

Musculatura dupla. I – Características de desempenho e da carcaça de bovinos

C. Salviano Teixeira¹, D.A. Andrade de Oliveira e C.R. Quirino²

Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.
Av. Antonio Carlos, 6627 Belo Horizonte - MG 30161-970 Brasil

Double muscling I. – Performance and carcass characteristics in beef cattle

ABSTRACT. Double muscling or muscular hypertrophy is a genetic inheritance found in several species of economic interest, such as cattle, sheep and pigs. The highest frequency in cattle is found in Belgian Blue and Piedmontese breeds. However it is also found in Charolais, Rubea Galega, Marchigiana and others breeds. The superior carcass characteristics and higher proportion of prime cuts have been responsible for the worldwide increase in the number of animals with muscular hypertrophy, due to either the systematic selection of animals for double-muscled animals or the use of double muscled animals in crossbreeding. Despite of the fact that double muscling is associated with reduced fertility and dystocia, in the economic context, the gains in feed conversion and meat quality (leaner and more tender beef) outweigh the costs of these problems.

Key words: beef cattle, carcass characteristics, double muscling, meat production, muscular hypertrophy, myostatin.

© 2006 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2006. Vol. 14 (1): 10-16

RESUMO. A musculatura dupla ou hipertrofia muscular é uma herança congênita e pode ser encontrada em bovinos, ovinos e suínos entre outras espécies. Em bovinos sua frequência é mais alta nas raças Belgian Blue e Piemontesa, entretanto, pode ser encontrado nas raças Charolesa, Rubea Galega, Marchigiana entre outras. As características de carcaça e cortes superiores têm sido responsáveis pelo aumento no número de indivíduos com hipertrofia muscular em várias regiões do mundo, gerada pela seleção sistemática para animais com musculatura dupla ou o uso destes em acasalamentos cruzados. Apesar da musculatura dupla estar associada a problemas, tais como distócia e redução de fertilidade, no contexto econômico, os ganhos na conversão alimentar e na qualidade da carne (mais macia e magra) têm compensado os custos de tais problemas.

Palavras-chave: Bovinos, características de carcaça, hipertrofia muscular, miostatina, musculatura dupla, produção de carne.

Introdução

Na produção de bovinos para corte, o aumento da musculatura sempre foi um dos maiores desafios para os pesquisadores e criadores. Recentemente, o aumento da massa muscular passou a ser uma das metas em alguns programas de melhoramento. E, muitas vezes, tal objetivo é conseguido artificialmente, através do uso de promotores de crescimento. Hoje em dia, como resultado de intensa seleção por muitas gerações, têm-se animais que apresentam uma musculatura extremamente desenvolvida. A musculatura dupla (MD) ou hipertrofia muscular é condição hereditária em algumas raças bovinas, resultado do aumento no número e, também, do aumento individual de fibras musculares, quando comparado ao bovino normal. Esse aumento relativo é observado cedo na gestação,

resultando em duas vezes o número de fibras musculares no bezerro ao nascer. Comparados a bovinos normais, algumas raças que apresentam a característica, têm dificuldade de parto (distocia), redução de fertilidade e da tolerância ao estresse e da viabilidade do bezerro. Entretanto, no aspecto econômico, têm aumento na conversão alimentar, na porcentagem de cortes nobres, têm menos osso e gordura e cerca de 20% a mais de músculo. Em vista disso, os possíveis problemas têm sido relevados, levando à seleção sistemática para animais com musculatura dupla ou seu uso em cruzamentos. As raças mais estudadas e que apresentam o fenótipo Musculatura Dupla são: a Belgian Blue e Piemontesa, além de outras como a Asturiana de los Valles, Maine Anjou, Charolesa, Limousin, Parthenaise e Rubea Gallega. O tipo de mutação varia entre as raças. Recentemente, foi descrita, na Itália, a mutação

Recibido: 07-06-05 Aceptado: 22-11-05

¹E-mail: clasalt@gmail.com

²Universidade Estadual Norte Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil

que determina a Musculatura Dupla em animais da raça Marchigiana. O objetivo deste trabalho é apresentar um relato histórico da hipertrofia muscular, as características físicas e fisiológicas dos bovinos com Musculatura Dupla, bem como as vantagens e inconvenientes na criação para corte.

Histórico

A Musculatura Dupla vem sendo notada em muitas raças de bovinos de corte, em várias partes do mundo, há centenas de anos. A primeira descrição deste fenótipo foi feita por Culley, em 1807, segundo relatam Oliver e Cartwright, 1968, Ott, 1990, Karin *et al.*, 2000, entre outros. Culley observou, na Inglaterra, animais que, provavelmente, deram origem à raça Shorthorn e notou que os animais com musculatura dupla, além de maiores que o gado normal, apresentava carcaça com pouca gordura.

Desde então, outros pesquisadores descreveram a musculatura dupla, sempre ressaltando a maior quantidade de carne e a gordura reduzida. Oliver e Cartwright (1968), citam a descrição de Youatt (1834), que considerava de má qualidade a carne de animais com Musculatura Dupla, devido à pouca gordura. Descrevem, ainda, que os animais eram desajeitados, uma vez que tinham a parte posterior do corpo muito grande. Além disso, essa condição era frequentemente fatal para as vacas que pariam bezerras com essas características. Entretanto, esses animais mais musculosos difundiram-se por vários países europeus durante os séculos XIX e XX, indicando, segundo Oliver e Cartwright (1968), uma distribuição preferencial que, provavelmente, manteve os genes para esta característica nas populações atuais.

