

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

**NÍVEIS PLASMÁTICOS HORMONAIS E CRESCIMENTO
MUSCULAR DE BOVINOS SUPERPRECOSES
RECEBENDO SOMATOTROPINA BOVINA
RECOMBINANTE (rbST)**

RAFAEL DA COSTA CERVIERI

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia - Área
de Concentração: Nutrição e
Produção Animal, como parte das
exigências para a obtenção do título
de Doutor.

BOTUCATU - SP
Julho – 2003

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 –	01
<i>REVISÃO DE LITERATURA</i>	02
Introdução	02
Crescimento e manejo pré-desmama	03
Utilização da somatotropina bovina recombinante em bovinos de corte	07
Mecanismos de ação.....	07
Efeitos sobre a produção.....	15
Referências Bibliográficas.....	31
CAPÍTULO 2 –	40
Desempenho, Características de Carcaça e Concentrações Plasmáticas de IGF-I e Hormônios Tiroideanos de Bezerros Mestiços Angus-Nelore Recebendo Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) até a Desmama	41
Resumo	41
Abstract	42
Introdução	43
Material e Métodos	44
Resultados e Discussão	47
Conclusões	58
Literatura citada.....	59
CAPÍTULO 3 –	65
Caracterização Morfológica das Fibras Musculares do Músculo <i>semitendinosus</i> de Bezerros Mestiços Angus-Nelore Recebendo Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) até a Desmama.....	66
Resumo	66
Abstract	67
Introdução	68
Material e Métodos	69
Resultados e Discussão	71
Conclusões	79
Literatura citada.....	80
CAPÍTULO 4 –	84
<i>IMPLICAÇÕES</i>	85

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

Introdução

Bovinos Superprecoces são os animais que imediatamente após o desmame são terminados em regime de confinamento e abatidos antes dos 15 meses de idade, apresentando pesos superiores a 16,6 @ para machos e 15,6 @ para fêmeas, cobertura de gordura no *longissimus dorsi* nunca inferior a 3,5 mm, entre 68 e 80 cm² de área de olho de lombo e cortes cárneos com tamanho comercial (SILVEIRA, 2003). Dentre os fatores que interferem no processo produtivo deste sistema, o peso à desmama constitui-se em um dos mais importantes aspectos relacionados à eficiência biológica e econômica.

De acordo com PLASSE (1978), o peso à desmama e os ganhos de peso no período constituem dois parâmetros que merecem atenção, pois são características de grande importância econômica e representam uma medida de eficiência para um grande número de explorações cujo sistema de produção inclui a venda ou a terminação do bezerro após a desmama. O adequado fornecimento de nutrientes e a manipulação dos hormônios envolvidos no metabolismo, durante a fase de cria, podem ser caracterizados como variáveis capazes de interferir no crescimento animal de forma consistente durante este período.

Atualmente, existe interesse no desenvolvimento de métodos alternativos para estimular o crescimento dos animais domésticos de maneira segura e eficaz, sendo que o hormônio do crescimento (GH), além de não oferecer riscos à saúde dos consumidores, tem propiciado aumentos significativos com relação à produtividade animal (ROCHE e QUIRKE, 1992). Em bovinos em crescimento e terminação, a suplementação com fontes exógenas de GH sob a forma de somatotropina bovina recombinante (rbST) tem

propiciado incremento do desempenho (maior ganho de peso e eficiência alimentar) (RUMSEY et al., 1996; HOLZER et al., 1999; RAUSCH et al., 2002), aumento da área do músculo *longissimus dorsi* (MOSELEY et al., 1992; VANN et al., 1998), redução na quantidade de gordura subcutânea e intramuscular (DALKE et al., 1992; VANN et al., 1998), maior retenção de nitrogênio (ELSASSER et al., 1989; HOUSEKNECHT et al., 1992), maior síntese protéica (EARLY et al., 1990b; BOISCLAIR et al., 1994), bem como aumento nas concentrações plasmáticas de Fator de Crescimento Semelhante à Insulina (IGF-I) (SCHWARZ et al., 1993; VERTERGAARD et al., 1995; MOREIRA, 2002) e insulina (EISEMANN et al., 1986; HOLZER et al., 2000).

Além disto, em muito têm-se estimulado o aumento do desenvolvimento do tecido muscular esquelético e redução do tecido adiposo na carcaça, tendo em vista a obtenção de cortes cárneos com menor teor de gordura, sendo que a administração da somatotropina tem demonstrado ser capaz de promover tais respostas em animais destinados à produção de carne (GRANT e HELFERICH, 1991).

Crescimento e manejo pré-desmama

O peso acumulado do animal em relação a sua idade segue uma curva sigmóide, a qual é composta por uma fase pré-puberdade de auto aceleração e outra pós-puberdade de auto inibição (OWENS et al., 1993). Adequar a disponibilidade de nutrientes às exigências do animal, durante as duas fases, constitui-se num dos maiores desafios para sistemas de produção de bovinos de corte.

O crescimento é um fenômeno biológico complexo, que envolve as interações entre fatores hormonais, nutricionais, genéticos e de metabolismo (ROCHE e QUIRKE, 1992), sendo definido como o aumento do tamanho, decorrente de mudanças na capacidade funcional de vários órgãos e tecidos do animal, que ocorre desde a concepção até a maturidade. OWENS et al. (1993) definem o crescimento como o aumento da massa tecidual, seja pela produção e multiplicação de novas células, o que

caracteriza a hiperplasia, ou pelo aumento do tamanho das células existentes (hipertrofia).

O tecido muscular esquelético é o tecido corporal mais abundante, representando cerca de 44% do peso vivo em bovinos e ovinos, sendo que mais da metade da proteína corporal está localizada nos músculos (BERGEN e MERKEL, 1991). O músculo esquelético é essencial para um grande número de funções, incluindo a respiração, locomoção, sustentação e termogênese. Além disto, contribui para as reservas corporais de água e íons intracelulares e serve de reservatório de proteína e energia, tendo importante papel no metabolismo geral (Landon, 1992 citado por SARTORI, 2000). A massa do tecido muscular esquelético, como em qualquer órgão, é determinada pelo número e tamanho de suas células. O número de células é dependente de fatores hereditários e do status hormonal e nutricional durante o desenvolvimento embrionário do indivíduo. O tamanho celular é também influenciado pelos aspectos hereditários mas é principalmente afetado pelo ambiente, com relação à nutrição, hormônios e atividade muscular (TRENKLE, 1974).

O músculo esquelético é considerado como um conjunto de fibras musculares as quais correspondem à fusão de várias células (TRENKLE, 1974). As fibras musculares caracterizam-se como a unidade básica dos músculos, definidas como células contráteis altamente especializadas, possuindo diâmetros entre 10-50 μm e comprimentos variando entre 10 μm e 10 cm (PETER et al., 1972).

A maioria dos mamíferos nasce com aproximadamente o seu número total de fibras musculares esqueléticas. A hiperplasia muscular ocorre principalmente na fase pré-natal, e o número de fibras aumenta pouco no período pós-natal. O desenvolvimento da massa muscular pós-natal ocorre pela hipertrofia (alongamento e alargamento das fibras musculares) e pela replicação e incorporação de células satélites (Goldspink, 1991 citado por OWENS et al., 1993). O conteúdo de DNA muscular continua aumentando durante a fase de crescimento devido à proliferação das células satélites, as quais se diferenciam e se fundem com as miofibras existentes, sendo que este processo é

acompanhado pela deposição de proteína celular. O acréscimo de DNA cessa abruptamente a medida que o animal se aproxima de seu tamanho adulto e precede o declínio da deposição de proteína (BUTTERY et al., 2000).

As fibras musculares esqueléticas dos bovinos podem ser caracterizados três tipos: brancas, vermelhas e intermediárias. As fibras brancas, ricas em enzimas glicolíticas, são adaptadas para o metabolismo anaeróbico e utilizam o glicogênio como substrato energético. As fibras brancas também podem ser denominadas de FG (glicolíticas de contração rápida) e apresentam maior área e contração rápida. As fibras vermelhas, ricas em enzimas oxidativas, têm metabolismo aeróbico e usam a gordura como principal substrato energético (MACARI et al., 1994). As fibras intermediárias são chamadas de FOG (oxidativas-glicolíticas de contração rápida), com área intermediária, metabolismo aeróbico e glicolítico e contração rápida. Estas também apresentam coloração vermelha. As fibras vermelhas são chamadas de SO (oxidativas de contração lenta), tendo pequena área e contração lenta (PETER et al., 1972).

Os mecanismos que regulam o número, tipo e tamanho das fibras musculares bem como a síntese protéica são fundamentais para o entendimento do desenvolvimento muscular, sendo que inúmeros fatores interferem neste desenvolvimento. Entre estes, podem ser citados os fatores genéticos, endócrinos e dietários (SARTORI, 2000).

Quanto aos fatores endócrinos, MACARI et al. (1994) destacam que os hormônios podem alterar a quantidade de rRNA, regular a síntese de mRNA, agindo sobre a transcrição e tradução e modificando a taxa de síntese protéica. Por outro lado, podem atuar aumentando ou diminuindo os processos de degradação, através de uma ação promotora ou inibidora da síntese de enzimas proteolíticas e/ou ação lisossomal. Esta ação hormonal não é isolada, isto é, há uma inter-relação muito grande entre hormônios. TRENKLE (1974) descreve que uma série de hormônios exercem efeitos sobre o metabolismo do músculo esquelético, sendo que a insulina e o GH são necessários para o crescimento dos mamíferos e têm usualmente grande impacto sobre a síntese de proteína muscular. O tratamento com GH exógeno promove aumento das taxas fracionais de síntese e degradação protéica no músculo esquelético, sendo que o

aumento da síntese é maior que o aumento da degradação, o que resulta em deposição de proteína e conseqüentemente hipertrofia (BUTTERY et al., 2000). A concentração total de RNA muscular é aumentada pelo tratamento com GH, sugerindo aumento da capacidade sintética e não da eficiência de síntese (PELL e BATES, 1990).

No que diz respeito ao crescimento do período do nascimento até a desmama (fase pré-puberdade), PEIXOTO (1993) destaca que este é o segmento mais importante da vida do animal, pois o bezerro consegue em sete meses atingir cerca de 25 a 35% de seu peso final de abate. ROBELIN e TULLOH (1992) salientam ainda que imediatamente após o nascimento, na faixa de peso entre 40 e 100 kg, ocorre um rápido acréscimo na quantidade de músculos (de 37% para 45% do peso vivo vazio), o que é reflexo do elevado coeficiente de crescimento observado nesta fase.

De acordo com MARTIN et al. (1981), a taxa de retorno financeira da fase de cria, em sistemas de produção de carne, é altamente dependente da produção de bezerros com maiores pesos a desmama. Desta forma, a busca por práticas que visem a obtenção de bezerros mais pesados deve ser considerada prioritária.

Vários fatores são responsáveis pelas variações encontradas no crescimento até a desmama, alguns inerentes ao próprio animal e de natureza genética, e outros externos ao indivíduo, determinados pelas condições de ambiente ou de manejo (PEIXOTO, 1993). Os fatores relativos ao atendimento das exigências nutricionais de bezerros seja por meio do leite fornecido pela vaca ou pela suplementação adicional de nutrientes, constituem-se em um dos pontos mais importantes desta etapa de produção. Segundo MADDOX (1965), com cerca de três meses de idade, mais da metade da energia necessária ao bezerro de corte provém de outras fontes alimentares que não o leite materno. Assim, no que se refere ao manejo nutricional de bezerros pré-desmama, a utilização de práticas de suplementação como o *creep feeding* têm sido bastante difundidas.

SILVEIRA (1995) define que a suplementação dos bezerros ao pé das vacas por meio de ração concentrada no sistema de *creep feeding*, tem a finalidade de acrescentar nutrientes para o atendimento de seus requerimentos visando o adequado crescimento

ósseo e muscular, notadamente quando estes bezerros são provenientes dos cruzamentos industriais, tendo como base matrizes Nelore, que se caracterizam por apresentar baixa persistência na sua lactação. BYERS e SCHELLING (1988) destacam como principais vantagens do *creep feeding*: o maior peso à desmama, o maior ganho econômico e a maior eficiência em alimentar o bezerro em relação à vaca, o que permite ao animal expressar o seu potencial de crescimento, reduzindo a incidência de parasitas, melhorando a condição corporal e a fertilidade das vacas e estabelecendo um comportamento alimentar.

Utilização da somatotropina bovina recombinante em bovinos de corte

Mecanismos de ação

Inúmeros aspectos da produção animal têm como base o controle hormonal do metabolismo protéico e energético. A maior compreensão dos mecanismos regulatórios envolvidos é pré-requisito essencial para o incremento da produção animal, seja este obtido pela manipulação genética, nutricional ou hormonal. Os hormônios, atuando conjuntamente, facilitam tanto o suprimento como a utilização dos nutrientes pelos tecidos, seja para síntese ou oxidação (McDOWELL e ANNISON, 1991).

O metabolismo animal é regulado pela ação hormonal em diversos níveis, com mecanismos complexos de controle e *feedback*. O eixo somatotrófico, constituído principalmente pelo hormônio do crescimento (GH) e os fatores de crescimento semelhantes a insulina (IGF-I e IGF-II), suas proteínas transportadoras e receptores, exerce papel fundamental sobre o controle do metabolismo e dos processos fisiológicos (RENAVILLE et al., 2002).

Neste sentido, o hormônio do crescimento ou somatotropina bovina (bST), constitui-se em um hormônio chave, influenciando de forma coordenada o metabolismo e o crescimento da maioria dos tecidos durante os períodos pré e pós-natal. Este controle homeorrético do metabolismo determina como os nutrientes absorvidos são

direcionados entre a deposição de proteínas e lipídeos, além de influenciar de maneira significativa o padrão de crescimento alométrico do músculo esquelético, do tecido adiposo e dos ossos em mamíferos (BEERMANN e DeVOL, 1991). A importância da ação homeorrética da somatotropina é enfatizada pela observação que seus efeitos não se manifestam diretamente sobre o apetite ou digestão de carboidratos, proteínas e lipídeos, seja em bovinos em crescimento ou lactação. Tratamentos prolongados com somatotropina bovina recombinante levam a um aumento do consumo, mas esta é claramente uma resposta secundária (VERNON, 1989).

A partição de nutrientes e regulação do metabolismo intermediário é em grande parte controlada pelo eixo somatotrófico e, em bovinos, altera-se na presença de concentrações plasmáticas de GH acima dos níveis fisiológicos, o que pode ser obtido mediante suplementação com rbST. Estas alterações apresentam respostas dependentes da forma de administração, dosagem e frequência de utilização, bem como da concentração de nutrientes dietários (ENRIGHT, 1989). A suplementação com rbST promove elevação dose-dependente na concentração sérica de GH, a qual é acompanhada da elevação dos níveis de IGF-I (VERNON, 1989) e este aumento da concentração sérica de GH deve-se exclusivamente à administração de rbST, uma vez que o suprimento exógeno provoca significativa redução dos estoques de GH da hipófise anterior (MOSELEY et al., 1992).

O GH é um polipeptídeo constituído por 190 ou 191 aminoácidos e duas ou três pontes dissulfeto, sendo considerado um hormônio heterogêneo, pois existe em múltiplas formas na circulação sanguínea. É produzido e secretado pela glândula pituitária anterior, e sua secreção episódica é controlada por dois neuropeptídeos secretados pelo hipotálamo, o fator liberador de GH (GRF), que aumenta a secreção de GH; e a somatostatina (SRIF), que inibe a secreção de GH (ROCHE e QUIRKE, 1992). A secreção de GH tem início a partir da redução da liberação de SRIF e do aumento da liberação de GRF. Em seguida, a pituitária passa por um período de insensibilidade ao GRF, o qual caracteriza o padrão pulsátil de secreção do GH (BREIER et al., 2000). O padrão de secreção de GH difere entre os sexos, com machos exibindo pulsos maiores e

menores níveis basais enquanto que as fêmeas apresentam pulsos menores e maiores níveis basais (GATFORD et al., 1998). A secreção variável de GRF e SRIF pode ser modulada por neurotransmissores e pelas concentrações de GH e IGF-I circulantes. O GH em concentrações circulantes elevadas, promove *feedback* negativo sobre o hipotálamo, inibindo a liberação de GRF e estimulando a secreção de SRIF. A maior secreção de IGF-I e de suas proteínas ligantes pelo fígado, a qual está associada a níveis elevados de GH, exerce controle inibitório sobre a secreção da somatotropina (inibe a transcrição gênica e a ação do GRF) nos sítios regulatórios superiores (pituitária, hipotálamo e sistema nervoso central) (BURTON et al., 1994).

