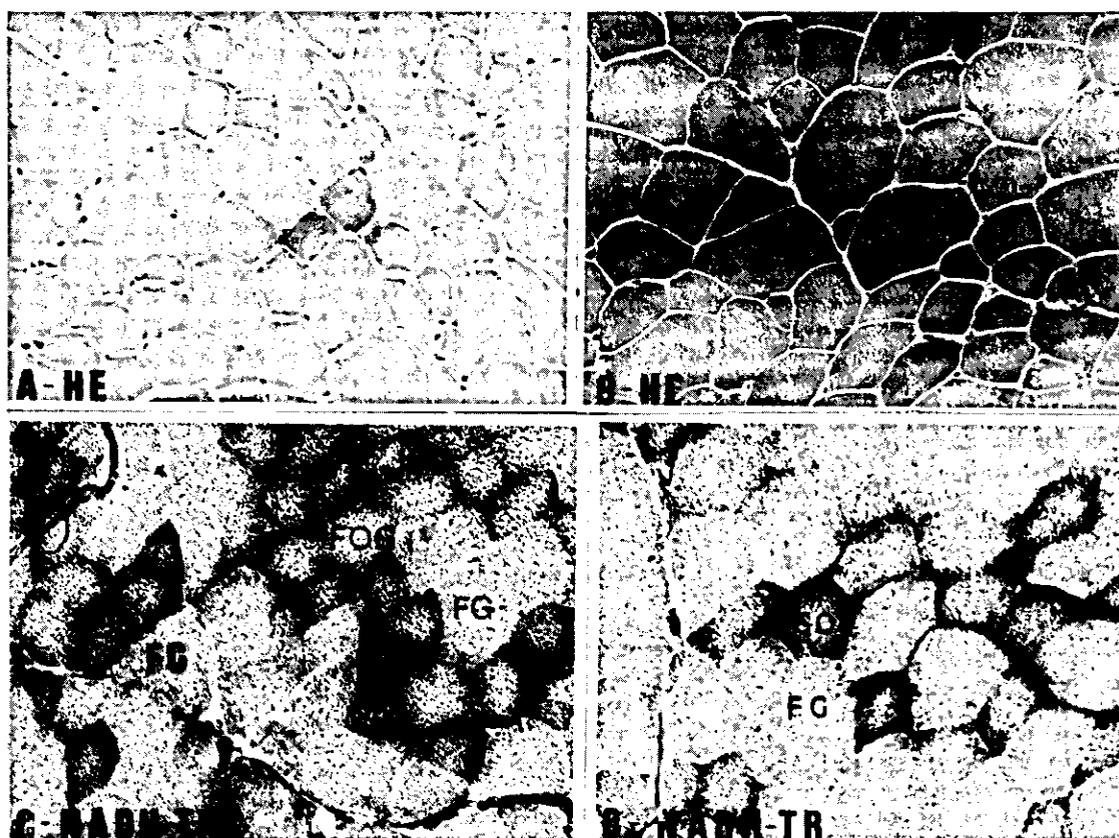


FIG. 2. Corte transversal do músculo semitendinoso de bovino (tratamentos submetidos à restrição alimentar) fase 1 (A e B) e fase 2 (C e D), 240 X.

acordo com Calkins et al. (1981), que encontraram uma correlação significativa entre as fibras musculares oxidativas (SO e FOG) e taxa de marmoreio e, conseqüentemente, com a maciez da carne. Também Moody et al. (1980) e Ockerman et al. (1984) encontraram correlação positiva e significativa entre as fibras vermelhas (SO e FOG) e a maciez da carne.

Como no presente estudo os animais submetidos à restrição alimentar tiveram maior freqüência de fibras vermelhas, possivelmente tenderiam a apresentar carcaças com maior maciez da carne, caracterizando a restrição alimentar como um método de manejo nutricional mais econômico, com reflexo positivo na qualidade do produto.

Com relação à área das fibras, existe na literatura uma concordância entre os autores (Li & Goldberg, 1975; Stickland et al., 1975; Porto, 1992) de que a restrição alimentar pode propiciar uma redução nas áreas das fibras.

No presente trabalho, observa-se (Tabela 3) que a área das fibras "fast" e "slow" foram superiores ($P < 0,05$) nos animais do tratamento *ad libitum*. A grande diferença nas áreas dessas fibras na fase 1 entre os tratamentos foi compensada na fase 2 pela maior taxa de crescimento das fibras, notadamente as "fast", ressaltando o efeito do crescimento compensatório nos animais submetidos à restrição alimentar.

TABELA 2. Valores médios, incluindo as duas fases experimentais, das características (frequência, porcentagem e área) das fibras musculares utilizando a análise de contraste ortogonal.