De acordo com Oliver e Cartwright (1968), a carne do bovino com musculatura dupla era preferida pelos consumidores de algumas regiões francesas em função da menor quantidade de gordura, valorizando economicamente esse tipo de carne no mercado francês e favorecendo a sua seleção. Atualmente, na França, não há grande frequência do gene da Musculatura Dupla, apesar de se notar a presença importante da muscularização nas raças mais difundidas (Goyache *et al.*, 1996).

Ainda segundo Oliver e Cartwright (1968), a musculatura dupla foi descrita na Itália por Bussaferrero em 1905, onde a raça Piemontesa é uma das mais populares numericamente. Raimondi (1965) estimou que cerca de 80% do rebanho Piemontes possuía características de musculatura dupla, indicando que poderia estar ocorrendo seleção a favor da mesma.

A musculatura dupla foi denominada 'cullón' e descrita em animais da raça Asturiana de los Valles no início do século XX na Espanha. A situação hoje é polêmica. Há regiões onde esse fenótipo é rejeitado por completo, porém, em outras, desde os anos 40, praticamente todos os animais possuem a característica, devido ao diferencial de preço, pelo menos 40% superior (Goyache *et al.*, 1996).

Na Bélgica, a raça Belgian Blue é predominante e apresenta as características de musculatura dupla (Hanset *et al.*, 1989). A partir dos anos 50, a seleção foi conduzida intensamente para o fenótipo hipertrofia muscular (Gengler

et al., 1995), chegando ao ponto de não ser possível encontrar animais livres da condição nos dias de hoje (Goyache *et al.*, 1996).

De acordo com Weber e Ibsen (1934), não havia descrição da presença de musculatura dupla nos rebanhos dos Estados Unidos até o final dos anos 20, quando foi caracterizada em população da raça Hereford no leste do Estado de Nebraska. Mais tarde, foi observada em criações no Kansas, nesta mesma raça e em rebanho da raça Angus. Ao final dos anos 60, foram introduzidas raças francesas (Charolês, Limousin e Blonde d'Aquitane) dando início à seleção para muscularização e melhoria da carcaça. Entretanto, ao contrário da Europa, a condição Musculatura dupla (MD) foi rejeitada pela indústria do gado Norte-Americana, por estar associada à problemas reprodutivos (Ott, 1990). Atualmente, pode ser identificada em muitas raças usadas nos Estados Unidos. As raças Piemontesa e Belgian Blue, selecionadas para musculatura extremamente desenvolvida, têm sido importadas por esse país e vêm tendo aceitação comercial em função da exigência do mercado consumidor de carne magra (Ott, 1990). Na Austrália, a musculatura dupla foi descrita em gado Angus por Butterfield (1966), enquanto na Holanda, Dinamarca e Noruega ela foi descrita nas raças Shorthorn e Ayrshire, entre outras (Weber e Ibsen, 1934; Butterfield, 1966; Oliver e Cartwright, 1968).

Características Físicas e Fisiológicas do Bovino com Musculatura Dupla

Animais que exibem musculatura dupla em grau extremo, apresentam todos os músculos do corpo aumentados. A carcaça tem quantidade reduzida de gordura, tanto subcutânea como intermuscular. Muitos consideram estes animais ideais, do ponto de vista dos cortes da carcaça, uma vez que a forma do corpo corresponde à conformação que caracteriza o animal tipo "corte". A expressão do fenótipo desta condição é variada e deve estar ligada ao tipo de herança, que será detalhado mais adiante. Algumas características passam despercebidas pelos proprietários, que, geralmente, reconhecem somente os casos mais pronunciados de hipertrofia muscular. Entretanto, é importante considerar a presença das características ao se selecionar fenotipicamente o bovino (Weber e Ibsen, 1934; Oliver e Cartwright, 1968; Goyache *et al.*, 1996).

A parte do corpo mais evidente, quando se considera as diferenças na aparência de um animal normal com o de musculatura dupla, é a parte traseira. Segundo Oliver e Cartwright (1968), o contorno geral da anca foi descrito, primeiramente, por Dechambre em 1910. O pesquisador evidenciou principalmente a aparência inclinada da anca nestes animais, com relação ao normal. A cauda dos animais MD é mais ligada ao corpo e seu início é mais proeminente e bem definido. O aumento nos músculos da anca resulta em um sulco, que pode ser observado em cada lado das vértebras sacrais. Os músculos desta região também se mostram bem definidos. Os sulcos são geralmente mais pronunciados entre os músculos *biceps femoris* e *semitendinosus*, e de modo mais discreto, entre o *biceps femoris* e o *vastus lateralis*. Acredita-se que, além do aumento dos

músculos, a gordura reduzida também contribua para a visualização dos sulcos subcutâneos (Arthur, 1995; Goyache *et al.*, 1996). O aumento dos músculos desta região faz com que se tenha impressão de que as pernas destes animais são mais afastadas (Oliver e Cartwright, 1968).