O primeiro passo que ocorre após a liberação do GH, por exocitose dos somatotrofos da glândula pituitária, é a formação do complexo GH com sua proteína ligante, a qual corresponde ao domínio extracelular do receptor hepático do GH. Tem sido demonstrado que a proteína ligante potencializa os efeitos promotores de crescimento do GH *in vivo*, provavelmente por aumentar a sua meia vida na circulação sanguínea. O segundo passo da ação do GH é a ligação com receptor celular específico (GHR), o qual tem grande expressão hepática mas também está presente em outros tecidos, principalmente no tecido adiposo. Membro da superfamília de receptores *cytokine*, o GHR é capaz de se associar e ativar a tirosina quinase JAK2, a qual ativa inúmeras rotas intracelulares (RENAVILLE et al., 2002). BURTON et al. (1994) comentam a existência de pelo menos dois tipos de receptores, de alta e baixa afinidade. Os fatores que regulam a concentração de receptores nos tecidos parecem afetar somente aqueles de alta afinidade, os quais são sensibilizados por concentrações elevadas de GH sérico. Entretanto, no caso de uma única injeção com dosagem muito elevada, pode ocorrer efeito negativo agudo nos receptores de alta afinidade. Os receptores de alta afinidade apresentam alta correlação com a taxa de crescimento e concentração plasmática de IGF-I em novilhos em crescimento, enquanto que os receptores de baixa afinidade talvez estejam simplesmente relacionada à remoção do GH da corrente sanguínea (GLUCKMAN e BREIER, 1989).

De forma geral, o GH promove o crescimento (estimula a divisão celular, crescimento esquelético e síntese protéica), é lipolítico (promove a liberação de ácidos graxos e inibe a síntese de gordura no tecido adiposo), e é diabetogênico (induz resistência periférica à insulina) (McDOWELL e ANNISON, 1991). ROCHE e QUIRKE (1992) descrevem como efeitos principais do GH, o estímulo à incorporação de aminoácidos às proteínas, a ação lipolítica sobre as células adiposas, além de uma tendência em evitar que a glicose seja utilizada para a deposição de tecidos, o que protegeria as reservas protéicas do animal, particularmente em períodos de estresse nutricional. Os efeitos do GH sobre o tecido muscular esquelético se manifestam tanto na maior síntese de proteínas solúveis e miofibrilares, como na proliferação das células satélites e incorporação de novos núcleos em miofibras adjacentes (BOYD e BAUMAN, 1991) e na hipertrofia das fibras musculares (SOLOMON et al., 1994; ONO et al., 1996). Quanto à ação lipolítica, VERNON (1989) salienta que um dos principais efeitos da somatotropina manifesta-se sobre o tecido adiposo, através da lipólise mais elevada com conseqüente aumento da concentração de ácidos graxos livres (AGL) no plasma e maiores taxas de oxidação destes AGL pelos tecidos. RENAUVILLE et al. (2002) descrevem que o tratamento com GH eleva as concentrações de AGL circulantes e aumenta a capacidade de resposta do organismo a estímulos lipolíticos, reduzindo a oxidação de glicose no tecido adiposo em suínos, ovinos e bovinos. A redução da deposição de lipídeos é resultado do decréscimo da taxa de lipogênese e diminuição da expressão e atividade do mRNA de importantes enzimas lipogênicas, como a lipase lipoprotéica e a estearil-CoA desaturase presente nos adipócitos. Em relação a maior deposição muscular, os autores destacam que o tratamento com GH estabelece um balanço positivo de nitrogênio, elevando a sua retenção e reduzindo o catabolismo protéico. Além disto, a mobilização de proteínas musculares é limitada, uma vez que o GH reduz a oxidação de aminoácidos e a excreção urinária de N, o que explica o incremento da deposição de proteína em animais em crescimento. Entretanto, EARLY et al. (1990c) salientam, com base em estimativas de degradação de miofibrilas a partir

da excreção urinária de 3-metilhistidina, que a somatotropina não afeta a degradação protéica.

Outros efeitos importantes da somatotropina foram observados em vacas em lactação, como maior fluxo sanguíneo para a glândula mamária, aumento da taxa de gliconeogênese à partir de aminoácidos e principalmente do propionato (McDOWELL e ANNISON, 1991), aumento da síntese de leite sem alterar sua composição, elevação da absorção de nutrientes utilizados para síntese de leite e maior atividade e manutenção das células secretórias (BAUMAN, 1999). Na Tabela 1 estão resumidos os principais efeitos metabólicos da somatotropina.

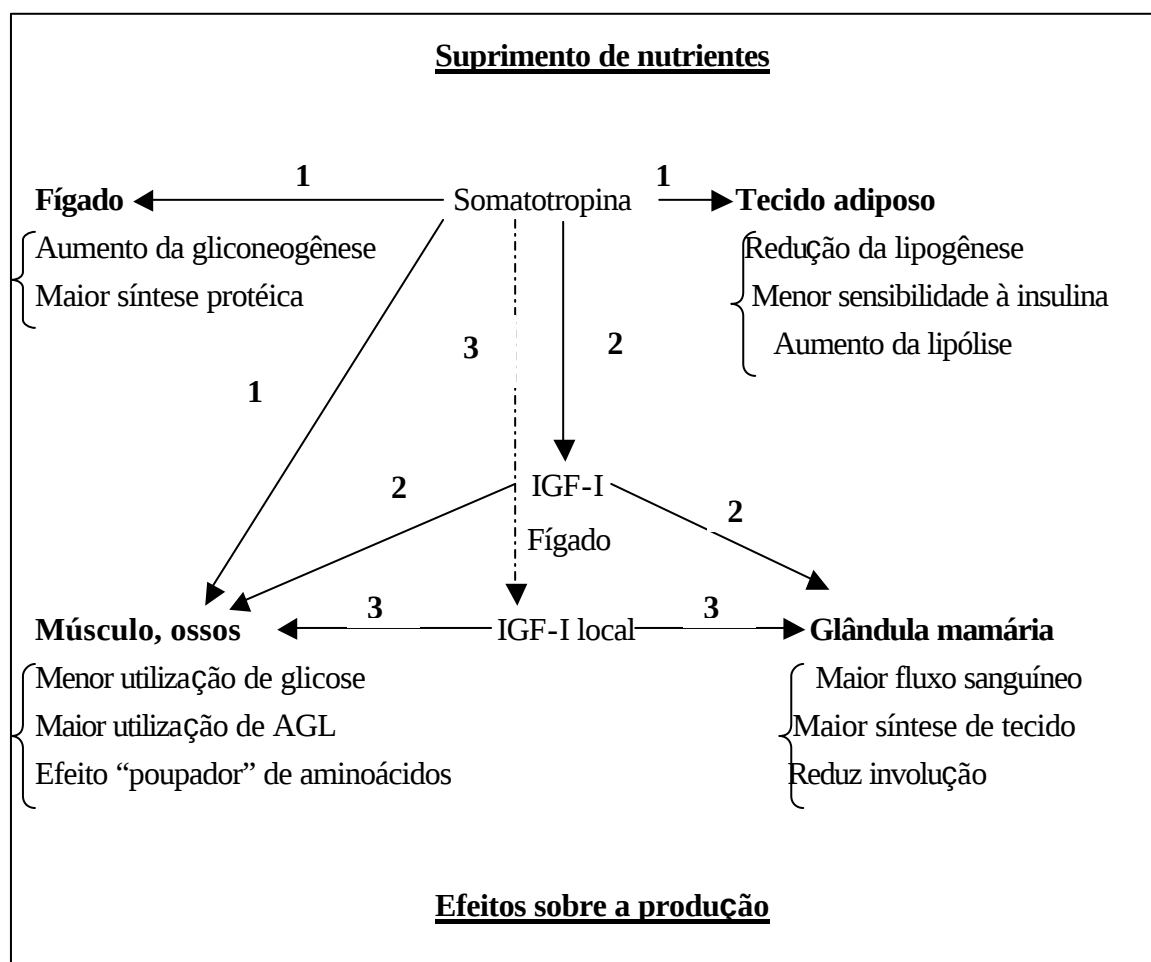
Tabela 1. Principais efeitos metabólicos da somatotropina (VERNON, 1989)

Metabolismo	Ação metabólica	Efeito
Carboidratos	Produção de glicose	aumenta
	Oxidação de glicose	diminui
Lipídeos	Síntese de ácidos graxos	diminui
	Oxidação de ácidos graxos	aumenta
Protéico	Retenção de N	aumenta
	Síntese protéica	aumenta
Minerais	Absorção de Ca	aumenta
	Deposição de Ca	aumenta
Ácidos nucléicos	Proliferação celular	aumenta

A ação do GH sobre o metabolismo animal pode se dar de forma direta ou indireta. A via direta envolve a interação do GH com o seu receptor nos diferentes tecidos alvos. A via indireta, por sua vez, é mediada pela ação do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I), que pode ser sintetizado no fígado e outros órgãos,

podendo atuar tanto no próprio órgão em que foi sintetizado (ação autócrina) ou mesmo em diferentes tecidos (ação parácrina) (COUTINHO, 1996). Existem consideráveis evidências de que os principais efeitos estimulatórios de crescimento do GH são mediados pelas somatomedinas, principalmente IGF-I, o qual tem aumentada sua concentração sérica após a administração de somatotropina (VERNON, 1989). De maneira resumida, a ação direta ou indireta do GH sobre os diferentes tecidos e órgãos pode ser esquematicamente visualizada na figura a seguir.

Figura 1. Coordenação do metabolismo pela somatotropina
(Adaptado de VERNON, 1989 e BAUMAN et al., 1999)



Três potenciais mecanismos de ação da somatotropina são destacados: 1- Direto, independente da ação do IGF-I – a somatotropina exerce sua ação diretamente nos

tecidos alvo independente da síntese local de IGF-I; 2- Indireto, a somatotropina estimula a produção hepática de IGF-I, e este atua nos tecidos alvo de maneira endócrina; 3- Direto, dependente do IGF-I – a somatotropina estimula a síntese local (tecido alvo) de IGF-I, o qual exerce sua ação biológica de maneira localizada no tecido (ação autócrina). Apesar dos mecanismos descritos possuírem características em comum, existem, na verdade, diferenças importantes entre eles. Os mecanismos 1 e 3 envolvem a ação direta da somatotropina, desta forma necessitando de receptores nos tecidos. Entretanto, o mecanismo 1 é totalmente independente do IGF-I, enquanto que o mecanismo 3 depende do IGF-I. Os mecanismos 2 e 3 são dependentes da síntese de IGF-I, mas o mecanismo 2 necessita de receptores de somatotropina apenas no fígado enquanto que o mecanismo 3 requer receptores de somatotropina nos tecidos alvo (BEERMANN e DeVOL, 1991).

As somatomedinas (IGF-I e IGF-II) são hormônios polipeptídicos contendo de 67 a 70 aminoácidos, sintetizados principalmente no fígado, envolvidos na proliferação celular e/ou síntese de DNA, na síntese protéica e na absorção e metabolismo da glicose (McDOWELL e ANNISON, 1991). Segundo McGUIRE et al. (1992), as somatomedinas estão envolvidas em vários processos biológicos, atuando como mediadores. Estes incluem o crescimento pré e pós-natal, lactação, reprodução e função imune. Comentam ainda, que as somatomedinas e suas proteínas ligadoras parecem ser o maior elo entre os processos de desenvolvimento celular e o suprimento de nutrientes. Os IGF's estão relacionados à hiperplasia das fibras musculares e, em culturas de mioblastos, estimulam a proliferação e mantém a diferenciação das miofibras, estando estas funções associadas com a expressão de fatores miogênicos reguladores (BASS et al., 1999). BURTON et al. (1994) sugerem que o IGF-I exerce papel fundamental sobre a atividade diabetogênica do GH, e que a concentração elevada de IGF-I é pré-requisito para que haja competição com a insulina pelos seus receptores nos tecidos periféricos, desencadeando assim o efeito diabetogênico.

A semelhança do que ocorre com o GH, os efeitos do IGF-I podem ser divididos em efeitos metabólicos agudos (ocorrem logo após a formação do complexo IGF-I-

receptor) e efeitos de longa duração (ocorrem bem após a formação do complexo). No tecido adiposo, tanto o IGF-I como o IGF-II estimulam o transporte e oxidação da glicose, bem como a lipogênese à partir da glicose e a inibição da lipólise. Nos músculos cardíaco e esquelético, o IGF-I estimula o transporte e captação da glicose e a produção de lactato (CHARDULO, 1996). Os IGF's estão presentes em todos fluídos fisiológicos quase que totalmente (95-99%) ligados a uma família de seis proteínas solúveis ligantes (IGFBP), que apresentam diferentes afinidades por IGF-I e IGF-II. Além de servirem como proteínas de transporte, há evidências de atuarem como potencializadores ou reguladores de vários processos fisiológicos complexos exercidos pelos IGF's (McGUIRE et al., 1992). O IGF-I e o IGF-II interagem com dois tipos de receptores celulares, tipo I e II, os quais diferem quanto a seqüência de aminoácidos, estrutura secundária e especificidade por proteínas ligantes. O receptor do tipo I tem estrutura homóloga ao receptor da insulina e tem alta afinidade pelo IGF-I. O receptor do tipo II é idêntico ao receptor manose 6-fosfato cátion-independente, com fraca afinidade por IGF-I e pela insulina (RENAVILLE et al., 2002).

A primeira hipótese sobre a atuação das somatomedinas no metabolismo recaiu sobre a sua ação endócrina. Neste cenário, a somatotropina estimula o fígado a produzir IGF, o qual entra na circulação sanguínea e é transportado para tecidos alvo específicos. Entretanto, em trabalhos subseqüentes, demonstrou-se que outros tecidos além do fígado seriam capazes de sintetizar IGF, mas em menores quantidades. Desta forma, postulou-se que além da ação endócrina, as somatomedinas teriam a habilidade de atuar de maneira autócrina e/ou parácrina, sendo que a somatotropina causaria aumentos da produção hepática de IGF bem como da produção local em outros tecidos (McGUIRE et al., 1992). Quanto à ação muscular, LOBLEY (1998) argumenta que em inúmeros trabalhos nos quais avaliou-se a síntese local de IGF-I muscular, e paralelamente, a produção hepática, os efeitos atribuídos aos tratamentos testados, como GH, genótipo, sexo, energia e proteína na dieta e jejum, se deram principalmente pelo IGF-I sintetizado no fígado. Estes resultados, combinados com as correlações entre taxa de

crescimento e IGF-I sérico obtidas em outros estudos, sustentariam o conceito de que a ação do IGF-I sobre o músculo seja primordialmente por via endócrina.

As interações do GH com hormônios relacionados ao metabolismo nutricional e do crescimento também têm sido identificadas. Dentre estes, além do IGF-I, a insulina e a tiroxina e triiodotironina interagem com o eixo somatotrófico. A insulina atua sobre todos os tecidos, promovendo a absorção de glicose e aminoácidos, estimulando a lipogênese e a síntese protéica (McDOWELL e ANNISON, 1991). ROCHE e QUIRKE (1992) relatam que a insulina está envolvida na regulação dos receptores hepáticos de GH, estimulando a sua produção e implementando a sua ação anabólica através da maior secreção de IGF-I pelo fígado. Além destes efeitos, a administração de bST pode levar a uma redução da sensibilidade dos tecidos à insulina (McDOWELL e ANNISON, 1991) sendo que no fígado diminui a habilidade da insulina em inibir a gliconeogênese e no tecido adiposo reduz o seu estímulo ao metabolismo da glicose e à síntese lipídica (BAUMAN, 1999). BROCKMAN e LAARVELD (1986) destacam ainda que ambos, insulina e GH, promovem a síntese protéica, mas enquanto a insulina estimula a deposição de lipídeos e proteína, o GH promove apenas o crescimento protéico (tecidos magros). Os hormônios tireoideanos, tiroxina (T4) e 3,4,3-triiodotironina (T3), estão envolvidos na regulação da replicação celular, desenvolvimento e diferenciação dos tecidos, consumo de oxigênio e no metabolismo e síntese de carboidratos, lipídeos e proteínas. Atuam também no controle da produção de receptores das somatomedinas e há evidências de que estes hormônios produzidos na tireóide influenciam a síntese e secreção de GH pela pituitária, regulam a ação do GH sobre as epífises ósseas e também controlam a expressão do mRNA de IGF-I (ROCHE e QUIRKE, 1992).