Parâmetro	Tratamento			CV	Contraste ortogonal	
	<i>Ad libitum</i>	Rest. + SC	Rest. + ST		<i>Ad libitum</i> vs. restrição	Restr. SC vs. Restr. ST
Frequência(%) das fibras brancas	45,40	38,33	38,50	11,23	**	NS
Frequência(%) das fibras vermelhas	54,60	61,67	61,49	7,72	**	NS
Frequência (%) fibras "slow"	18,98	14,17	13,94	21,86	+	NS
Frequência (%) fibras "fast"	81,02	85,83	86,06	4,09	+	NS
Área das fibras "fast" (μm^2)	6162,50	5113,50	5285,40	14,22	*	NS
Área das fibras "slow" (μm^2)	2980,80	2771,10	2573,80	11,70	*	NS
Taxa de crescimento fibras "fast"	1604,80	2994,00	2844,00	42,63	NS	NS
Taxa de crescimento fibras "slow"	1617,30	1695,20	1843,20	30,64	NS	NS

+ = P<0,10; * = P<0,05; ** = P<0,01.

TABELA 3. Área das fibras "fast" e "slow" (μm^2) em função dos tratamentos nas duas fases experimentais.

Tratamento	Área			
	Fase 1		Fase 2	
	Fast	Slow	Fast	Slow
<i>Ad libitum</i>	5360,07	2172,14	6964,90	3789,43
25% de restrição SC	3616,56	1923,53	6610,53	3618,72
25% de restrição ST	3207,77	1500,11	6324,21	3379,05

CONCLUSÕES

1. A restrição alimentar favorece a modulação dos três tipos de fibras, aumentando a frequência das fibras FOG em 10,88% e diminuindo as SO e FG em 4,81% e 6,90%, respectivamente, com possíveis alterações na qualidade da carne.

2. O crescimento compensatório na fase de terminação recupera as áreas das fibras que sofrem redução durante a fase de restrição alimentar.

REFERÊNCIAS

- ASHMORE, C.R.; TOMPKINS, G.; DOERR, L. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. *Journal of Animal Science*, v.34, p.37-41, 1972.
- CALKINS, C.R.; DUTSON, T.R.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; DAVIS, G.W. Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. *Journal of Food Science*, v.46, p.708-713, 1981.
- CHAYEN, J.; BITENSKI, L.; BUTCHER, R.G.; POUTER, L.W. A guide to practical histochemistry. London: Oliver and Boyd, 1969. 261p.
- JOHNSTON, D.M.; MOODY, W.G.; BOLING, J.A.; BRADLEY, N.W. Influence of breed type, sex, feeding system, and muscle bundlesize on bovine fiber type characteristics. *Journal of Food Science*, v.46, p.1760-1765, 1981.
- LI, J.B.; GOLDBERG, A.L. Effects of food deprivation on protein synthesis and degradation in rat skeletal muscles. *American Journal of Physiology*, v.231, p.441-448, 1975.
- MOODY, W.G.; KEMP, J.D.; MAHYUDDIN, D.M.; JOHNSTON, D.M.; ELY, D.G. Effects of feeding systems, slaughter weight and sex on histological properties of lamb carcasses. *Journal of Animal Science*, v.50, n.2, p.249-256, 1980.
- OCKERMAN, H.W.; JAWOREK, D.; VAN STARVERN, B.; PARRET, N.; PIERSON, C.J. Castration and sires effects on carcass traits, meat palatability and muscle fiber characteristics in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, v.59, n.4, p.981-990, 1984.
- PORTO, S.M. Morfologia e histoenzimologia das fibras do músculo Semitendinoso de búfalos

- (Bubalus bubalis)* em crescimento. Botucatu: UNESP, 1992. 103p. Dissertação de Mestrado.
- SAS INSTITUTE. SAS user's guide: statistics. Inc, Cary, NC, 1982. 956p.
- SEIDMAN, S.C.; CROUSE, J.D. The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Science*, v.17, p.55-72, 1986.
- SPINDLER, A.A.; MATHIAS, M.M.; KRAMER, D.A. Growth changes in bovine muscle fiber types as influenced by breed and sex. *Journal of Food Science*, v.45, p.29-35, 1980.
- STICKLAND, N.C.; WIDDOWSON, E.M.; GOLDSPINK, C. Effects of severe energy and protein deficiencies on fibres and nuclei in skeletal muscle of pigs. *British Journal Nutrition*, v.34, p.421-428, 1975.
- TOTLAND, G.K.; KRIVY, H.; SLINDE, E. Composition of muscle fiber types and connective tissue in bovine muscle semitendinosus and its relations to tenderness. *Meat Science*, v.23, p.303-315, 1988.
- YAMBAYAMBA, E.; PRICE, M.A. Fiber-type proportions and diameters in the longissimus muscle of beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. *Canadian Journal of Animal Science*, v.71, p.1031-1035, 1991.
- ZAR, J.H. *Bioestatistical. Analysis*. 2.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Int., 1984. 718 p.