A região mediana do corpo dos animais DM é, notadamente, diferente quando comparada à normal, quando observado lateralmente. Os animais com o fenótipo musculatura dupla, parecem ser mais longos da espádua à anca e têm o abdome retraído. Os pesquisadores acreditam que esta aparência é devida ao fato de os animais serem mais volumosos (Mason, 1962; Oliver e Cartwright, 1968). A região da espádua é aumentada, embora não tão expressivamente como na região posterior. Observa-se, também, a presença dos sulcos, mas de modo menos pronunciado. Segundo pesquisadores, o animal MD é mais largo na região central dos ombros. O pescoço parece ser menor e mais grosso, arqueado acima da clavícula, pelo aumento dos músculos dessa região (Oliver e Cartwright, 1968) (Figura 1).

Uma característica importante na identificação de um animal DM pode ser observada logo após o nascimento: bezerros recém-nascidos, com esse fenótipo, apresentam a língua aumentada, condição chamada de macroglossia. Em alguns casos, toma completamente a boca, fazendo com que haja dificuldade ou até impossibilidade do bezerro se alimentar. Essa característica, geralmente, desaparece após algumas semanas de vida (Arthur, 1995; Goyache *et al.*, 1996).

Outra característica física observada no gado com hipertrofia muscular, está no aparelho reprodutor, tanto em machos quanto em fêmeas. Pesquisadores descrevem que, em ambos os sexos, a genitália externa destes animais tem características infantilizadas, ou seja, são menores que a dos animais normais. Nos machos, os testículos, além de menores, parecem estar mais próximos da parede abdominal (Oliver e Cartwright, 1968).

A expressão das características que descrevem a musculatura dupla é extremamente variável. Em um rebanho,

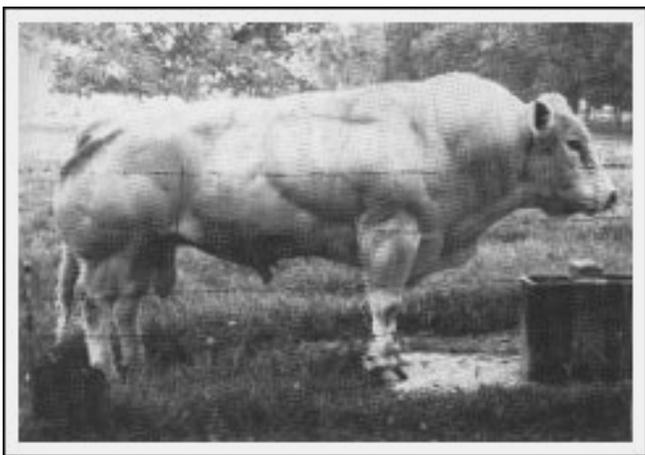


Figura 1. Animal da raça Belgian Blue com musculatura dupla. Fonte: www.bbc.co.uk/breed

poucos, ou mesmo nenhum animal, apresentarão todas as características, algumas em intensidade mais severas e em outros mais discretas. Existe, também, a possibilidade de que a expressão das características principais sejam diferentes para diferentes raças. Esses pontos devem ser considerados ao tentar-se identificar os animais fenotipicamente.

Utilizando as características principais e mais evidentes da musculatura dupla, vários autores elaboraram critérios na perspectiva de classificar os animais com base na inspeção visual. Segundo Oliver e Cartwright (1968), Charlet e Poly em 1965, consideravam a hipertrofia da língua, dos músculos da espádua, dos músculos da coxa; o corpo mais largo em relação a altura; redução do abdome (ventre de galgo); inclinação da garupa ou anca; cauda mais alta, ressaltada pela convexidade da nádega (cauda em cajado); sulcos entre os músculos; posição das pernas e pernas dianteiras com ossos mais finos. Os animais analisados recebiam, conforme a aparência, escores onde 0 = normal, 1 = intermediário e 2 = hipertrofia muscular. Esses valores eram somados e com base no total, o animal era classificado: de zero a seis era considerado normal, de sete a doze seria intermediário ou heterozigoto e de treze a vinte eram considerados como hipertróficos.

Oliver e Cartwright (1968), adotaram sistema de classificação baseados na avaliação geral, determinando como escore 1 os animais que não mostravam características de musculatura dupla; 2, eram aqueles que apresentavam características muito discretas. Os animais que mostravam características mais evidentes foram avaliados com escore 3 e aqueles que mostravam características extremas de hipertrofia muscular com escore 4. Os autores acreditavam que os indivíduos classificados como 1 e 4, incluíam todos os homozigotos normal e DM, respectivamente e, talvez, alguns heterozigotos. Já aqueles classificados como 2 e 3, seriam, em sua maioria, os heterozigotos e, talvez, alguns homozigotos com variação no grau de expressão.