Efeitos sobre a produção

Desde a década de 30 tem sido demonstrado o potencial de uso do GH como promotor de crescimento em bovinos de corte e, devido à clonagem e expressão do GH em bactérias a partir dos anos 70, tornou-se possível a produção comercial deste

hormônio, o que permitiu o desenvolvimento de inúmeros ensaios de longa duração com bovinos. As principais pesquisas com GH em bovinos foram inicialmente direcionadas para o aumento na produção de leite, onde foram caracterizados seus efeitos galactopoiéticos e sobre a mamogênese. No entanto, têm-se verificado efeitos do GH no aumento de ganho de peso, melhoria da conversão alimentar, aumento na deposição de proteína e retenção de N e diminuição da deposição de gordura corporal em ovinos e bovinos de corte (COUTINHO, 1996). Além destes, alterações nos níveis plasmáticos de nutrientes e de hormônios diretamente envolvidos com o eixo somatotrófico também têm sido relatadas. Na Tabela 2 é apresentado um sumário com os resultados publicados quanto aos efeitos da somatotropina no desempenho, características de carcaça e concentração plasmática de IGF-I em bovinos.

Tabela 2. Sumário dos dados publicados quanto os efeitos da somatotropina em bovinos

Referência	País	Categoria animal, PV e idade iniciais	Dosagem e frequência	Efeitos da somatotropina*							
				Duração (dias)	GMD	CA	PCQ	RC%	AOL	EGS	IGF-I
BRUMBY (1959)	EUA	novilhas, 89 kg	0,11 mg/kg/dia	84	+ 10 ^a	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CAR et al. (1967)	EUA	novilhos, 327 kg, 13m	0,37 mg/kg/dia	25	-17	-14	NA	NA	NA	NA	NA
PETERS et al. (1986)	EUA	novilhos, 260 kg, 8m	20 mg/dia	29	NS	NA	NA	NA	NS	-31,6	NA
SANDLES e PEEL (1987)	Inglaterra	novilhas, 90 kg	0,6 mg/kg/dia	147	+8,6	-2	+8,9	NA	NA	NA	+254
WAGNER et al. (1988)	EUA	novilhos, 336 kg	0,2 mg/kg/dia	140	+10	-19	NS	-3,0	NA	NA	NA
McSHANE et al. (1989)	EUA	novilhas, 230 kg, 7m	0,09 mg/kg/dia	250	+7,7	-7,7	NA	NA	NA	NA	NA
MALTIN et al. (1990)	Escócia	bezerros, 45 kg, 7d	3,5 mg/dia	105-109	NS	NS	NA	NA	NA	NA	NA
GROENEWEGEN et al. (1990)	Canadá	bezerros, 45 kg, 7d	0,1 mg/kg/dia	91	+17,8	NS	NS	NS	NA	NA	NS
ENRIGTH et al. (1990)	EUA	novilhos, 257 kg, 9m	0,04 mg/kg/dia	154	+5,7	-3,9	NS	NS	NA	NA	+14
EARLY et al. (1990a,b)	EUA	novilhos, 231 kg, 9m	20,6 mg/dia	112	+15,3	-15,6	NS	-3,7	NA	-33,6	NA
DALKE et al. (1992)	EUA	novilhos, 377 kg	0,40,80,160 mg/semana	84	NS	-13,7 ^b	NS	NS	NS	-23,9 ^b	+78 ^b
HOUSEKNECHT et al. (1992)	EUA	novilhos, 5m	0,2 mg/kg/dia	23	+50	NA	NA	NA	NA	NA	+63
MOSELEY et al. (1992)	EUA	novilhos, 350 kg	0,8,25;16,5;33; 66 µg/kg/dia	-	+9,9 ^c	-17,8 ^c	-0,8 ^c	-0,9 ^c	+8,8 ^c	NS	NA
SCHWARZ et al. (1993)	Alemanha	novilhas, 286 kg	0,08 e 0,16 mg/kg/dia	257	+9-11	NA	NS	NS	NA	NA	+122-233
VERTERGAARD et al. (1995)	Dinamarca	novilhas, 147 kg, 2,5m	15 mg/dia	105	+26,5	-35,4	+7,4	NS	+7,6	NA	+58,4
RUMSEY et al. (1996)	EUA	novilhos, 182 kg, 7m	0,1 mg/kg/dia	56	+15,7	-14,3	+6,3	NS	NA	NA	NA

Referência	País	Categoria animal, PV e idade iniciais	Dosagem e frequência	Duração (dias)	GMD	Efeitos da somatotropina*					
						CA	PCQ	RC%	AOL	EGS	IGF-I
CHARDULO (1996)	Brasil	touros, 236 e 116 kg, 8m	250 mg/14 dias	168	NS	NA	NS	NA	NA	NA	NA
VANN et al. (1998)	EUA	bezerros, 42 kg, 28d	0,09 mg/kg/dia	177	NS	NA	+7,8	NS	+16,4	NA	NS
MOREIRA (1998)	Brasil	novilhas, 192 kg, 7m	500 e 1000 mg/28 dias	330	NS	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HOLZER et al. (1999)	Israel	bezerros, 193 kg, 165d	500 mg/14 dias	118	+9	-10	NA	-1,7	NA	NA	NS
EZEQUIEL et al. (1999)	Brasil	novilhos, 360 kg, 30m	320 mg/28 dias	84	NS	NS	NA	NA	NA	NA	NA
MORAIS (1999)	Brasil	touros, 245 kg, 251d	500 mg/28 dias	160	NS	NA	NS	NS	NA	NA	NA
HOLZER et al. (2000)	Israel	bezerros, 211 kg, 182d	500 mg/14 dias	198-248	NS	NS	NA	NS	NA	NA	+33
MOREIRA (2002)	Brasil	bezerros e bezerras, 101-115 kg, 60d	0,015 mg/kg/dia	180	+10,7 ^d	NA	NA	NA	NS ^f	-50 ^{ef}	+38,8 ^d
RAUSCH et al. (2002)	EUA	novilhos e novilhas, 310 kg, 7-11m	0,033 mg/kg/dia	98	+9,6	-8,1	NA	NA	NS ^f	NS ^f	+141

* Referem-se aos efeitos somente da somatotropina em relação ao grupo controle, não levando em consideração demais tratamentos ou interações. GMD = ganho médio diário; CA = conversão alimentar; PCQ = peso de carcaça quente; RC% = rendimento de carcaça; AOL = área de olho de lombo; EGS = espessura de gordura subcutânea; IGF-I = concentração plasmática de IGF-I; NA = não avaliado; NS = não significativo; m = meses; d = dias.

^a Aumento ou redução relativos (%) em comparação ao grupo controle.

^b Efeito linear, porém a comparação percentual refere-se ao maior nível vs. controle.

^c Comparativo entre o nível 33 µg/kg/dia e controle.

^d Efeito significativo para as fêmeas.

^e Efeito significativo para os machos.

^f Avaliados por ultra-sonografia.

Das 25 comparações sumarizadas, em 16 houve efeito significativo da somatotropina sobre o ganho médio diário, com aumento médio de 12,4% em relação ao controle, sendo que em apenas uma citação houve redução do ganho médio diário (CAR et al., 1967). Em 12 experimentos observou-se efeito sobre a conversão alimentar, com melhoria da eficiência de em média 13,4%. Nas 13 comparações efetuadas, em 8 o peso de carcaça quente não apresentou resposta significativa à somatotropina e quando verificou-se efeito significativo, o aumento médio foi de 5,9%. Um dos efeitos mais interessantes pode ser observado sobre o rendimento de carcaça. Em 13 comparações, 9 foram não significativas e em 4 ocorreu redução média de 2,3%. Os efeitos da somatotropina parecem ser mais evidentes sobre a composição física e química da carcaça, com aumento da porção magra ou teor de proteína e redução da quantidade de gordura ou teor de lipídeos (GROENEWEGEN et al., 1990; DALKE et al., 1992; RUMSEY et al., 1996). A área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea, avaliadas no músculo *longissimus dorsi*, podem ser consideradas indicativos de mudanças da composição da carcaça. Quanto a área de olho de lombo, das 7 comparações realizadas, em 3 foi detectado efeito significativo, com aumento médio de 10,9% da área, e para a espessura de gordura de cobertura, das 6 comparações efetuadas, em 4 houve redução significativa de em média 34,8%. A concentração plasmática de IGF-I foi avaliada em 12 estudos, com aumento médio significativo de 103,5% em 9 estudos. Observa-se também que as quantidades fornecidas e a frequência de aplicação da somatotropina apresentam grande variação entre as pesquisas, com doses diárias variando de 0,008 a 0,6 mg/kg, ou aplicações a cada 14 ou 28 dias. A dosagem e frequência de aplicação são consideradas por ENRIGHT (1989) importantes interferentes dos processos fisiológicos e produtivos atribuídos à somatotropina.

Um dos efeitos mais estudados da aplicação de rbST é sobre o crescimento. BRUMBY (1959), em seu trabalho pioneiro, foi o primeiro pesquisador a determinar o efeito do GH sobre o crescimento. O autor utilizou seis novilhas da raça Jersey, as quais receberam injeções subcutâneas de GH pituitário (110 µg/kg/dia) durante 84 dias. As

novilhas tratadas apresentaram ganhos de peso diários em média 10% maiores que dos animais controle. ENRIGHT (1989), em revisão dos dados disponíveis para ruminantes, concluiu que a administração de GH em bovinos pode incrementar a taxa de crescimento e a eficiência alimentar em 12% e 9% respectivamente, com concomitante efeito sobre a carcaça, aumentando a porção magra em 5% e reduzindo a gordura em 15%.

EARLY et al. (1990a), estudaram os efeitos do fornecimento de rbST sobre o desempenho e características de carcaça de bezerros da raça Hereford, com 9 meses de idade sendo que o ganho de peso vivo foi 15% maior para os bezerros tratados com 20,6 mg/dia de rbST, o consumo de matéria seca não diferiu entre os tratamentos, mas a conversão alimentar foi 12 % mais eficiente para os animais que receberam rbST. Não houve diferença no peso de carcaça e na espessura de gordura de cobertura, mas o rendimento de carcaça foi menor nos animais suplementados, levando os autores a concluir que o ganho adicional foi em componentes não carcaça e conteúdo gastrointestinal. Esta conclusão foi corroborada em trabalho subsequente, no qual os pesos e taxas de ganho diário de fígado, rins, pulmões, traquéia e cabeça foram significativamente maiores nos novinhos tratados com rbST (EARLY et al., 1990b). Resultados semelhantes foram relatados por RUMSEY et al. (1996), sendo que os novinhos que receberam rbST na dosagem de 0,10 mg/kg/dia (Somavubove[®]) apresentaram aumento do peso de carcaça mas com concomitante acréscimo de componentes não carcaça, principalmente fígado, coração, rins, couro e sangue, sendo que o rendimento de carcaça não diferiu em relação aos animais não tratados.

Em experimento realizado com bezerros não castrados da raça Holandesa (7 dias a 3 meses de idade) confinados, recebendo 0,10 mg de bST/kg/dia, GROENEWEGEN et al. (1990) observaram como efeitos significativos da suplementação, maior ganho de peso diário, peso vivo final e consumo de matéria seca, redução da percentagem de gordura na carcaça e maior nível sérico de somatotropina. As variáveis peso, rendimento, teor de proteína, cinzas e matéria seca da carcaça, peso relativo de fígado,

coração, pulmão, estômago e intestinos e a concentração plasmática de IGF-I não diferiram entre os bezerros suplementados e o grupo controle. MALTIN et al. (1990), trabalhando com bezerros Holandeses lactentes (a partir de 7 dias de idade), não verificaram diferenças no peso final, no ganho de peso e no consumo e conversão alimentar dos animais que receberam extrato de pituitária (3,5 mg de bST/dia).

DALKE et al. (1992) testaram os efeitos da suplementação com rbST sobre o desempenho e composição corporal em novilhos cruzados confinados recebendo doses crescentes de rbST (0, 40, 80 ou 160 mg/semana) por meio do implante de *pellet* de liberação lenta. Foram verificados decréscimos lineares no consumo de matéria seca e conversão alimentar, na espessura de gordura de cobertura e escore de marmorização. Não foram observados efeitos significativos sobre o peso vivo final, ganho de peso médio diário, rendimento e peso de carcaça e área de *longissimus dorsi*. Quanto à composição química corporal, avaliada através da seção entre a 9ª e 11ª costelas, constatou-se acréscimo linear no teor de proteína e água e redução no teor de lipídeos. SCHWARZ et al. (1993) observaram reduções na porcentagem de gordura e quantidade de gordura renal e aumento na porcentagem de tecido magro na carcaça de novilhas da raça Simental recebendo 320 ou 640 mg de rbST a cada 14 dias, sendo que o peso e rendimento de carcaça não diferiram entre os tratamentos. RUMSEY et al. (1996) constataram aumento dos teores de proteína e água e redução do teor de gordura no corpo vazio, carcaça e componentes não carcaça em novilhos confinados tratados com rbST (0,1 mg/kg/dia).

CHARDULO (1996), objetivando avaliar as respostas da aplicação de rbST no ganho de peso, eficiência alimentar e características químicas da carne de bovinos jovens confinados, administraram rbST (0 e 250 mg/animal/14 dias) em mestiços Simental X Nelore e Nelore com idade entre sete e oito meses e pesos de 236 e 116 kg respectivamente. O tratamento com rbST, independente da raça utilizada, não influenciou o ganho de peso, peso final, peso de carcaça quente e o teor de lipídeos da carne. MORAIS (1999), fornecendo 500 mg de rbST a cada 28 dias a bovinos jovens oriundos de diferentes cruzamentos com Nelore, durante os três primeiros meses de

confinamento, não detectou diferença significativa para peso vivo final, ganho de peso diário, peso de carcaça quente e rendimento de carcaça. Os autores atribuíram a ausência de resposta à rbST, à baixa dosagem empregada e ao intervalo e forma de aplicação. No tocante a dosagem, MOSELEY et al (1992), trabalhando com novilhos jovens em terminação, recebendo diariamente quantidades de rbST que variaram de 8,25 a 66 $\mu\text{g/kg}$, concluíram que doses diárias entre 16,5 e 33 $\mu\text{g/kg}$ seriam requeridas para otimização do ganho de peso e eficiência alimentar. Os mesmos autores concluíram em ensaio subsequente que em novilhos tratados com doses crescentes (0, 33, 100 e 300 $\mu\text{g/kg/dia}$) houve redução linear do ganho de peso e consumo de matéria seca e aqueles que receberam 300 $\mu\text{g/kg}$ apresentaram ganho de peso 35% menor, redução de 16,7% no consumo de matéria seca e conversão alimentar 37% menor em relação aos novilhos controle.

Trabalhando com bezerros castrados durante a fase de cria com suplementação em *creep feeding*, VANN et al. (1998) não observaram diferenças significativas quanto ao ganho de peso total, ganho médio diário, comprimento do fêmur, porcentagem de gordura renal, pélvica e cardíaca, níveis plasmáticos de IGF-I e uréia, entre os bezerros tratados com rbST (0,09 mg/kg/dia a cada 14 dias) e o grupo controle, porém os bezerros tratados apresentaram maior área de olho de lombo, escore de conformação e peso de carcaça. HOLZER et al. (1999) observaram ganho de peso e eficiência alimentar 9% e 10% maiores respectivamente, menor rendimento de carcaça, redução na deposição de gordura na carcaça, bem como aumentos nas concentrações plasmáticas de GH, insulina e tiroxina em bezerros não castrados e confinados, tratados com 500 mg de rbST a cada 14 dias e MOREIRA (2002), trabalhando com bezerros machos e fêmeas da raça Simbrasil suplementados em *creep feeding*, não encontrou, para os bezerros machos, diferenças quanto ao ganho de peso, crescimento ósseo e concentração plasmática de IGF-I e T3 entre os tratamentos controle e rbST (0,15 mg/kg/dia). Entretanto, as fêmeas que receberam rbST na mesma dosagem,

apresentaram maior ganho de peso, peso vivo final e maior concentração plasmática de IGF-I que os animais controle.

Diversos estudos têm demonstrado aumento na retenção de nitrogênio, incremento na síntese de proteína e alterações nas concentrações plasmáticas de uréia, aminoácidos, AGL e glicose em bovinos e ovinos tratados com somatotropina, sendo estes, indicadores da ação do GH sobre a partição e utilização dos nutrientes pelos tecidos. Neste sentido, EISEMANN et al. (1986) avaliando novilhas Hereford em crescimento, observaram aumento da concentração plasmática de AGL e redução da concentração de leucina, bem como menor oxidação de leucina e maior síntese de proteína corporal nas novilhas tratadas com GH (29,2 UI/dia). As concentrações plasmáticas de glicose, β -hidroxibutirato e uréia não diferiram em relação ao grupo controle.