Neuvy e Vissac (1962) sugeriram dez características para descrever o caráter, com valores crescentes em função da intensidade com que se apresentam: 0 se fosse baixa, 1 se intermediária e 2 se fosse alta, conforme Quadro 1, que mostra também a fase da vida do animal, onde as características indicadas para avaliação, podem ser melhor visualizadas. Valls *et al.* (1972), utilizaram essa relação de características e classificaram animais da raça Charolesa, somando o valor para cada característica e, determinando que, até seis o fenótipo é normal, de seis a nove é intermediário e maior que nove é hipertrófico.

Na verdade, nenhum destes sistemas é objetivo e eficaz, sendo apenas uma tentativa de identificação dos heterozigotos (Oliver e Cartwright, 1968). Observa-se que nenhuma das tentativas de classificação, leva em conta o sistema de manejo nutricional e sanitário, que podem influenciar consideravelmente nos escores (Goyache *et al.*, 1996).

O aumento dos músculos na musculatura dupla ocorre devido ao aumento do número de fibras musculares e ampliação individual dessas fibras (hipertrofia e

Quadro 1. Características usadas na identificação de bovinos, com relação ao tipo de conformação corpórea e a idade em que podem ser melhor avaliadas.

| Características | Idade máxima de expressividade |
|------------------------------|--------------------------------|
| Macroglossia | Do nascimento até três semanas |
| Hipertrofia da espádua | Três meses a um ano |
| Compacidade geral | Toda a vida |
| Aprumos particulares | Toda a vida |
| Retração do ventre | Três meses a um ano |
| Inclinação da anca | Toda a vida |
| Cauda acessória | Toda a vida |
| Hipertrofia muscular da coxa | Três meses a um ano |
| Presença de sulcos cutâneos | Três meses a um ano |
| Ossos mais finos | Toda a vida |

Fonte: Goyache *et al.*, 1996.

hiperplasia), quando comparado ao bovino normal (Hanset, 1982; Arthur, 1995; Gagniere *et al.*, 1997; Giovambatta *et al.*, 2002). Essas características já são evidentes no feto. Durante os primeiros dois terços da gestação, o número de fibras é maior no feto DM que no normal (Swatland e Kieffer, 1974; Arthur, 1995; Gagniere *et al.*, 1997). Ao nascer, o bezerro DM tem cerca do dobro do número de fibras musculares brancas e de áxons terminais ramificados (Swatland, 1973; West, 1974; Novakofski *et al.*, 1981). Observou-se, também, menor quantidade de colágeno nestes indivíduos (Uytterhaegen *et al.*, 1994), comprovada pela redução, de cerca de 20-30%, da quantidade de hidroxiprolina no gado com hipertrofia muscular (Hanset, 1982). Nota-se, também, aumento na fragilidade osmótica eritrocítica (King *et al.*, 1976; Bassarab *et al.*, 1980), bem como aumento na proporção sódio: potássio do músculo em gado DM em relação ao normal (Lawrie *et al.*, 1964). Diferenças na triiodotironina e tiroxina séricas têm sido descritas (Novakofski e Kauffman, 1981; Strath *et al.*, 1982). Outras diferenças fisiológicas entre o gado bovino MD e normal têm sido descritas. Essas incluem: diferenças de concentrações no soro de creatinina e creatina (Masoero, 1982), concentração de lipoproteína no plasma e glicose eritrocítica (Bassarab *et al.*, 1980) e concentração de IGF-II mRNA no músculo (Gerrard *et al.*, 1991).

Até algum tempo atrás havia muita especulação com relação aos processos fisiológicos e bioquímicos responsáveis pela musculatura dupla. Pesquisadores acreditavam que anormalidades no canal da membrana celular causavam a hipertrofia muscular (King *et al.*, 1976; Bassarab *et al.*, 1980). Outros sugeriam que a anormalidade era devido ao desequilíbrio endócrino (Pomeroy e Willians, 1962; Vissac *et al.*, 1974).

Arthur *et al.* (1990), descreveram que a musculatura dupla está associada a menores concentrações de hormônio de crescimento e insulina no plasma, indicando que o au-

mento na massa muscular não seria atribuído a aumento nos níveis de hormônio de crescimento.

Durante exercícios forçados, o bovino MD mostra sinais de fadiga mais rápido que o normal. A exaustão é explicada por Menissier (1982) como decorrente de acidose metabólica responsável pela redução da circulação do sangue (volume de sangue menor e contagem de hematócrito menor), levando à deficiência no transporte de oxigênio, por um lado, e redução da atividade metabólica aeróbica do músculo do gado MD, por outro. Durante o estresse calórico, a temperatura retal do gado MD aumenta mais rapidamente que a do gado normal (Halipre, 1973). A grande massa muscular do gado MD resulta em produção anormal ou maior de calor durante o estresse calórico, esses animais também possuem baixa capacidade de dissipação do calor com redução na capacidade respiratória.

Efeitos na Reprodução

Algumas raças que apresentam musculatura dupla mostram fertilidade reduzida em relação aos indivíduos normais (Oliver e Cartwright, 1968; Vissac *et al.*, 1974). Sugere-se que tal fato ocorra devido a diversos fatores, como o atraso na puberdade e infantilismo genital (Oliver e Cartwright, 1968; Vissac *et al.*, 1974). Foram descritos também casos de machos com testículos menores e menor volume de sêmen, embora o número de espermatozoides fosse normal (Michaux e Hanset, 1981). Em vacas DM, foram descritos casos de fertilidade reduzida, tendo como principais responsáveis o atraso na puberdade e a dificuldade de parto em algumas raças, principalmente na Belgian Blue e Piemontesa. Rollins *et al.* (1972), conduziram experimento mostrando que vacas MD e normais tinham ciclo estral similar. Ambos os tipos produziam óvulos fertilizáveis e eram capazes de conceber. Entretanto, observaram redução na capacidade de levar a termo o feto em vacas com musculabilidade extrema.

A alta frequência de distocia é bem documentada, principalmente nas raças Belgian Blue e Piemontesa (Hanset *et al.*, 1989; Casas *et al.*, 1999). Acredita-se que a dificuldade de parto resulta da combinação de vários fatores: o bezerro MD apresenta alto peso ao nascer, somado às anormalidades anatômicas, que freqüentemente acometem vacas MD, principalmente a redução relativa do esqueleto com efeito máximo na pelve e convergência do osso da crista ilíaca, resultando em estreitamento da abertura pélvica (Hanset e Jandrian, 1979; Arthur *et al.*, 1988; Arthur, 1995). Várias pesquisas mostram que os bezerros MD apresentam adaptabilidade baixa, devido às dificuldades de parto e baixo desempenho materno, e também alta incidência de deformidades, principalmente a macroglossia, que os impede de mamar adequadamente. Assim, o bezerro é relativamente fraco ao nascer. É descrito, também, que vacas DM produzem cerca de 15-30% menos leite que as normais. (Vissac *et al.*, 1974; Hanset e Jandrian, 1979; Arthur *et al.*, 1988; Arthur, 1995).

Existem autores que sugerem que a proporção do sexo dos bezerros MD não segue a expectativa de 1:1 (Hanset, 1967; Rollins, 1972; Arthur *et al.*, 1988). Esses pesquisadores descrevem frequência maior de machos do que de fêmeas com

hipertrofia muscular. Não é conhecida a razão para esse desbalanceamento na proporção do sexo. Rollins *et al.* (1972), sugerem que ocorra seleção pré-natal contra fêmeas, entretanto não há trabalhos recentes que comprovem esse fato.

Crescimento e Manutenção

Muitas pesquisas sugerem que os animais com a síndrome da musculatura dupla (MD) têm maior peso ao nascer quando comparados aos normais, cerca de 30% (Hanset, 1967; Vissac *et al.*, 1974; Menissier, 1982). A taxa de crescimento também é maior até o primeiro ano de vida ou até o desmame (Oliver e Cartwright, 1968; Vissac *et al.*, 1974; Arthur, 1995). Nos anos seguintes, alguns pesquisadores descreveram que a taxa de crescimento dos bezerros DM é relativamente menor que nos indivíduos normais (Geay, *et al.*, 1982; Arthur, 1995). Outros observaram que a superioridade do crescimento é mantida durante a fase pós-desmame (Oliver e Cartwright, 1968). Entretanto, vale notar que as diferenças no crescimento entre o bovino MD e o normal, na maioria das vezes, não leva em consideração o manejo, habilidade materna, sexo do bezerro e regime nutricional, que controlam a expressão do potencial de crescimento (Arthur, 1995).

Arthur (1995) descreveu o reduzido apetite do bovino MD, resultando em melhor eficiência alimentar, considerando o ganho de peso por caloria ingerida, alterações nas condições de manejo e maior susceptibilidade ao estresse. Sugeriu-se que a redução na ingestão alimentar seja devido ao fato do trato digestivo apresentar tamanho reduzido nestes animais (Vissac, 1968; Arthur, 1995). Acredita-se que o bovino MD expresse seu melhor potencial de crescimento em dietas concentradas. Entretanto, esses indivíduos são sensíveis à restrição alimentar e mudanças na dieta e têm habilidade reduzida para adaptar-se às condições de manutenção do rebanho, em comparação com o bovino normal.

Características da Carcaça

Os animais com musculatura dupla apresentam características de carcaça superiores aos normais. Isto se deve, principalmente, à hipertrofia muscular, menor proporção de gordura, aos ossos mais finos e à presença de trato digestivo menor (Geay *et al.*, 1982; Arthur, 1995; Wheeler, *et al.*, 2001). Pesquisadores descreveram que o peso do couro, coração, sangue, rins e cérebro também constituíam uma porcentagem menor de peso em animais MD (Vissac, 1968). Arthur (1995) descreveu aumento de pelo menos, 30% na relação músculo: osso em carcaças MD quando comparadas com as de animais normais. As modificações na composição do corpo de animais com hipertrofia muscular não são uniformes e têm como resultado, carcaças com maior quantidade de cortes nobres em relação à carcaça sem a mutação.

A característica MD apresenta vantagens e desvantagens, que dependem da demanda do mercado de certos países. É claramente identificado que, em certas áreas da França, Bélgica e Itália, existe a preferência do tipo de carne produzida pelo gado MD, aumentando a seleção para estes animais (Oliver e Cartwright, 1968). Ao contrário, Weber e Ibsen (1934) identificaram que a carcaça MD era

indesejável no mercado norte-americano, pois a carne apresentava pouca gordura. Ott (1990), entretanto, já mencionou aumento da demanda de carne magra nesta região.