EISEMANN et al. (1989) avaliaram as respostas à suplementação com rbST sobre o metabolismo protéico e hormonal de novilhos em crescimento mediante aplicação de doses diárias (29,2 UI/dia) de rbST, dissolvido em solução tampão de carbonato de sódio, durante 14 dias. Os animais tratados com rbST apresentaram maior retenção de nitrogênio, menor excreção urinária de nitrogênio, bem como maiores níveis plasmáticos de glicose além de menores teores de uréia e aminoácidos no plasma em relação aos novilhos não tratados. Foi verificado também, nos animais tratados, maior incorporação de leucina marcada à proteína corporal e que as taxas de oxidação da leucina em todo o corpo decresceram. Além disto, a eficiência de deposição protéica (Δ depositado/ Δ sintetizado) aumentou em 50%, refletindo em redução da quantidade de proteína sintetizada utilizada para *turnover* e em acréscimo proporcional na síntese em detrimento da degradação.

CROOKER et al. (1990) relataram redução da concentração de uréia plasmática e excreção urinária de N, e concomitante acréscimo de 23% na retenção de nitrogênio em novilhas tratadas com doses crescentes de bST e PELL et al. (1990) verificaram redução da concentração de uréia plasmática em ovinos que receberam injeções

subcutâneas diárias contendo rbST diluído em solução tampão de carbonato de sódio. EARLY et al. (1990a) observaram que as concentrações séricas de uréia, creatina e colesterol foram menores em novilhos tratados com rbST, sugerindo maior retenção de nitrogênio e decréscimo do *turnover* lipídico. BOISCLAIR et al. (1994) forneceram rbST (0,12 mg/kg/dia) a novilhos holandeses e verificaram aumento da concentração de glicose e redução da concentração plasmática de uréia, menor teor de β -hidroxibutirato e maior teor de lactato no sangue e aumento de 40% na retenção de nitrogênio nos novilhos tratados e HOLZER et al. (1999) relataram redução na quantidade de aminoácidos essenciais e não essenciais no plasma em bezerros tratados com rbST, inferindo que a utilização de somatotropina aumentou a demanda por aminoácidos para a síntese protéica.

As respostas do animal a agentes hormonais estão em grande parte associadas ao regime alimentar fornecido para sustentar o crescimento, sendo que ENRIGHT (1989) destaca que o nível e tipo de nutrição, principalmente o suprimento de proteína, são variáveis importantes a considerar quando da utilização de GH exógeno. BAUMAN (1999) considera o status nutricional como o principal interferente sobre a ação da bST, sendo responsável pela diversidade de respostas obtidas em termos fisiológicos e produtivos.

O número e a função dos receptores somatogênicos no fígado é regulado por inúmeros fatores, incluindo a nutrição e, como a resposta animal ao GH exógeno depende da disponibilidade de receptores funcionais nos tecidos alvo, o status nutricional pode ser considerado determinante neste processo (PROSSER e MEPHAM, 1989). Por consequência, as respostas do IGF-I ao fornecimento exógeno de rbST, também são dependentes do plano nutricional, principalmente das densidades calórica e protéica da dieta. Animais bem alimentados manifestam aumento da concentração sanguínea de IGF-I em resposta à aplicação de rbST devido a presença de número expressivo de receptores de GH de alta afinidade no fígado e tecido adiposo. Em contrapartida, animais subalimentados, apresentam pequeno ou nenhum aumento do

IGF-I circulante, bem como reduzido número de receptores de alta afinidade para GH (BURTON et al., 1994).

A concentração dos nutrientes na dieta interfere nos níveis circulantes de hormônios relacionados à atuação do GH, como o IGF-I, T3 e T4. Trabalhando com bezerros suplementados com diferentes níveis de proteína e energia na dieta, GERRITS et al. (1998) concluíram que o consumo adequado de energia constitui-se em pré-requisito para que o IGF-I responda à maior teor de proteína na dieta. Constataram também, que o IGF-I está envolvido na maior deposição de proteína nos tecidos e que o T3 está relacionado à deposição protéica como resposta a um maior consumo de energia pelos animais.

Peters (1986) citado por HOLZER et al. (2000), concluiu que o nível nutricional exerce um grande efeito sobre as respostas à administração de rbST, sendo que o adequado fornecimento de nutrientes se faz necessário para que se atinja um crescimento ótimo durante o uso da somatotropina e BORK et al. (2000) verificaram que bezerros nas primeiras semanas de vida respondem à aplicação de rbST através do aumento de produção de IGF-I e maior ganho de peso, desde que alimentados com dietas de maior densidade protéica e energética.

Neste sentido, HOLZER et al. (2000) forneceram dois níveis de energia metabolizável na dieta de bezerros não castrados e confinados, suplementados ou não com rbST (500 mg a cada 14 dias). Foram observados aumentos nos níveis plasmáticos de IGF-I, GH e insulina bem como redução na quantidade de gordura depositada na carcaça devido à aplicação de rbST. Os níveis plasmáticos de T4 foram menores nos bezerros tratados com rbST e que receberam dieta com menor concentração de energia metabolizável. O acréscimo no ganho de peso devido ao fornecimento de rbST durante o experimento foi da ordem de 4,7 e 7,4% para os animais alimentados com baixa e alta energia respectivamente. Os autores concluíram que em animais jovens, que possuem um alto potencial de crescimento, o tratamento com somatotropina será eficiente se a dieta fornecida proporcionar elevado consumo de energia digestível.

EZEQUIEL et al. (1999) testaram o efeito da somatotropina (320 mg de rbST a cada 28 dias) no desempenho de novilhos cruzados alimentados com diferentes volumosos (silagem de milho, cana-de-açúcar, silagem+cana e bagaço hidrolisado). Não foi observada interação entre o tipo de volumoso e aplicação de rbST e não houve diferença no ganho de peso entre os animais que receberam ou não rbST. RAUSCH et al. (2002) avaliaram os efeitos da aplicação de rbST (0,033 mg/kg/dia) e sua interação com o nível de consumo (*ad libitum* e 75% *ad libitum*) em novilhos em crescimento. Em relação aos animais controle, o tratamento com rbST propiciou aumentos de 9,6% e 8,1% no ganho de peso diário e eficiência alimentar respectivamente e maior concentração sérica de IGF-I e somatotropina. Houve tendência de interação entre rbST e nível de alimentação, na qual os animais alimentados *ad libitum* e que receberam rbST apresentaram ganhos de peso superiores ao 75% *ad libitum* e também tratados com rbST. Os autores concluíram que talvez o consumo limitado diminua os efeitos do fornecimento exógeno de bST sobre as taxas de crescimento, principalmente devido a menor resposta do IGF-I ao GH suplementar.

A sensibilidade e o potencial de resposta do tecido muscular ao GH, IGF-I e insulina, talvez sejam regulados pela disponibilidade de aminoácidos específicos ou pela quantidade total destes (LOBLEY, 1998). Segundo MEEKINS et al. (1990), as respostas ao tratamento com rbST em bovinos em crescimento podem ser limitadas pela quantidade e/ou qualidade dos aminoácidos que chegam no intestino delgado. Esta conclusão foi obtida quando da interação existente entre o maior nível protéico na dieta e a suplementação com rbST em novilhos confinados, os quais apresentaram maior retenção de N em relação aqueles que receberam rbST e dietas com menor teor de proteína. HOUSEKNECHT et al. (1992) observaram que a infusão abomasal de caseína, em novilhos em crescimento tratados com rbST, incrementou a retenção de nitrogênio em relação aos novilhos que também foram tratados com rbST mas que não receberam caseína, levando os autores a sugerir que o suprimento de aminoácidos pode limitar respostas como a maior retenção de N observada em bovinos jovens suplementados com rbST. Entretanto, DALKE et al. (1992) avaliando o desempenho e a composição

corporal de novilhos confinados, não detectaram interações entre a suplementação com rbST e a fonte de proteína presente na dieta, farelo de soja (degradável no rúmen) e combinação de protenose de milho e farinha de sangue (não degradável no rúmen). TRIPP et al. (1998) testando a suplementação com metionina protegida (0 e 6 g/animal/dia) e a administração de rbST (0 e 0,33 mg/kg/dia) em novilhos e novilhas em crescimento, não encontraram interação entre os tratamentos, sendo que os animais que receberam rbST apresentaram maiores ganho de peso e eficiência alimentar e maiores concentrações séricas de IGF-I e bST, independente da suplementação com metionina, a qual não foi considerada o primeiro aminoácido limitante na dieta. Combinando a somatotropina exógena com suprimento adicional de caseína pós-ruminal em novilhos (BRUCKENTAL et al., 1997), verificou-se decréscimo do teor de nitrogênio na urina, incremento do suprimento esplâncnico de α -amino N, redução da proporção de glutamato em relação ao α -amino N esplâncnico, diminuição do nitrogênio urinário de 51 para 40 g/d e aumento da retenção de nitrogênio de 46 para 58 g/d.

Estudos têm mostrado de forma consistente que o tratamento de animais de laboratório hipofisectomizados ou de animais domésticos com somatotropina exógena causam marcante crescimento do tecido muscular esquelético. O crescimento muscular é acompanhado por dois processos fundamentais, a proliferação celular e a deposição de proteína. As evidências disponíveis sugerem que a somatotropina afeta de maneira destacada os dois componentes (BOYD e BAUMAN, 1991). A avaliação dos efeitos da somatotropina no desenvolvimento das fibras musculares esqueléticas têm sido utilizada para caracterizar a ação hormonal desta sobre o crescimento do tecido muscular em suínos (SOLOMON et al., 1994), novilhos (ONO, et al., 1996) e bezerros (MALTIN et al., 1990; VANN et al., 2001). Neste sentido, MALTIN et al. (1990) verificaram que bezerros da raça Holandesa suplementados com extrato de pituitária (3,5 mg de bST/dia), não apresentaram alterações significativas no conteúdo de RNA, na frequência de distribuição e área das fibras do músculo *semimembranosus*, sendo que

no músculo *tríceps brachii* observaram maior área nas fibras do tipo FOG e maior conteúdo de DNA para os bezerros tratados com bST, e VESTERGAARD et al. (1995) trabalhando com bezerras da raça Holandesa com 2,5 meses de idade, recebendo 15 mg de rbST por dia (durante 15 semanas), não constatarem efeito do hormônio sobre as proporções dos três tipos de fibras musculares do músculo *longissimus dorsi* e apenas a área das fibras do tipo I (SO) apresentou discreta hipertrofia em relação ao grupo controle.

Com o objetivo de determinar os efeitos do rbST sobre o desenvolvimento muscular de bezerros suplementados em *creep feeding*, VANN et al. (1998) forneceram a dosagem média de 0,09 mg/kg/dia a cada 14 dias, avaliando o número de células satélites e de núcleos miofibrilares e a concentração de mRNA de miosina de cadeia leve em amostras do músculo *semitendinosus* colhidas aos 100 e 206 dias. O tratamento com rbST não propiciou diferenças quanto ao número de núcleos das miofibras e número de células satélites tanto para os 100 como para os 206 dias. Quanto ao mRNA de miosina, tanto a quantidade de mRNA por grama de tecido como a relação mRNA:rRNA não diferiram entre os bezerros tratados ou não. Estas respostas, somadas ao maior crescimento muscular observado, permitiram inferir que houve um padrão normal de crescimento, sem a ocorrência de aberrações nos animais em que foi administrado a rbST. Em trabalho subsequente, VANN et al. (2001) estudaram os efeitos da aplicação de rbST sobre as características das fibras musculares, utilizando os mesmos animais e tratamentos descritos acima. Os bezerros suplementados apresentaram maior área e frequência para as fibras do tipo FG e transformação de fibras do tipo FOG em FG, sendo à esta última observação atribuída a maior musculossidade verificada nos animais suplementados.

MOREIRA (1998) observou em novilhas Nelore em regime de pastejo que receberam rbST (500 mg de rbST a cada 28 dias), aumento significativo do diâmetro tanto das fibras de contração rápida (FOG e FG) como das fibras de contração lenta (SO). MORAIS (1999) concluiu que a somatotropina (500 mg de rbST a cada 28 dias) provocou modulação das fibras musculares de contração lenta para rápida em novinhos

cruzados de diferentes raças confinados após a desmama sem, entretanto, causar efeito sobre as áreas das mesmas, e MOREIRA (2002) trabalhando com bezerros machos e fêmeas Simbrasil suplementados em *creep feeding*, não verificou diferença quanto ao diâmetro das fibras SO, FOG e FG entre os tratamentos controle e rbST (0,15 mg/kg/dia) nas avaliações realizadas aos 150 e 210 dias de idade. Entretanto, houve aumento significativo no conteúdo de proteínas miofibrilares do músculo *semitendinosus*, indicando incremento na taxa de síntese protéica muscular.

O estímulo do GH à síntese protéica parece ser músculo dependente, não havendo efeito uniforme em todos os grupos musculares. ELSASSER et al. (1998) observaram, em novilhos confinados, aumento do peso e maior taxa de deposição protéica diária nos músculos *rectus femoris* e *tríceps brachii* mediante a suplementação com rbST (0,1 mg/kg/dia) em relação ao controle, sendo que o *supraspinatus*, *psaos major* e *semitendinosus* não apresentaram alteração de peso ou mudança na taxa de deposição protéica frente ao rbST.

Muitos músculos diferem quanto a composição de suas fibras musculares. PELL e BATES (1987) sugeriram que músculos com predomínio de fibras oxidativas ou vermelhas são mais responsivos à agentes externos partidores. Neste sentido, ONO et al. (1996) avaliaram os efeitos de dois promotores de crescimento, Synovex-S[®] e rbST, sobre a composição das fibras musculares de seis músculos em novilhos. A administração exógena de somatotropina ocasionou decréscimo na porcentagem de fibras do tipo FOG de 35,5% para 27,5% e acréscimo nas fibras FG de 42% para 49,5% no músculo *rectus femoris*. Além disto, os animais tratados apresentaram maiores áreas nos três tipos de fibras (FG, FOG e SO) no músculo *psaos major* e maior área para as fibras SO no *supraspinatus* e *semitendinosus*. Trabalho semelhante foi desenvolvido por SOLOMON et al. (1994) em suínos, no qual a suplementação com somatotropina não influenciou a distribuição das fibras SO, FOG e FG nos músculos *longissimus dorsi*, *semimembranosus* e *tríceps brachii*, porém propiciou aumento da porcentagem das fibras FOG e redução das FG no *semitendinosus*. Em relação a área, observaram

aumento nas fibras FOG e FG nos quatro músculos estudados e aumento da área das fibras SO apenas no *semitendinosus*.

A somatotropina exerce papel fundamental sobre o controle homeorrético da partição de nutrientes, o qual regula o metabolismo animal a médio e longo prazos, e o sistema GH/IGF-I atua decisivamente sobre o desempenho e bem estar animal em uma série de condições fisiológicas (BAUMAN, 1999). Conciliando-se o elevado potencial de crescimento de bezerros lactentes ao fornecimento exógeno deste hormônio chave do metabolismo animal, e ao suprimento adicional de nutrientes, vislumbra-se uma possibilidade de se manipular e explorar de maneira intensiva o crescimento e a eficiência dos animais durante esta fase.

Neste sentido, o presente estudo, apresentado nos Capítulos 2 e 3, tem por objetivo avaliar os efeitos da administração de rbST no desempenho, características de carcaça, caracterização do desenvolvimento das fibras musculares esqueléticas e quantificação dos níveis plasmáticos de hormônios diretamente envolvidos no crescimento de bovinos jovens criados no Sistema Superprecoce.

O Capítulo 2, denominado **Desempenho, Características de Carcaça e Concentrações Plasmáticas de IGF-I e Hormônios Tireoideanos de Bezerros Mestiços Angus-Nelore Recebendo Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) até a Desmama**, redigido de acordo com as normas de publicação da *Revista Brasileira de Zootecnia*, teve por objetivo avaliar os efeitos da administração de rbST no desempenho, características de carcaça e concentrações plasmáticas de IGF-I e hormônios tireoideanos (T3 e T4) em bezerros mestiços Angus-Nelore suplementados em *creep feeding* até a desmama.

O Capítulo 3, denominado **Caracterização Morfológica das Fibras Musculares do Músculo *semitendinosus* de Bezerros Mestiços Angus-Nelore Recebendo Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) até a Desmama**, redigido de acordo com as normas de publicação da *Revista Brasileira de Zootecnia*, teve por objetivo caracterizar morfológicamente as fibras musculares do músculo *semitendinosus*

quanto ao tipo, frequência de distribuição e diâmetro, mediante administração de rbST em bezerros mestiços Angus-Nelore suplementados em *creep feeding* até a desmama.

Referências bibliográficas

- BASS, J. et al. Growth factors controlling muscle development. **Dom. Anim. Endocrinol.**, v.17, p.191-197, 1999.
- BAUMAN, D.E. Bovine somatotropin and lactation: from basic science to commercial application. **Dom. Anim. Endocrinol.**, v.17, p.101-116, 1999.
- BEERMANN, D.H.; DeVOL, D.L. Effects of somatotropin, somatotropin releasing factor and somastotatin on growth. **Growth Regulation in Farm Animals: Advances in Meat Research**. vol.7. London: Elsevier Science Publications LTD, 1991, p.373-426.
- BERGEN, W.G.; MERKEL, R.A. Protein accretion. **Animal Growth Regulation**. New York: Pleum Press, 1991, p.169-201.
- BOISCLAIR, Y.R. et al. Nutrient utilization and protein turnover in the hindlimb of cattle treated with bovine somatotropin. **J. Nutr.**, v.124, p.664-673, 1994.
- BORK, A.L. et al. The somatotropic axis of young calves can be modulated by nutrition and bST. **J. Anim. Sci.**, v.78 (Supl.1), p.143(Abstr.), 2000.
- BOYD, R.D.; BAUMAN, D.E. Mechanisms of action for somatotropin in growth. **Animal Growth Regulation**. New York: Pleum Press, 1991, p.257-293.
- BREIER, B.H. et al. Regulation of growth and metabolism during postnatal development. **Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction**. London: CAB International, 2000, p.187-204.
- BROCKMAN, R.P.; LAARVELD, B. Hormonal regulation of metabolism in ruminants: A review. **Liv. Prod. Sci.**, v.14, p.313-334, 1986.

- BRUCKENTAL, I. et al. The effect of abomasal infusion of casein and recombinant somatotropin hormone injection on nitrogen balance and amino acid fluxes in portal-drained viscera and net hepatic and total splanchnic blood in Holstein steers. **J. Anim. Sci.**, v.75, p.1119-1129, 1997.
- BRUMBY, P.J. The influence of growth hormone on growth in young cattle. **N. Z. J. Agric. Res.**, v.2, p.683-689, 1959.
- BURTON, J.L. et al. A review of bovine growth hormone. **Can. J. Anim. Sci.**, v.74, p.167-201, 1994.
- BUTTERY, P.J. et al. Control and manipulation of hyperplasia and hypertrophy in muscle tissue. **Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction**. London: CAB International, 2000, p.237-254.
- BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Nutrient needs during critical periods of the life cycle. Nutrition in growth. **The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988, p.473-447.
- CAR, M.; ZNIDAR, A.; FILIPAN, T. Effect of the treatment of young steers with STH (growth hormone) upon nitrogen retention in intensive feeding. **Veterinarski Archiv**, v.5, p.173-184, 1967.
- CHARDULO, L.A.L. **Efeito da somatotropina bovina recombinante (rbST) no desempenho e características químicas da carne de bovinos jovens Nelore e mestiços Simental x Nelore**. 1996. 37p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu.
- COUTINHO, L.L. Promotores de crescimento. In: **Produção de novilhos precoces**. Anais do 6º Simpósio sobre Produção Animal. Piracicaba: FEALQ, 1996, p.229-246.
- CROOKER, B.A. et al. Effect of dose of bovine somatotropin on nutrient utilization in growing dairy heifers. **J. Nutr.**, v.120, p.1256-1263, 1990.

- DALKE, B.S. et al. Dose-response effects of recombinant bovine somatotropin implants on feedlot performance in steers. **J. Anim. Sci.**, v.70, p.2130-2137, 1992.
- EARLY, R.J.; McBRIDE, B.W.; BALL, R.O. Growth and metabolism in somatotropin-treated steers: I. Growth, serum chemistry and carcass weights. **J. Anim. Sci.**, v.68, p.4134-4143, 1990a.
- EARLY, R.J.; McBRIDE, B.W.; BALL, R.O. Growth and metabolism in somatotropin-treated steers: II. Carcass and non carcass tissue components and chemical composition. **J. Anim. Sci.**, v.68, p.4144-4152, 1990b.
- EARLY, R.J.; McBRIDE, B.W.; BALL, R.O. Growth and metabolism in somatotropin-treated steers: III. Protein synthesis and tissue energy expenditures. **J. Anim. Sci.**, v.68, p.4153-4166, 1990c.
- EISEMANN, J.H. et al. Effect of bovine growth hormone administration on metabolism of growing hereford heifers: protein and lipid metabolism and plasma concentrations of metabolites and hormones. **J. Nutr.**, v.116, p.2504-2515, 1986.
- EISEMANN, J.H. et al. Nitrogen and protein metabolism and metabolites in plasma and urine of beef steers treated with somatotropin. **J. Anim. Sci.**, v.67, p.105-115, 1989.
- ELSASSER, T.H.; RUMSEY, T.S.; HAMMOND, A.C. Influence of diet on basal and growth hormone-stimulated plasma concentrations of IGF-I in beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 67, p.128, 1989.
- ELSASSER, T.H. et al. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: III. Muscle growth and protein responses. **J. Anim. Sci.**, v.76, p.2346-2353, 1998.
- ENRIGHT, W.J. Effects of administration of somatotropin on growth, feed efficiency and carcass composition of ruminants: A review. **Use of somatotropin in livestock production**. London: Elsevier, 1989, p.132-156.
- ENRIGHT, W.J. et al. Effects of long term administration of pituitary-derived bovine

- growth hormone and estradiol on growth in steers. **J. Anim. Sci.**, v.68, p.2345-2356, 1990.
- EZEQUIEL, J.M.B. et al. Efeito da somatotropina recombinante bovina (rBST) no desempenho de novilhos alimentados com diferentes volumosos. **Rev. Bras. Zootec.**, v.28, p.591-597, 1999.
- GATFORD, K.L. et al. Sexual dimorphism of the somatotrophic axis. **J. Endocrinol.**, v.157, p.373-389, 1998.
- GERRITS, W.J.J. et al. Effect of protein and protein-free energy intake on plasma concentrations of insulin-like growth factor I and thyroid hormones in preruminant calves. **J. Anim. Sci.**, v.76, p.1356-1363, 1998.
- GRANT, A.L.; HELFERICH, W.G. An overview of growth. **Growth Regulation in Farm Animals: Advances in Meat Research**. vol.7. London: Elsevier Science Publications LTD, 1991, p.1-15.
- GROENEWEGEN, P.P. et al. Effect of bovine somatotropin on the growth rate, hormone profiles and carcass composition of Holstein bull calves. **Dom. Anim. Endocrinol.**, v.7, p.43-54, 1990.
- HOLZER, Z. et al. The effects of long-term administration of recombinant bovine somatotropin (Posilac) and Synovex on performance, plasma hormone and amino acid concentration, and muscle and subcutaneous fat fatty acid composition in Holstein-Friesian bull calves. **J. Anim. Sci.**, v.77, p.1422-1430, 1999.
- HOLZER, Z. et al. The influence of recombinant bovine somatotropin on dietary energy level-related growth of Holstein-Friesian bull calves. **J. Anim. Sci.**, v.78, p.621-628, 2000.
- HOUSEKNECHT, K.L. et al. Abomasal infusion of casein enhances nitrogen retention in somatotropin-treated steers. **J. Nutr.**, v.122, p.1717-1725, 1992.

- LOBLEY, G.E. Nutritional and hormonal control of muscle and peripheral tissue metabolism in farm species. **Liv. Prod. Sci.**, v.56, p.91-114, 1998.
- MACARI, M.; FURLAN, L.R.; GONZALES, E **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 296p.
- MADDOX, L.A. Nutrient requirements of the cow and calf. **Texas Agric. Exp. Sta. Bull.**, p.1044, 1965.
- MALTIN, C.A. et al. Effects of bovine pituitary growth hormone alone or in combination with the β -agonist clenbuterol on muscle growth and composition in veal calves. **Br. J. Nutr.**, v.63, p.535-545, 1990.
- MARTIN, T.G. et al. Creep feed as a factor influencing performance of cows and calves. **J. Anim. Sci.**, v. 53, p.33-39, 1981.
- McDOWELL, G.H.; ANNISON, E.F. Hormonal control of energy and protein metabolism. In: **Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants**. Proceedings of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology. London: Academic Press, 1991, p.231-253.
- McGUIRE, M.A. et al. Insulin-like growth factors and binding proteins in ruminants and their nutritional regulation. **J. Anim. Sci.**, v.70, p.2901-2910, 1992.
- McSHANE, T.M. et al. Effects of somatotropin and dietary energy on development of beef heifers. I. Growth and puberty. **J. Anim. Sci.**, v.67, p.2230-2240, 1989.
- MEEKINS, K.M. et al. Nitrogen and metabolic responses of steers to dietary protein and sustained-release bovine somatotropin (BST). **J. Anim. Sci.**, v.68 (Supl.1), p.551(Abstr.), 1990.
- MORAIS, J.P.G. **Rendimento de cortes e características das fibras musculares de bovinos superprecoces, com aplicação da somatotropina bovina recombinante**. 1999. 51p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu.

- MOREIRA, P.S.M. **Desempenho produtivo em bezerros lactentes: efeitos da somatotropina bovina recombinante (rbST) sobre o tecido muscular e os níveis de hormônios tireoideanos (T3 e T4) e IGF-1.** 2002. 118p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.
- MOREIRA, P.S.M. **Efeito da aplicação da somatotropina bovina recombinante (rbST), sobre a hipertrofia das fibras musculares esqueléticas e precocidade reprodutiva de novilhas Nelore em regime de pastejo.** 1998. 42p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu.
- MOSELEY, W.M. et al. Recombinant bovine somatotropin improves growth performance in finishing beef steers. **J. Anim. Sci.**, v.70, p.412-425, 1992.
- ONO, Y. et al. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: II. Muscle morphology and proximate composition of muscles. **J. Anim. Sci.**, v.74, p.2929-2934, 1996.
- OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that alter growth and development of ruminants. **J. Anim. Sci.**, v.71, p.3138-3150, 1993.
- PEIXOTO, A.M. Fatores que interferem no crescimento do gado de corte até a desmama. **Bovinocultura de Corte.** Fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1993, p.129-157.
- PELL, J.M. et al. Growth, body composition, hormonal and metabolic status in lambs treated long-term with growth hormone. **Br. J. Nutr.**, v.63, p.431-445, 1990.
- PELL, J.M.; BATES, P.C. The nutritional regulation of growth hormone action. **Nutr. Res. Rev.**, v.3, p.163-192, 1990.
- PETER, J.B.; BARNARD, R.J.; EDGERTON, V.R. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in Guinea pig and rabbits. **Biochem.**, v.11, p.2672-2633, 1972.

- PETERS, J.P. Consequences of accelerated gain and growth hormone administration for lipid metabolism in growing beef steers. **J. Nutr.**, v.116, p.2490-2503, 1986.
- PLASSE, D. Aspectos de crecimiento del *Bos taurus* en tropico americano. **Anim. Prod.**, v.14, p.29, 1978.
- PROSSER, C.G.; MEPHAM, T.B. Mechanisms of action of bovine somatotropin in increasing milk secretion in dairy ruminants. **Use of somatotropin in livestock production**. London: Elsevier, 1989, p.1-17.
- RAUSCH, M.I. et al. The influence of level of feeding on growth and serum insulin-like growth factor I and insulin-like growth factor-binding proteins in growing beef cattle supplemented with somatotropin. **J. Anim. Sci.**, v.80, p.94-100, 2002.
- RENAVILLE, R.; HAMMADI, M.; PORTETELLE, D. Role of the somatotropic axis in the mammalian metabolism. **Dom. Anim. Endocrinol.**, v.23, p.351-360, 2002.
- ROBELIN, J.; TULLOH, N.M. Patterns of growth of cattle. **Beef cattle production**. London: Elsevier, 1992, p.111-129.
- ROCHE, J.F.; QUIRKE, J.F. Hormonal control of growth in beef cattle. **Beef cattle production**. London: Elsevier, 1992, p.151-167.
- RUMSEY, T.S. et al. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: I. Performance and composition of gain. **J. Anim. Sci.**, v.74, p.2917-2928, 1996.
- SANDLES, L.D.; PEEL, C.J. Growth and carcass composition of pre-pubertal dairy heifers treated with bovine growth hormone. **Anim. Prod.**, v.44, p.21-27, 1987.
- SARTORI, J.R. **Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre a composição de fibras musculares esqueléticas de frangos de corte**. 2000. 103p. Tese (Doutorado) - FCAV, UNESP, Jaboticabal.

- SCHWARZ, F.J. et al. Effects of somatotropin treatment on growth performance, carcass traits, and the endocrine system in finishing beef heifers. **J. Anim. Sci.**, v.71, p.2721-2731, 1993.
- SILVEIRA, A.C. **Comunicação pessoal**, 2003.
- SILVEIRA, A.C. Sistema de produção de novilhos precoces. In: **Encontro Nacional sobre Produção de Novilhos Precoces**. Programas e Palestras. Campinas: CATI, 1995, 56p.
- SOLOMON, M.B. et al. Influence of dietary protein and recombinant porcine somatotropin administration in young pigs: III. Muscle fiber morphology and shear-force. **J. Anim. Sci.**, v.72, p.615-621, 1994.
- TRENKLE, A. Hormonal and nutritional interrelationships and their effects on skeletal muscles. **J. Anim. Sci.**, v.38, p.1142-1149, 1974.
- TRIPP, M.W. et al. Methionine and somatotropin supplementation in growing beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.76, p.1197-1203, 1998.
- VANN, R.C. et al. Recombinant bovine somatotropin (rbST) administration to creep-fed beef calves increase muscle mass but not affect satellite cell number or concentration of Myosin Light Chain-1f mRNA. **J. Anim. Sci.**, v.76, p.1371-1379, 1998.
- VANN, R.C. et al. Recombinant bovine somatotropin (rbST) increases size and proportion of fast glycolytic muscle fibers in semitendinosus muscle of creep-fed steers. **J. Anim. Sci.**, v.79, p.108-114, 2001.
- VERNON, R.G. Influence of somatotropin on metabolism. **Use of somatotropin in livestock production**. London: Elsevier, 1989, p.31-50.
- VESTERGAARD, M. et al. Effects of growth hormone and ovariectomy on performance, serum hormones, insulin-like growth factor-binding proteins, and muscle fiber properties of prepubertal friesland heifers. **J. Anim. Sci.**, v.73, p.3574-3584, 1995.

WAGNER, J.F. et al. Effect of growth hormone (GH) and estradiol ($E^2\beta$) alone and in combination on beef steer growth performance, carcass and plasma constituents. **J. Anim. Sci.**, v.66 (Supl.1), p.283(Abstr.), 1988.

CAPÍTULO 2

Desempenho, Características de Carcaça e Concentrações Plasmáticas de IGF-I e Hormônios Tireoideanos de Bezerros Mestiços Angus-Nelore Recebendo Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) até a Desmama

RESUMO - Objetivando estudar o efeito da somatotropina bovina recombinante (rbST) sobre o desempenho, características de carcaça e concentrações plasmáticas de IGF-I e hormônios tireoideanos, trinta e seis bezerros mestiços ½ Angus-Nelore, com idade inicial de 63 ± 17 dias e pesando $76,8 \pm 14,7$ kg, criados em pastagens de *Brachiaria decumbens* e suplementados em *creep feeding*, foram submetidos a dois tratamentos até a desmama (217 dias) sendo que dezoito bezerros receberam 1,4 mg/kg de rbST (Boostin[®]) a cada 14 dias e dezoito bezerros controle receberam solução salina. As pesagens e colheitas de sangue foram realizadas a cada 28 dias e, à desmama, foram abatidos cinco animais de cada tratamento para avaliação das características de carcaça. Os animais suplementados apresentaram maior ganho de peso médio diário e peso vivo final, maiores concentrações plasmáticas de IGF-I e T4 em relação ao controle. Os parâmetros peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, pesos de traseiro e dianteiro, gordura peri-renal, peso de fígado, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, pesos dos músculos do quarto do traseiro e concentração plasmática de T3 não diferiram significativamente entre os tratamentos. A utilização de rbST propiciou aumento de 7,9% no ganho de peso vivo e alterou o perfil hormonal de bezerros suplementados em *creep feeding* durante a fase de cria, não refletindo, entretanto, em maior peso ou rendimento de carcaça.

Palavras chave: *creep feeding*, crescimento, Superprecoce

**Performance, Carcass Traits and Plasma Concentrations of IGF-I and Thyroid
Hormones of Pre-Weaning Angus-Nellore Crossbred Calves Receiving
Recombinant Bovine Somatotropin (rbST)**

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the recombinant bovine somatotropin (rbST) effect on performance, carcass characteristics and plasma concentrations of IGF-I and thyroid hormones. Thirty-six $\frac{1}{2}$ Angus-Nellore crossbred bull calves, 63 ± 17 days old and weighting 76.8 ± 14.7 kg, raised in *Brachiaria decumbens* pastures and creep fed, were assigned to one of two treatments until weaning (217 days): eighteen calves received 1.4 mg/kg of rbST (Boostin[®]) every 14 days and eighteen control calves received saline solution. Calves were weighed and blood samples were collected every 28 days and, at weaning, five animals from each treatment were slaughtered for carcass evaluation. The rbST-treated calves had greater average daily gain and final weight and higher IGF-I and T4 plasma concentrations than the control ones. The weights of hot carcass, forequarter and hindquarter, dressing percentage, kidney and pelvic fat, rib eye area, backfat thickness, weight of the hindquarter muscles and plasma concentrations of T3 were not affected by rbST. The rbST treatment implied in greater rates of gain, 7.9%, and altered the hormonal status in pre-weaning creep-fed bull calves, but did not reflect in greater carcass weight or dressing percentage.