Raimondi (1965), estudando proporções de músculo, gordura e ossos em carcaças MD e normal, descreveu que os indivíduos MD apresentavam 3% menos gordura, 8% mais músculos e 2,3% menos ossos que os indivíduos normais. Vissac (1968) também comparou animais destes tipos e descreveu 73,4% de músculo em carcaças MD e 61,6% em normais; a porcentagem de gordura em MD foi de 7%, enquanto para normal foi de 11,6%. A área do olho de lombo também apresentou diferenças, sendo 118,8 cm² para MD e 96,4 cm² para carcaças normais. Pomeroy e Willians (1962) estudaram carcaças de um animal MD e seu meio-irmão normal, por dissecação completa da carcaça. Os animais tinham a mesma idade quando abatidos. O animal com hipertrofia muscular apresentou peso 87% maior que o normal. A proporção do peso de músculo limpo das duas carcaças foi de 1:2,31 a favor da carcaça MD.

Os trabalhos citados (Raimondi, 1965; Pomeroy e Willians, 1962; Vissac, 1968), embora bem detalhados para avaliar as diferenças na composição da carcaça, apresentam a limitação de terem sido baseados em poucos animais (Oliver e Cartwright, 1968).

Qualidade da Carne

Estudos sobre a avaliação da qualidade da carne de animais MD comparadas à dos animais de conformação normal não são abundantes na literatura. A maciez é predominante na determinação da qualidade e, muitas vezes, considerada a característica organoléptica mais importante da carne (Koochmarai, 1992; Uytterhaegen *et al.*, 1994). Estudos iniciais (Culley em 1807; Youatt em 1834, citados por Oliver e Cartwright, 1968) indicaram que animais MD têm tendência a produzir carne de corte escuro, que é dura e de qualidade pobre. Entretanto, outros estudos mais recentes indicam que a carne de animais MD é relativamente mais tenra que a do bovino normal (Boccard, 1982; Bailey *et al.*, 1982; Bouton *et al.*, 1980). As disparidades entre os estudos a respeito da qualidade da carne de animais MD, comumente, não são genéticas. Atualmente, os conhecimentos de fatores não genéticos, tais como estresse pré-abate, proporção de resfriamento das carcaças e envelhecimento da carne, que influenciam na qualidade, têm aumentado e tornado mais efetiva a redução dos efeitos de alguns destes fatores na qualidade da carne produzida. A maciez da carne é influenciada pelo conteúdo do tecido conectivo e o efeito da tenderização miofibrilar. Esta envolve porções de músculo resfriado, a degradação de estruturas protéicas miofibrilares específicas, o sistema protease dependente de cálcio, enzimas catepsinas e aumento na resistência iônica pós-abate (Wheeler, *et al.*, 2001).

A contribuição da tenderização miofibrilar para o aumento da maciez da carne de bovino MD não é completamente entendida (Shackelford *et al.*, 1995), mas a contribuição do tecido conectivo é conhecida. Como mencionado anteriormente, os músculos do gado MD têm menor quantidade de colágeno (tecido conectivo). Muitos au-

tores descrevem que os animais hipertróficos têm níveis diminuídos de colágeno no músculo, o que implicaria diretamente na redução da resistência e, conseqüentemente, em carne mais macia (Oliver e Cartwright, 1968; Uytterhaegen *et al.*, 1994; Arthur, 1995). Outros fatores, tais como, as fibras musculares menores no animal hipertrofiado (Bailey, *et al.*, 1982) devem contribuir para o aumento da maciez da carne. A carne de bovino MD é mais magra e ligeiramente mais pálida. A palidez da carne é devida, possivelmente, à maior proporção de fibras brancas, além de menor quantidade de mioglobina dos músculos nestes animais (Boccard, 1982).

Alguns aspectos, considerados negativos, foram descritos e incluem a cor pálida, sabor insípido e redução da retenção de água. Pesquisas anteriores demonstraram a preocupação com o sabor da carne com relação a redução da gordura. Oliver e Cartwright (1968) questionaram se a quantidade de gordura intramuscular estaria relacionada com a qualidade gustativa, o que, em animais MD, poderia indicar que a carne seria menos saborosa e succulenta e a maciez também poderia ser afetada. Entretanto, em estudo comparativo, não encontrou diferenças na qualidade gustativa entre os dois tipos de carne. Também, Kidwell *et al.* (1952), realizaram testes de cozimento e palatabilidade em carne de animais MD e normais e não estabeleceram diferenças relevantes em palatabilidade e maciez para os dois tipos. Outro estudo comparativo também descreve que a carne MD teria qualidade superior no que se refere à maciez e, quanto ao sabor e aroma, era semelhante à dos animais de conformação normal. Shrode e Lush (1947), comentaram que o mercado norte-americano não se interessava por carne MD, uma vez que havia pouco conhecimento sobre esses animais. Em trabalhos mais recentes, Uytterhaegen *et al.* (1994), observaram a qualidade da carne de animais com musculatura dupla e concluíram que a qualidade da carne era excepcional, apresentando a maciez esperada. Deve-se destacar que, nos estudos realizados antes de meados dos anos 90, não era possível determinar genotípicamente os animais, e assim, não seria possível diferenciar os animais normais dos heterozigotos. Isso deve ser levado em conta ao interpretar resultados envolvendo bovinos normais e com musculatura dupla (Uytterhaegen *et al.*, 1994; Arthur, 1995).