Key words: creep feeding, growth, young bulls

Introdução

O eixo somatotrófico, constituído principalmente pelo hormônio do crescimento (GH), fatores de crescimento semelhantes a insulina (IGF-I e IGF-II), proteínas transportadoras e receptores, exerce papel fundamental sobre o controle do metabolismo. Outros hormônios como a insulina e hormônios tireoideanos estão diretamente envolvidos com o eixo somatotrófico, regulando a síntese e disponibilidade de GH e IGF-I (RENAVILLE et al., 2002).

Existe considerável interesse no desenvolvimento de métodos alternativos para estimular o crescimento dos animais domésticos de maneira segura e eficaz, sendo que o GH, além de não oferecer riscos à saúde dos consumidores, tem propiciado ganhos significativos com relação à produtividade animal (ROCHE e QUIRKE, 1992). Segundo McDOWELL e ANNISON (1991), o GH promove o crescimento (estimula a divisão celular, crescimento esquelético e síntese protéica), é lipolítico (promove a liberação de ácidos graxos e inibe a síntese de gordura no tecido adiposo) e é diabetogênico (induz resistência periférica à insulina).

Mediante a suplementação de bovinos de corte em crescimento e terminação com fontes exógenas de GH sob a forma de somatotropina bovina recombinante (rbST) tem sido observados aumento do desempenho (maior ganho de peso e eficiência alimentar) (EARLY et al., 1990a, RUMSEY et al., 1996; HOLZER et al., 1999; RAUSCH et al., 2002), aumento da área do músculo *longissimus dorsi* (MOSELEY et al., 1992; VANN et al., 1998), redução na quantidade de gordura subcutânea e intramuscular (DALKE et al., 1992; VANN et al., 1998), maior retenção de nitrogênio (ELSASSER et al., 1989; HOUSEKNECHT et al., 1992) e aumento da concentração plasmática de IGF-I (SCHWARZ et al., 1993; VERTERGAARD et al., 1995; MOREIRA, 2002) e tiroxina (HOLZER et al., 1999). ENRIGHT (1989), em revisão dos dados disponíveis para ruminantes, concluiu que a administração de rbST em bovinos confinados pode elevar a taxa de crescimento e a eficiência alimentar em 12% e 9% respectivamente, com concomitante efeito sobre a carcaça, aumentando a porção magra em 5% e reduzindo a gordura em 15%.

Dentre os fatores que interferem no Sistema Superprecoce, o peso a desmama constitui-se em um dos mais importantes aspectos relacionados à sua eficiência biológica e econômica, e a busca por práticas ou manejos que visem a obtenção de bezerros mais pesados deve ser considerada prioritária, com o objetivo de ampliar os limites produtivos do sistema. O adequado suprimento de nutrientes e a manipulação dos hormônios envolvidos no metabolismo, durante a fase de cria, podem interferir no crescimento animal de forma consistente durante este período.

O presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da administração de rbST, em bezerros mestiços Angus-Nelore suplementados em *creep feeding* até a desmama, sobre o desempenho, características de carcaça e concentrações plasmáticas de IGF-I e hormônios tireoideanos (T3 e T4).

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Sant'Anna, localizada no município de Rancharia, SP, no período de Novembro de 2000 a Abril de 2001. Foram utilizados trinta e seis bezerros machos $\frac{1}{2}$ Angus- $\frac{1}{2}$ Nelore, oriundos de rebanho comercial, com idade inicial de 63 ± 17 dias e pesando $76,8 \pm 14,7$ kg, filhos de um mesmo touro da raça Aberdeen Angus. Os animais foram criados em uma mesma área (30 ha), em pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens*, e suplementados com ração concentrada no sistema *creep feeding*. A ração contendo 20% de PB e 72% de NDT (Tabela 1), formulada de acordo com as normas do NRC (1996), foi fornecida *ad libitum* diariamente em cochos cobertos, visando garantir suprimento adequado de energia metabolizável e proteína. As matrizes Nelore receberam apenas sal mineralizado durante o período experimental. Após identificação e controle sanitário (endo e ectoparasitos), os bezerros foram distribuídos em dois tratamentos: dezoito bezerros receberam 1,4 mg/kg de rbST (Boostin®) a cada 14 dias e dezoito bezerros controle receberam solução salina na mesma dosagem. Tanto o rbST quanto a solução salina foram aplicados na região da base da cauda em lados alternados em injeção única por via subcutânea. Ao longo do período experimental foram feitas amostragens periódicas

do concentrado para análise bromatológica de acordo com as normas da A.O.A.C. (1985).

Tabela 1 - Composição do concentrado suplementar

Table 1 - Composition of the supplemental concentrate

Ingrediente <i>Ingredient</i>	% da Matéria seca <i>Dry matter basis</i> (%)
Polpa cítrica <i>Citrus pulp</i>	42,2
Farelo de mandioca <i>Cassava meal</i>	29,2
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	13,4
Protenose <i>Corn gluten meal</i>	11,9
Núcleo mineral* <i>Minerals</i>	2,6
Uréia <i>Urea</i>	0,7
Rumensin	0,02
Composição química <i>Chemical composition</i>	
Matéria seca <i>Dry matter</i>	88,0
Proteína bruta <i>Crude protein</i>	20,2
Extrato etéreo <i>Ether extract</i>	2,9
Fibra em detergente neutro <i>Neutral detergent fiber</i>	22,0
Cinzas <i>Ash</i>	5,7
Nutrientes digestíveis totais** <i>Total digestible nutrients</i>	71,6
Energia metabolizável (Mcal/kg) ** <i>Metabolizable energy (Mcal/kg)</i>	2,59

* Composição do sal mineral (por kg do produto) (*Mineral composition/kg*): 180 g Ca, 130 g P, 1250 mg Cu, 5270 mg Zn, 2000 mg Mn, 100 mg Co, 90 mg I, 15 mg Se, 2200 mg Fe, 1300 mg F.

** KEARL et al. (1982)

Para monitoramento do peso vivo e ganho de peso, foram realizadas pesagens em intervalos de 28 dias, sempre no período da manhã e no mesmo horário (8:00).

Ao término da fase cria (idade média de 217 dias), cinco animais de cada tratamento foram abatidos no Frigorífico Frigol, localizado no município de Lençóis Paulista-SP, distante 250 km do local onde foi realizado o experimento. Os animais foram transportados um dia antes do abate, onde permaneceram em curral de concreto com acesso a água, propiciando jejum alimentar de 24 horas. No abate, após evisceração, foram pesados o fígado, gordura peri-renal e as meia carcaças quentes. Em seguida as meias carcaças foram resfriadas em câmara fria (0 a -2°C) por 24 horas. O rendimento de carcaça quente foi calculado pela relação entre o peso da carcaça quente e o peso vivo final obtido na fazenda, expresso em porcentagem. Os pesos do traseiro e do dianteiro foram obtidos após o resfriamento das carcaças por 24 horas e, durante a desossa, foram avaliados os pesos dos músculos do quarto traseiro: *semimembranosus*, *gluteus medius*, *quadriceps femoris*, *semitendinosus*, *psaos major* e *biceps femoris*. A espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo, comprimento e profundidade da carcaça também foram avaliadas após o resfriamento das carcaças de acordo com metodologia descrita por MÜLLER (1987).

As amostras de sangue foram colhidas a cada 28 dias sempre pela manhã, através de venipunctura da jugular esquerda, na região do pescoço, em tubos contendo EDTA (BD Vacutainer Systems, Plymouth, Reino Unido). Estas foram imediatamente centrifugadas (6000 rpm x 8 min) para separação do plasma, sendo este congelado em freezer a -20°C até a realização das análises laboratoriais. A determinação do IGF-I foi realizada por ensaio radioimunométrico segundo princípio descrito por MILES et al. (1974), utilizando o kit DSL-5600 ACTIVE IGF-I IRMA (DSL, Webster, Texas, EUA). O método é não competitivo e inclui procedimento de extração no qual o IGF-I é primeiro separado de suas proteínas ligantes. Para a quantificação de T₃ e T₄, foi realizado radioimunoensaio, seguindo os protocolos dos kits *GammaCoat* T₃ [¹²⁵I] RIA (DPC-Medlab, Los Angeles, CA, EUA) e *GammaCoat* [¹²⁵I] Total T₄ (DPC-Medlab, Los Angeles, CA, EUA) respectivamente. Ambos são métodos competitivos, realizados

em tubos revestidos de anticorpos, e na determinação do T4, primeiro é feita a separação do hormônio de suas proteínas ligantes. A leitura dos tubos marcados, nas análises de IGF-I, T3 e T4, foi realizada em contador gama (Gamma C-12, DPC Medlab, Los Angeles, CA, EUA) e os dados gerados em programa específico calibrado para cada hormônio.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os resultados foram analisados através do programa computacional *Statistical Analysis System* 6.12 (SAS, 1996) e os dados foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM. Para o desempenho e características de carcaça, as médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e o peso vivo inicial foi incluído no modelo estatístico. As concentrações hormonais foram analisadas como medidas repetidas no tempo (GILL, 1986). Para estabelecimento das correlações entre as concentrações de IGF-I e as variáveis de desempenho, utilizou-se o procedimento CORR (SAS, 1996). As médias foram comparadas a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são mostradas as médias ajustadas das variáveis de desempenho e características de carcaça. Os animais que receberam rbST apresentaram ganho de peso médio diário, ganho de peso total e peso vivo final maiores ($P<0,05$) que os animais controle. O ganho de peso diário foi 7,9% maior nos bezerros tratados com rbST no presente estudo, sendo que estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por EARLY et al. (1990a), que verificaram ganho de peso vivo 15% maior em bezerros castrados e confinados tratados com 20,6 mg/dia de rbST, e HOLZER et al. (1999), que relataram ganhos de peso 9% maiores para bezerros não castrados que receberam rbST (500 mg a cada 14 dias). Em experimento realizado com bezerros não castrados e confinados da raça Holandesa, recebendo 0,1 mg de bST/kg, GROENEWEGEN et al. (1990) observaram maior ganho de peso diário (17,8%) nos animais tratados. A dosagem utilizada por GROENEWEGEN et al. (1990) foi a mesma fornecida no presente estudo, diferindo apenas na frequência de aplicação, sendo que foi diária.

MOREIRA (2002) trabalhando com bezerros machos e fêmeas da raça Simbrasil suplementados em *creep feeding*, verificou maior ganho de peso (10,7%) para as fêmeas tratadas com rbST (0,15 mg/kg/dia a cada 14 dias), não havendo diferença para os machos. Em ensaios realizados com novilhos em terminação confinados, WAGNER et al. (1988), MOSELEY et al. (1992), RUMSEY et al. (1996) e RAUSCH et al. (2002) verificaram aumento do ganho de peso diário de em média 9% nos animais tratados com rbST.

Tabela 2 - Médias ajustadas das variáveis de desempenho e características de carcaça

Table 2 – Least square means of performance and carcass traits

Parâmetro <i>Trait</i>	Tratamento <i>Treatment</i>		CV (%)	Significância <i>P-value</i>
	rbST <i>rbST</i>	Controle <i>Control</i>		
Peso vivo inicial, kg ^a <i>Initial live weight</i>	73,4	80,2	19,1	<i>P</i> <0,05
Peso vivo final, kg ^a <i>Final live weight</i>	247,6	234,9	5,3	<i>P</i> <0,05
Ganho de peso médio diário, kg/dia ^a <i>Average daily gain</i>	1,101	1,020	7,5	<i>P</i> <0,05
Ganho de peso total, kg ^a <i>Total weight gain</i>	170,8	158,1	7,5	<i>P</i> <0,05
Peso de carcaça quente, kg ^b <i>Hot carcass weight</i>	125,2	125,5	4,7	NS
Rendimento de carcaça, % ^b <i>Dressing %</i>	50,9	51,7	2,6	NS
Gordura peri-renal, kg ^b <i>Kidney and pelvic fat</i>	1,4	1,7	22,9	NS
Comprimento, cm ^b <i>Length</i>	115,2	115,8	2,3	NS
Profundidade, cm ^b <i>Depth</i>	30,5	30,1	5,3	NS
Área de olho de lombo, cm ² ^b <i>Rib eye area</i>	55,5	55,3	10,6	NS
Espessura de gordura subcutânea, mm ^b <i>Backfat thickness</i>	0,7	1,2	96,3	NS
Peso do fígado, kg ^b <i>Liver weight</i>	2,9	3,2	10,7	NS

NS – não significativo. NS- not significant. ^a n=18; ^b n=5.

Por outro lado, VANN et al. (1998) não observaram diferenças significativas quanto ao ganho de peso médio diário entre os bezerros tratados com rbST (0,09 mg/kg/dia a cada 14 dias) e o grupo controle, durante a fase de cria com suplementação em *creep feeding*, e MALTIN et al. (1990) trabalhando com bezerros Holandeses lactentes, não verificaram diferenças no ganho de peso entre os animais suplementados diariamente com extrato de pituitária (3,5 mg de bST) e o grupo controle. A baixa dosagem empregada por MALTIN et al. (1990) pode ter contribuído para ausência de resposta sobre o desempenho. CHARDULO (1996) não encontrou diferença significativa para ganho de peso diário e peso vivo final em bezerros tratados rbST (250 mg a cada 14 dias) e confinados após a desmama e MORAIS (1999), fornecendo 500 mg de rbST a cada 28 dias, à bezerros confinados oriundos de diferentes cruzamentos com o Nelore, também não detectou diferença significativa para peso vivo final e ganho de peso diário. As diferenças encontradas nas respostas do ganho de peso diário e peso vivo final podem ser atribuídas ao regime alimentar (confinamento vs. *creep feeding*), dosagem e frequência de aplicação (diário vs. a cada 14 ou 28 dias), sexo e idade, sendo estas variáveis considerados por ENRIGHT (1989) importantes interferentes dos efeitos fisiológicos e produtivos atribuídos à somatotropina.

O peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, peso de gordura peri-renal, comprimento e profundidade da carcaça, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e o peso do fígado não diferiram significativamente entre os tratamentos ($P>0,05$). Concordando com estes resultados, GROENEWEGEN et al. (1990), ENRIGHT et al. (1990), DALKE et al. (1992), CHARDULO (1996) e MORAIS (1999) não constatarem efeito do rbST sobre o peso de carcaça de bezerros e novilhos confinados. Porém nos trabalhos de VERTERGAARD et al. (1995), RUMSEY et al. (1996) e VANN et al. (1998) houve aumento do peso de carcaça de em média 7,6% em bezerros e novilhos tratados com rbST.

O maior ganho de peso observado nos bezerros que receberam rbST não refletiu em ganhos adicionais ou em maior rendimento de carcaça, inclusive podendo notar-se redução numérica do rendimento (-1,6%) nos animais tratados. Resultados semelhantes foram relatados por GROENEWEGEN et al. (1990) e HOLZER et al. (2000) em bezerros e por ENRIGHT et al. (1990) e DALKE et al. (1992) em novilhos confinados, os quais encontraram rendimentos de carcaça menores nos animais tratados com rbST. EARLY et al. (1990a) concluíram que o ganho de peso adicional obtido em bezerros confinados suplementados com rbST foi em decorrência do acréscimo de peso em componentes não carcaça e conteúdo gastrointestinal, uma vez que não houve diferença no peso de carcaça e o rendimento foi menor nos animais suplementados, comportamento também observado por WAGNER et al. (1988) e HOLZER et al. (1999). Esta conclusão foi corroborada em trabalhos subsequentes, nos quais os pesos e taxas de ganho diário de fígado, rins, pulmões, traquéia e cabeça foram significativamente maiores nos novilhos tratados com rbST (EARLY et al., 1990b) assim como as taxas de deposição de proteína no fígado, rins, estômago, couro, e cabeça, não havendo diferença quanto a taxa de deposição protéica na carcaça (EARLY et al., 1990c).

RUMSEY et al. (1996), ao fornecerem rbST na dosagem de 0,1 mg/kg/dia (Somavubove[®]) à novilhos confinados, observaram aumento do peso de carcaça (1,3%) mas com concomitante acréscimo de componentes não carcaça, principalmente fígado, coração, rins, couro e sangue, sendo que o rendimento de carcaça não diferiu em relação aos animais não suplementados. Apesar de haver redução da deposição de gordura na carcaça de animais tratados com rbST, a qual contribui para diminuição do rendimento de carcaça, o aumento das taxas de deposição e do peso dos componentes não pertencentes a carcaça parecem ser responsáveis pela ausência de efeito do GH sobre a relação peso vivo/peso de carcaça.

A avaliação do comprimento e profundidade da carcaça pode ser considerada como indicativo do desenvolvimento ósseo (MÜLLER, 1987), sendo que não houve

diferença significativa entre os tratamentos para as duas variáveis (Tabela 2). VANN et al. (1998) e MOREIRA (2002) não encontraram efeito da somatotropina sobre o comprimento do fêmur e peso de ossos e sobre o perímetro de canela respectivamente, assim como EARLY et al. (1990b) e SCHWARZ et al. (1993) não observaram efeito da aplicação de rbST sobre o peso total de ossos e sobre a relação músculo/ossos da carcaça. Possivelmente o tratamento com rbST tenha maior potencial de atuação sobre as fibras colágenas e tecido conectivo do que sobre a massa óssea especificamente (VANN et al., 1998).

Mediante a administração de rbST, tem sido observado aumento da área de olho de lombo (AOL) em novilhos (ELSASSER et al., 1989). VANN et al. (1998) encontraram maior AOL para os bezerros tratados com rbST durante a fase de cria, assim como VERTERGAARD et al. (1995) em bezerras holandesas pré-púberes. Entretanto, em acordo com o resultado obtido nesta pesquisa, DALKE et al. (1992) observaram que novilhos mestiços confinados que receberam doses crescentes de rbST (0, 40, 80 ou 160 mg/semana) não apresentaram aumento da AOL em nenhuma das dosagens testadas e RAUSCH et al. (2002), trabalhando com novilhos confinados, e MOREIRA (2002), com bezerros e bezerras suplementados em *creep feeding*, não detectaram efeito da somatotropina sobre a AOL avaliada por ultra-sonografia.

Um dos efeitos mais discutidos da somatotropina diz respeito a redução do teor ou quantidade de gordura na carcaça. Muitos autores têm relatado redução do teor de gordura (GROENEWEGEN et al., 1990; DALKE et al., 1992; SCHWARZ et al., 1993; HOLZER et al., 1999), diminuição na espessura de gordura subcutânea (PETERS, 1986; EARLY et al., 1990; DALKE et al., 1992) bem como menor deposição de gordura pélvica e renal (HOLZER et al., 1999 e HOLZER et al., 2000) na carcaça de animais tratados com rbST. Em contraste com estas observações, no presente estudo e naqueles realizados por TRIPP et al. (1998) e RAUSCH et al. (2002), com medidas avaliadas por ultra-sonografia, não houve efeito da somatotropina sobre a espessura de gordura subcutânea, a qual, segundo VANN et al. (1998), que também abateram bezerros a desmama não constatando efeito da rbST sobre a espessura de gordura e

porcentagem de gordura renal, pélvica e cardíaca, não é uma medida representativa, tendo em vista que a mensuração é realizada numa idade em que a espessura de gordura é mínima.

Os bezerros controle e os tratados com rbST apresentaram pesos de fígado semelhantes (Tabela 2). Da mesma forma, GROENEWEGEN et al. (1990) e VANN et al. (1998) relataram resultados semelhantes em bezerros, nos quais o fornecimento de rbST não afetou os pesos de fígado, coração e rins. Em contraste, EARLY et al. (1990b), MOSELEY et al. (1992), SCHWARZ et al. (1993) e RUMSEY et al. (1996), reportaram aumento no peso de fígado em novilhos e novilhas confinados que receberam rbST.

Quanto aos pesos dos quartos dianteiro e traseiro e dos músculos do quarto traseiro, não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos em nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 3). EARLY et al. (1990a), CHARDULO (1996) e MORAIS (1999) também não observaram diferenças quanto ao peso dos quartos traseiro e dianteiro de bezerros confinados tratados com rbST, mesmo resultado verificado por HOLZER et al. (2000) quanto ao rendimento dos dois quartos da carcaça em bezerros. Entretanto, redução do rendimento de dianteiro e maior rendimento de traseiro (HOLZER et al., 1999) e maior quantidade de tecido muscular na carcaça (VANN et al., 1998) foram observados em bezerros suplementados com rbST.

O estímulo do GH à síntese protéica parece ser músculo dependente, não havendo efeito uniforme em todos os grupos musculares. EISEMANN et al. (1989) sugeriram que o incremento da taxa fracional de síntese protéica propiciado pelo GH depende do músculo estudado. ELSASSER et al. (1998) observaram, em novilhos confinados, aumento de peso e maior taxa de deposição protéica nos músculos *rectus femoris* e *tríceps brachii* mediante o fornecimento de rbST (0,1 mg/kg/dia), sendo que o *supraspinatus*, *psaos major* e *semitendinosus* não apresentaram alteração de peso ou mudança na taxa de deposição protéica em relação ao grupo controle. GROENEWEGEN et al. (1990), em bezerros Holandeses abatidos aos três meses de idade e EARLY et al. (1990b), avaliando as carcaças de novilhos confinados, não

encontraram efeito da administração de rbST sobre o peso dos músculos *biceps femoris*, *semitendinosus* e *semimembranosus*.

Tabela 3 - Médias ajustadas dos pesos dos quartos dianteiro e traseiro e músculos do quarto traseiro

Table 3 – Hindquarter, forequarter and hindquarter muscles weights

Parâmetro* <i>Trait</i>	Tratamento <i>Treatment</i>		CV (%)	Significância <i>P-value</i>
	rbST <i>rbST</i>	Controle <i>Control</i>		
Dianteiro, kg	24,2	24,4	5,7	NS
<i>Forequarter</i>				
Traseiro, kg	31,0	30,5	4,3	NS
<i>Hindquarter</i>				
<i>Semimembranosus</i> (Coxão mole), kg	4,1	4,4	5,2	NS
<i>Gluteus medius</i> (Alcatra), kg	1,7	1,6	8,0	NS
<i>Quadriceps femoris</i> (Patinho), kg	2,6	2,4	7,1	NS
<i>Semitendinosus</i> (Lagarto), kg	1,1	1,2	5,6	NS
<i>Psoas major</i> (Filé mignon), kg	0,90	0,88	5,6	NS
<i>Biceps femoris</i> (Picanha + Coxão duro), kg	2,5	2,3	9,1	NS

NS – não significativo. *NS- not significant*. *n=5.

Na Tabela 4 são mostradas as médias das concentrações plasmáticas de IGF-I, T3 e T4. Os animais suplementados com rbST apresentaram concentrações de IGF-I e T4 maiores que os animais controle ($P<0,05$), não havendo diferença significativa para T3. Resultados semelhantes quanto ao IGF-I foram obtidos por HOLZER et al. (2000) os quais observaram aumento significativo dos níveis séricos de IGF-I em bezerros holandeses confinados que receberam rbST e MOREIRA (2002) que constatou maior concentração de IGF-I em fêmeas Simbrasil tratadas com rbST durante a fase de cria. Entretanto, VANN et al. (1998) e HOLZER et al. (1999), não detectaram efeito do tratamento com rbST sobre a concentração sérica de IGF-I em bezerros.

O aumento da concentração plasmática verificado nos animais que receberam rbST (aumento de 34,1% em relação ao controle), obtido no presente estudo, corrobora

com a observação de que a administração exógena de somatotropina resulta em elevação dos níveis plasmáticos de IGF-I (VERNON, 1989), como constatado por SANDLES e PEEL (1987) em novilhas, DALKE et al. (1992) e TRIPP et al. (1998) em novilhos confinados, VESTERGAARD et al. (1995) em bezerras e McLAUGHLIN et al. (1993) em ovinos. Os principais efeitos estimulatórios de crescimento do GH são mediados pelas somatomedinas, principalmente IGF-I, o qual é sintetizado no fígado e outros órgãos, podendo atuar tanto no próprio órgão em que foi sintetizado (ação autócrina) ou mesmo em diferentes tecidos (ação parácrina) (COUTINHO, 1996).

Tabela 4 - Médias das concentrações plasmáticas de IGF-I, T3 e T4

Table 4 – IGF-I, T3 and T4 plasma concentrations means

Parâmetro* <i>Trait</i>	Tratamento <i>Treatment</i>		CV (%)	Significância <i>P-value</i>
	rbST <i>rbST</i>	Controle <i>Control</i>		
IGF-I, ng/mL	213,60	159,28	48,1	$P<0,05$
T3, ng/mL	2,08	2,06	33,7	NS
T4, µg/dL	8,59	7,43	47,1	$P<0,05$

NS – não significativo. *NS- not significant.* *n=18.

Quanto aos hormônios tireoideanos, verificou-se que os níveis de T3 não diferiram entre os tratamentos e a concentração média de T4 foi 15,6% superior nos bezerros suplementados com rbST ($P<0,05$). Da mesma forma, HOLZER et al. (1999) obtiveram aumento da concentração de T4 nos bezerros suplementados com rbST e ausência de efeito para T3. Por outro lado, as concentrações de T4 avaliadas por MOREIRA (2002) foram maiores nos bezerros não tratados com rbST, não havendo diferença quanto ao T3, e EISEMANN et al. (1986) e HOLZER et al. (2000) não constataram efeito da somatotropina nos níveis de T3 e T4 em novilhas e bezerros confinados. As inter-relações entre o eixo somatotrófico e hormônios tireoideanos são fartamente relatadas. Estes atuam no controle da produção de receptores das somatomedinas, influenciam a síntese e secreção de GH pela pituitária, regulam a ação do GH sobre as epífises ósseas e também controlam a expressão do mRNA de IGF-I

(ROCHE e QUIRKE, 1992). GERRITS et al. (1998) destacam que o hormônio T3 exerce importante ação sobre a produção e liberação de IGF-I e ELSASSER et al. (1993) concluíram que em novilhos, elevados níveis séricos de T3 deprimem a resposta do IGF-I à administração da somatotropina com conseqüente redução da taxa de deposição de proteína nos tecidos.

Nas Figuras 1, 2 e 3 são mostradas as concentrações plasmáticas dos hormônios durante o período experimental de 154 dias, sendo possível observar grande variação nas concentrações plasmáticas de T3 e T4, sendo que para o T4 (Figura 2) houve diferença significativa a favor do controle no período 3, e os bezerros suplementados apresentaram maior concentração nos períodos 1, 2 e 6 ($P<0,05$). Segundo TRENKLE (1978) os hormônios tireoideanos são sensíveis à alterações de temperatura ambiente, ao manejo ou estresse e ao status nutricional, fatores que podem ter contribuído para a grande variação ocorrida entre os períodos. Independente do tratamento, o comportamento apresentado pela triiodotironina foi, com exceção do período 3, semelhante aquele observado para a tiroxina (Figura 3), com aumentos e reduções das concentrações nos mesmos períodos, evidenciado a forte relação existente entre os dois hormônios. O T4 é o principal produto secretado pela glândula tireóide e o T3 corresponde a forma biologicamente ativa e a conversão de T4 em T3 no fígado e rins constitui-se em importante fonte de T3 (KAHL et al., 1984).

Quanto ao IGF-I (Figura 1), observa-se aumento da concentração ao longo dos períodos avaliados e que os bezerros que receberam rbST apresentaram níveis plasmáticos de IGF-I mais elevados que o controle em todos os períodos, sendo que nos períodos 3 e 4 esta diferença foi significativa ($P<0,05$). Independente do tratamento, o comportamento apresentado confirma a constatação de que as concentrações de IGF-I são idade dependentes, ocorrendo aumento dos níveis plasmáticos com o avançar da idade, principalmente na puberdade (RENAVILLE et al., 1993; PAGANO et al., 2001).

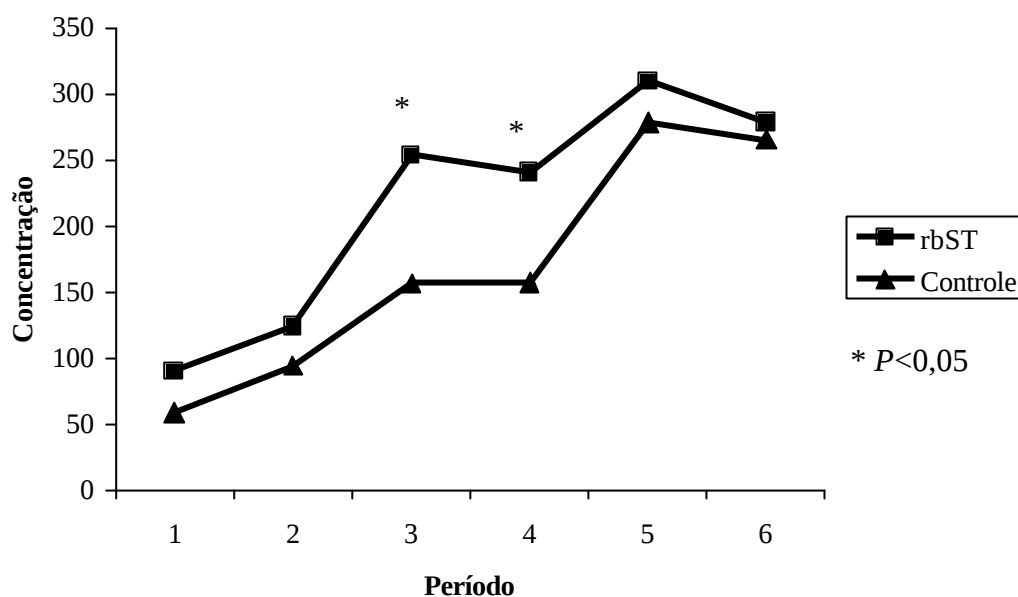


Figura 1 - Concentrações plasmáticas de IGF-I (ng/mL) entre 63 e 217 dias de idade