Atualmente, os avanços na área da biotecnologia têm permitido melhorar a produção. A identificação da característica musculatura dupla é de considerável importância na aplicação de programas de seleção assistida por marcadores genéticos, permitindo controlar rebanhos e determinar as vantagens e desvantagens, mostrando grande potencial de aplicação em programas para melhorar a qualidade da carne.

Considerações Finais

Apesar dos efeitos negativos como, tolerância ao estresse e fertilidade e do aumento de partos distócicos, o estudo da musculatura dupla é potencialmente útil à criação de bovinos de corte, tendo resposta significativa no aumento da

conversão alimentar, na porcentagem de cortes nobres, com menos osso e gordura e cerca de 20% a mais de músculo. Tal fato tem levado à expansão de raças bovinas que manifestam esse fenótipo, bem como de seu uso em cruzamentos. E tem sido facilitado pelo uso das novas técnicas de biotecnologia, permitindo a identificação de animais portadores do alelo mutante, tornando mais eficiente o processo de seleção.

Literatura Citada

- Arthur, P.F. 1995. Double muscling in cattle: a review. *Austr. J. Agric. Res.* 46: 1493
- Arthur, P.F., M. Makarechian, R.K. Salmom, 1990. Plasma growth hormone and insulin concentration in double muscled and normal bull calves. *J. Anim. Sci.* 68: 1609
- Arthur, P.F., M. Makarechian, M.A. Price, 1988. Incidence of dystocia and perinatal calf mortality resulting from reciprocal crossing of double-muscled and normal cattle. *Canadian Vet. Journal.* 29: 163
- Bassarab J.A., R.T. Berg, J.R. Thompson, 1980. Erythrocyte fragility in double-muscled cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 60:869
- Bailey, A.J., M.B. Enser, E. Dransfield, D.J. Restall, N.C. Avery, 1982. Muscle and adipose tissue from normal and double muscled cattle. *Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci.* 16: 178
- Boccard, R. 1982. Relationship between muscle hypertrophy and the composition of skeletal muscle. *Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci.* 16: 148
- Bouton, P.E., P.V. Harris, W.R. Shorthose, R.W. Ellis, 1978. Comparison of some properties of meat from normal steers and steers heterozigous for muscular hypertrophy. *Meat Sci.* 2: 161
- Butterfield, R.M. 1966. Muscular hypertrophy of cattle. *Aust. Vet. J.* 42:37
- Casas, E., J.M. Keele, S.C. Fahrenkrug, T.P.L. Smith, L.V. Cundiff, R.T. Stone, 1999. Quantitative analysis of birth, weaning, and yearling weights and calving difficulty in Piedmontese crossbreds segregating an inactive myostatin allele. *J. Anim. Sci.* 77: 1686
- Gagniere, H., B. Picard, C. Jurie, Y. Geay, 1997. Comparative study of metabolic differentiation of foetal muscle in normal and double-muscled cattle. *Meat Sci.* 45: 145
- Geay, Y., J. Robelin, M. Vermorel, C. Branger, 1982. Muscular development and energy utilization in cattle: the double muscled as an extreme or deviant animal. *Curr. Top. Vet. Anim. Sci.* 16:74
- Gengler, N., C. Seutin, F. Boonen, L.D. van Vleck, 1995. Estimation of genetic parameters for growth, feed consumption and conformation traits for double-muscled Belgian Blue bulls performance-tested in Belgium. *J. Anim. Sci.* 73: 3269
- Gerrard, D.E., K.H. Thrasher, A.L. Grant, R.P. Lemenager, M.D. Judge, 1991. Serum-induced myoblast proliferation and gene expression during development of double muscled and normal cattle. *J. Anim. Sci.* 69: 317
- Giovambatta, G., M.V. Ripoli, J.P. Liron, F.N. Dulout, P. Peral Garcia, 2002. Aspectos genéticos de la doble musculatura en bovinos. *Produccion Bovina de Carne*
- Goyache, F., A. Villa, S. Dunner, J.P. Gutierrez, L. Alonso, M. Vallejo, I. Canon, 1996. Importancia de la hipertrofia muscular hereditaria en la raza Asturiana de los Valles. 45-61
- Halipre, A. 1973. Etude de caractere culard. *Ann. Gen. Sel. Anim.* 5: 441
- Hanset, R. 1967. Le probleme de l'hypertrrophie musculaire de caractere culard dans la race bovine de Mayenn et Haute Belgique. *Ann. Med. Vet.* 111:140
- Hanset, R. 1982. Muscular hypertrophy as a racial characteristic: the case of the Belgian Blue breed. In: *Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production.* p 437
- Hanset, R, M. Jandrian, 1979. Selection for double muscling and calving problems. *Curr. Top. Vet. Anim. Sci.* 4:91
- Hanset, R., C. Michaux, G. Detal, 1989. Genetic analysis of some maternal reproductive traits in the Belgian Blue cattle breed. *Livest. Prod. Sci.* 23:79
- Karin, L., W. Coppieters, L. Grobet, A. Valentini, M. Georges, 2000. Convenient genotyping of six myostatin mutations causing double-muscling in cattle using multiplex oligonucleotide ligation assay.

- Anim. Genetics. 31: 396
- Kidwell, J.C., E.H. Vernon, R.M. Crown, C.B. Singletary, 1952. Muscular hypertrophy in cattle. *J. Hered.* 43: 63
- King, W.A., P.K. Basrur, R.G. Brown, 1976. Osmotic response tests on erythrocytes for detection of double muscle carriers in cattle. *Ann. Genet. Sel. Anim.* 8: 41
- Koohmaraie, M. 1992. Role of the neutral proteinases in post mortem muscle protein degradation and meat tenderness. *Proc. Recip. Meat Conf.* 45: 63
- Lawrie, R.A., R.W. Pomeroy, D.R. Willians, 1964. Studies in the muscle of meat animals. IV - Comparative composition of muscle from doppelender and normal sibling heifers. *J. Anim. Sci.* 62:89
- Mason, I.L. 1962. Symptoms of muscular hypertrophy in heterozygous steers. *Anim. Prod.* 5: 57
- Masoero, G. 1982. Creatinine variation in transmission of muscle hypertrophy in Piedmontese cattle. In: *Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production.* p. 219-235.
- Ménissier, F. 1982. General survey of the effect of double muscling on cattle performance. *Curr. Top. In Vet. Med. And Anim. Sci.* 16: 23
- Michaux, C., R. Hanset, 1981. Sexual development of double muscled and conventional bulls. *Z. Tierz. Zuech. Biol.* 98: 29
- Neuvy, C., B. Vissac, 1962. Contribution à l'étude du phénomène culard. *Union Nationale des livres genealogiques*, 52 p.
- Novakofski, J.E., R.G. Kauffman, R.G. Cassens, 1981. Biological detection of heterozygosity for double muscling in cattle. *J. Anim. Sci.* 52: 1430
- Novakofski, J.E., R.G. Kauffman, 1981. Biological detection of heterozygosity for double muscling in cattle II. *J. Anim. Sci.* 52:1437
- Oliver, W.M., T.C. Cartwright, 1968. Double Muscling in cattle. A review of expression, genetics and economic implication. *Agricultural Experiment Station Technical report, Texas A&M University*, 12:58p.
- Ott, R.S. 1990. Muscular hypertrophy in beef cattle: déjà vu. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 196:413
- Pomeroy, R.W., D.R. Willians, 1962. Muscular hypertrophy in cattle. *Br. Soc. Anim. Prod.* 302
- Raimondi, R. 1965. Present day situation of the Piemont breed of cattle. *Riv. Zootec.* 38: 563
- Rollins, W.C., M. Tanaka, C.F.G. Nott, R.B. Thiessen, 1972. On the mode of inheritance or double muscled conformation in bovines. *Hilgardia* 41: 433
- Shackelford, S.D., L.V. Cundiff, K.E. Gregory, M. Koohmaraie, 1995. Predicting beef carcass cutability. *J. Anim. Sci.* 73: 406
- Shrode R.R., J.L. Lush, 1947. The genetics of cattle. *Adv. Genetics* 1:209
- Swatland, H.J., N.M. Kieffer, 1974. Fetal development of the double-muscled condition in cattle. *J. Anim. Sci.* 38:752
- Swatland, H.J. 1973. Innervation of genetically enlarged muscles from double-muscled cattle. *J. Anim. Sci.* 36: 355
- Strath, R.A., J.A. Basarab, J.R. Thompson, R.T. Berg, 1982. Thyroid hormone concentration: some kinetic parameters of triiodothyronine and metabolic rate in double-muscle cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 62: 387
- Uytterhaegen, L., E. Claeys, D. Demeyer, M. Lippens, L.O. Fiems, C.Y. Boucque, G. Vandervoorde, A. Bastiaens, 1994. Effects of double-muscling on carcass quality, beef tenderness and myofibrillar protein degradation in Belgian Blue and White bulls. *Meat Sci.* 38: 255
- Valls, T., J.M. Ortiz, F. Menissier, B. Vissac, 1972. Etude du caractère culard VI. *Ann.Genet.Sel.Anim.* 4:7
- Vissac, B. 1968. Etude du caractère culard II. *Ann. Zootech.* 17:77
- Vissac, B., B. Perreau, P. Mauleon, F. Menissier, 1974. Etude du caractère culard IX. *Ann. Zootech.* 6: 35
- Weber, A.D., H.L. Ibsen, 1934. The occurrence of the double-muscled character in purebred beef cattle. *Proc. Am. Soc. Anim. Prod.* 27: 228
- West, R.L. 1974. Red to white fiber ratios as an index of double muscling in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 38: 1165
- Wheeler, T.L., S.D. Shackelford, E. Casas, L.V. Cundiff, M. Koohmaraie, 2001. The effects of Piemontese inheritance and myostatin genotype on the palatability of longissimus thoracis, gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris. *J. Anim. Sci.* 79: 3069.