Figure 1 – IGF-I plasma concentrations between 63 and 217 days of age

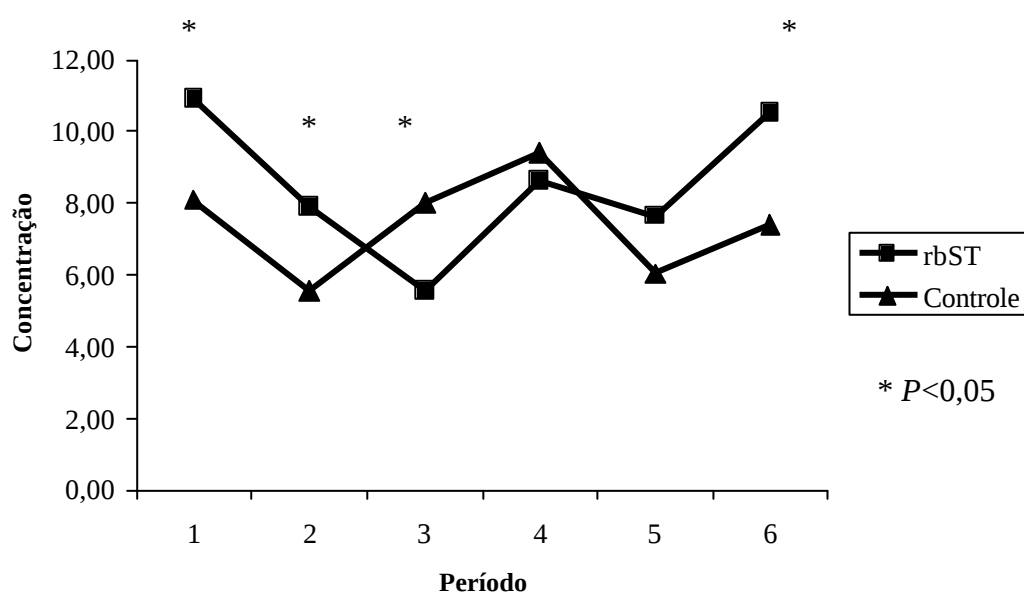


Figura 2 - Concentrações plasmáticas de T4 (μg/dL) entre 63 e 217 dias de idade

Figure 2 – T4 plasma concentrations between 63 and 217 days of age

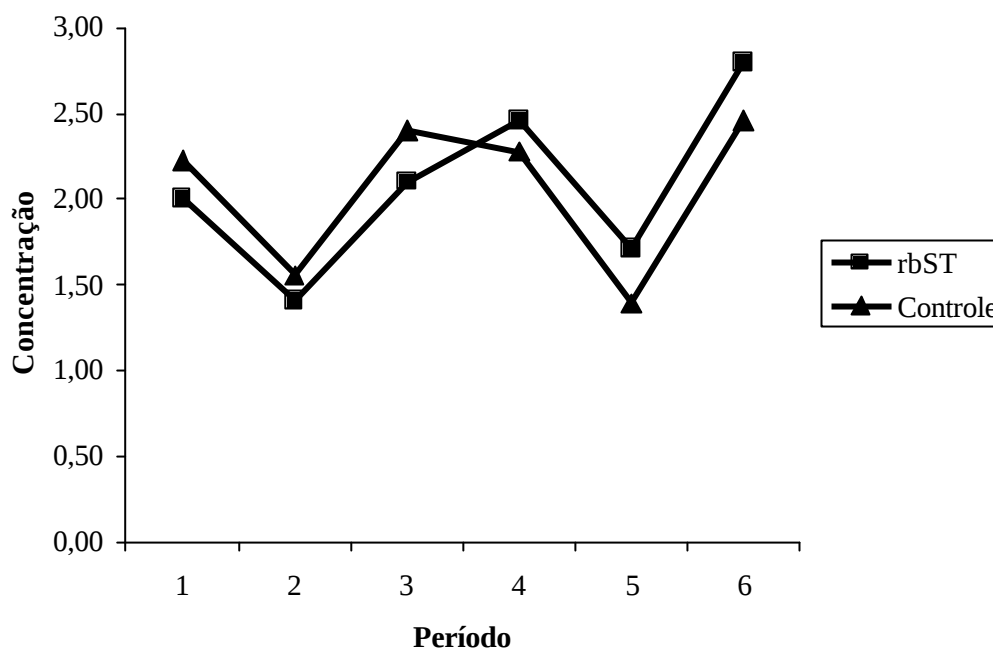


Figura 3 - Concentrações plasmáticas de T3 (ng/mL) entre 63 e 217 dias de idade

Figure 3 – T3 plasma concentrations between 63 and 217 days of age

O IGF-I é considerado importante mediador da ação metabólica e de estímulo ao crescimento propiciado pela somatotropina, correlacionado-se positivamente com a taxa de ganho de peso e eficiência alimentar, sendo definido por STICK et al. (1998) como eficiente preditor fisiológico do crescimento. Neste sentido, WEEKS (1996) relatou que em ovinos selecionados para maior peso a desmama, os níveis plasmáticos de IGF-I eram mais elevados e BREIER e SAVERWEIN (1995) verificaram que a seleção de linhagens de camundongos e ovinos com base na magnitude da concentração plasmática de IGF-I, resultou em diferenças marcantes nas taxas de crescimento. Associando as concentrações de IGF-I observadas neste estudo aos resultados de peso vivo final e ganho de peso, obtém-se coeficientes de correlação da ordem de 0,33 ($P < 0,10$) para o ganho de peso e de 0,36 ($P < 0,10$) para peso vivo final, evidenciando a relação positiva entre crescimento e nível plasmático de IGF-I, constatado pelo maior ganho de peso e peso vivo final obtidos nos animais suplementados com rbST, os quais também apresentaram maior concentração plasmática de IGF-I. GROENEWEGEN et al. (1990)

apesar de não terem encontrado efeito significativo da aplicação de rbST sobre a concentração plasmática de IGF-I, obtiveram alta correlação entre esta e o ganho de peso diário, sendo que a análise de regressão resultou em uma relação linear altamente significativa entre os parâmetros. STICK et al. (1998), ao analisar as concentrações plasmáticas de IGF-I de novilhos cruzados após a desmama, submetidos a diferentes ofertas de matéria seca (80, 90 e 100% do *ad libitum*), e sua relação com ganho de peso e eficiência alimentar, relataram correlações positivas entre IGF-I e os dois parâmetros de desempenho, sendo que a análise de regressão indicou que cada 1ng/mL de aumento na concentração de IGF-I sérico correspondia a um aumento de 0,00135 kg/dia no ganho de peso médio diário e a um incremento da eficiência alimentar de 0,0001 kg de ganho/kg de MS ingerido. Os autores concluíram que o IGF-I pode ser considerado como uma ferramenta auxiliar de seleção para crescimento e eficiência alimentar.

A somatotropina exerce papel fundamental sobre o controle homeorrético da partição de nutrientes, e o sistema GH/IGF-I atua decisivamente sobre o desempenho e metabolismo em uma série de condições fisiológicas (BAUMAN, 1999). No presente estudo, os efeitos da somatotropina sobre o crescimento e metabolismo refletiram-se na maior taxa de ganho de peso, com conseqüente incremento do peso a desmama, e nas concentrações plasmáticas de IGF-I mais elevadas obtidas nos bezerros suplementados. Porém, os efeitos estimulatórios do rbST não se fizeram presentes em características importantes como peso e rendimento de carcaça, área de olho de lombo e peso de grupos musculares de maior valor econômico, bem como na deposição de gordura subcutânea, sendo que respostas semelhantes foram relatadas com certa frequência em trabalhos anteriores realizados tanto com bezerros em crescimento como em novilhos em terminação.

Conclusões

A utilização da somatotropina bovina recombinante possibilitou que bezerros com adequado suprimento de nutrientes apresentassem maiores pesos a desmama, podendo traduzir-se em benefício para produtores que comercializam seus produtos e para aqueles que confinam após a desmama. Entretanto o maior peso a desmama não

refletiu em maior peso ou rendimento de carcaça, indicando que o ganho adicional possa ter ocorrido em componentes não pertencentes a carcaça. Desta forma, talvez a partição de nutrientes atribuída ao GH se dê em favor de tecidos e órgãos de menor valor, o que no caso de bezerros desmamados, não se caracteriza como um comportamento desfavorável, uma vez que estes são comercializados com base no peso vivo.

O fornecimento de somatotropina exógena alterou o perfil hormonal de bezerros suplementados em *creep feeding* durante a fase de cria, propiciando aumento das concentrações plasmáticas de T4 e principalmente de IGF-I, o qual está diretamente envolvido no metabolismo do crescimento, correlacionando-se positivamente com as variáveis de desempenho avaliadas.

Literatura Citada

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 13^a ed. Washington, 1985.
- BAUMAN, D.E. 1999. Bovine somatotropin and lactation: from basic science to commercial application. *Dom. Anim. Endocrinol.*, 17: 101-116.
- BREIER, B.H., SAVERWEIN, H. Regulation of growth in ruminants by the somatotropic axis. In: Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. In: PROCEEDINGS OF THE 8th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 1995, Germany. **Proceedings...** Germany.
- CHARDULO, L.A.L. *Efeito da somatotropina bovina recombinante (rbST) no Desempenho e características químicas da carne de bovinos jovens Nelore e mestiços Simental x Nelore*. Botucatu, SP: FMVZ, 1996. 37p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 1996.
- COUTINHO, L.L. Promotores de crescimento. In: **Produção de novilhos precoces**. Anais do 6^o Simpósio sobre Produção Animal. Piracicaba: FEALQ, 1996, p.229-246.

- DALKE, B.S., ROEDER, R.A., KASER, T.R., et al. 1992. Dose-response effects of recombinant bovine somatotropin implants on feedlot performance in steers. *J. Anim. Sci.*, 70: 2130-2137.
- EARLY, R.J., McBRIDE, B.W., BALL, R.O. 1990a. Growth and metabolism in somatotropin-treated steers: I. Growth, serum chemistry and carcass weights. *J. Anim. Sci.* 68: 4134-4143.
- EARLY, R.J., McBRIDE, B.W., BALL, R.O. 1990b. Growth and metabolism in somatotropin-treated steers: II. Carcass and non carcass tissue components and chemical composition. *J. Anim. Sci.*, 68: 4144-4152.
- EARLY, R.J., McBRIDE, B.W., BALL, R.O. 1990c. Growth and metabolism in somatotropin-treated steers: III. Protein synthesis and tissue energy expenditures. *J. Anim. Sci.*, 68: 4153-4166.
- EISEMANN, J.H., HAMMOND, A.C., BAUMAN, D.E., et al. 1986. Effect of bovine growth hormone administration on metabolism of growing hereford heifers: protein and lipid metabolism and plasma concentrations of metabolites and hormones. *J. Nutr.*, 116: 2504-2515.
- EISEMANN, J.H., HAMMOND, A.C., RUMSEY, T.S. 1989. Tissue protein synthesis and nucleic acid concentrations in steers treated with somatotropin. *Br. J. Nutr.*, 62: 657-671.
- ELSASSER, T.H., RUMSEY, T.S., HAMMOND, A.C. 1989. Influence of diet on basal and growth hormone-stimulated plasma concentrations of IGF-I in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 67: 128-137.
- ELSASSER, T.H., RUMSEY, T.S., KAHL, S. 1993. Relationships between the thyroid and somatotrophic axes in steers: II. Effects of thyroid status on plasma concentrations of insulin-like growth factor I (IGF-1) and the IGF-1 response to growth hormone. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 10: 71-81.
- ELSASSER, T.H., RUMSEY, T.S., KAHL, S.M., et al. 1998. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: III. Muscle growth and protein responses. *J. Anim. Sci.*, 76: 2346-2353.

- ENRIGHT, W.J. 1989. Effects of administration of somatotropin on growth, feed efficiency and carcass composition of ruminants: A review. **Use of somatotropin in livestock production.** London: Elsevier, 1989, p.132-156.
- ENRIGHT, W.J., QUIRKE, J.F., GLUCKMAN, P.D., et al. 1990. Effects of long term administration of pituitary-derived bovine growth hormone and estradiol on growth in steers. *J. Anim. Sci.*, 68: 2345-2356.
- GERRITS, W.J.J., DECUYPERE, E., VERSTEGEN, M.W.A., et al. 1998. Effect of protein and protein-free energy intake on plasma concentrations of insulin-like growth factor I and thyroid hormones in preruminant calves. *J. Anim. Sci.*, 76: 1356-1363.
- GILL, J.L. 1986. Repeated measurement: sensitive tests for experiments with few animals. *J. Anim. Sci.*, 63: 943-950.
- GROENEWEGEN, P.P., McBRIDE, B.W., BURTON, J.H., et al. 1990. Effect of bovine somatotropin on the growth rate, hormone profiles and carcass composition of Holstein bull calves. *Dom. Anim. Endocrinol.*, 7: 43-54.
- HOLZER, Z., AHARONI, Y., BROSH, A., et al. 1999. The effects of long-term administration of recombinant bovine somatotropin (Posilac) and Synovex on performance, plasma hormone and amino acid concentration, and muscle and subcutaneous fat fatty acid composition in Holstein-Friesian bull calves. *J. Anim. Sci.*, 77: 1422-1430.
- HOLZER, Z., AHARONI, Y., BROS, A., et al. 2000. The influence of recombinant bovine somatotropin on dietary energy level-related growth of Holstein-Friesian bull calves. *J. Anim. Sci.* 78: 621-628.
- HOUSEKNECHT, K.L., BAUMAN, D.E., FOX, D.G., et al. 1992. Abomasal infusion of casein enhances nitrogen retention in somatotropin-treated steers. *J. Nutr.*, 122: 1717-1725.
- KAHL, S., BITMAN, J., RUMSEY, T.S. 1984. Extra-thyroidal thyroxine-5'-monodeiodinase activity in cattle. *Dom. Anim. Endocrinol.*, 1: 279-290.

- MALTIN, C.A., DELDAY, S.M., INNES, G.M., et al. 1990. Effects of bovine pituitary growth hormone alone or in combination with the β -agonist clenbuterol on muscle growth and composition in veal calves. *Br. J. Nutr.*, 63: 535-545.
- McDOWELL, G.H., ANNISON, E.F. Hormonal control of energy and protein metabolism. In: Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants. In: SEVENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 1991, London. **Proceedings...** London: Academic Press, 1991. p. 231-253.
- McLAUGHLIN, C.L., HEDRICK, H.B., VEENHUIZEN, J.J., et al. 1993. Comparison of performance, clinical chemistry, and carcass characteristics of finishing lambs treated with recombinant ovine or bovine somatotropins. *J. Anim. Sci.*, 71: 1453-1463.
- MILES, L.E.M., LIPSCHITZ, D.A., BIEBER, C.P., et al. 1974 Measurement of serum ferritin by 2-site immunoradiometric assay. *Analyt. Biochem.*, 61: 209-224.
- MORAIS, J.P.G. *Rendimento de cortes e características das fibras musculares de bovinos superprecoces, com aplicação da somatotropina bovina recombinante*. Botucatu, SP: FMVZ, 1999. 51p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 1999.
- MÜLLER, L. 1987. *Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos*. 2. ed. Santa Maria: Imprensa Universitária. 31p.
- MOREIRA, P.S.M. *Desempenho produtivo em bezerros lactentes: efeitos da somatotropina bovina recombinante (rbST) sobre o tecido muscular e os níveis de hormônios tireoideanos (T3 e T4) e IGF-1*. Botucatu, SP: IB, 2002. 118p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências/ UNESP, 2002.
- MOSELEY, W.M., PAULISSEN, J.B., GOODWIN, M.C., et al. 1992. Recombinant bovine somatotropin improves growth performance in finishing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 70: 412-425.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7. ed. Washington: National Academy Press, 1996. 242p.
- PAGANO, G.T., LAZZARONI, C., PAGANO, P.G., et al. 2001. A study on muscular hypertrophy in cattle: serum concentrations of IGF-I, cortisol, insulin and testosterone. *Liv. Prod. Sci.*, 70: 235-239.
- PETERS, J.P. 1986. Consequences of accelerated gain and growth hormone administration for lipid metabolism in growing beef steers. *J. Nutr.*, 116: 2490-2503.
- RAUSCH, M.I., TRIPP, M.W., GOVONI, K.E., et al. 2002. The influence of level of feeding on growth and serum insulin-like growth factor I and insulin-like growth factor-binding proteins in growing beef cattle supplemented with somatotropin. *J. Anim. Sci.*, 80: 94-100.
- RENAVILLE, R., DEVOLDER, A., MASSART, S. 1993. Changes in the hypophisal-gonadal axis during the onset of puberty in young bulls. *J. Reprod. Fert.*, 99: 443-449.
- RENAVILLE, R.; HAMMADI, M.; PORTETELLE, D. 2002. Role of the somatotropic axis in the mammalian metabolism. *Dom. Anim. Endocrinol.*, 23: 351-360.
- ROCHE, J.F., QUIRKE, J.F. 1992. *Beef cattle production*. London: Elsevier. 900p.
- RUMSEY, T.S., ELSASSER, T.H., KAHL, S., et al. 1996. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: I. Performance and composition of gain. *J. Anim. Sci.*, 74: 2917-2928.
- SCHWARZ, F.J., SCHAMS, D., ROPKE, R., et al. 1993. Effects of somatotropin treatment on growth performance, carcass traits, and the endocrine system in finishing beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 71: 2721-2731.
- SANDLES, L.D., PEEL, C.J. 1987. Growth and carcass composition of pre-pubertal dairy heifers treated with bovine growth hormone. *Anim. Prod.*, 44: 21-27.
- SAS INSTITUTE INC. 1996. *Sas User's Guide*. 5. ed. Cary, NC. 956p.

- STICK, D.A., DAVIS, M.E., LOERCH, S.C., et al. 1998. Relationship between blood serum insulin-like growth factor I concentration and post weaning feed efficiency of crossbred cattle at three levels of dietary intake. *J. Anim. Sci.*, 76: 498-505.
- TRENKLE, A. 1978. Relation of hormonal variations to nutritional studies and metabolism in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 61: 281-293.
- TRIPP, M.W., HOAGLAND, T.A., DAHL, G.E., et al. 1998. Methionine and somatotropin supplementation in growing beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 76: 1197-1203.
- VANN, R.C., ALTHEN, T.G., SMITH, W.K., et al. 1998. Recombinant bovine somatotropin (rbST) administration to creep-fed beef calves increase muscle mass but not affect satellite cell number or concentration of Myosin Light Chain-1f mRNA. *J. Anim. Sci.*, 76: 1371-1379.
- VERNON, R.G. Influence of somatotropin on metabolism. **Use of somatotropin in livestock production.** London: Elsevier, 1989, p.31-50.
- VESTERGAARD, M., PURUP, S., HENCKEL, P., et al. 1995. Effects of growth hormone and ovariectomy on performance, serum hormones, insulin-like growth factor-binding proteins, and muscle fiber properties of prepubertal friesland heifers. *J. Anim. Sci.*, 73: 3574-3584.
- WAGNER, J.F., CAIN, T., ANDERSON, D.B., et al. 1988. Effect of growth hormone (GH) and estradiol ($E^2\beta$) alone and in combination on beef steer growth performance, carcass and plasma constituents. *J. Anim. Sci.*, 66: 283 (Supl.1) (Abstr.).
- WEEKS, T.E.C. 1996. hormonal control of nutrient partition in growing ruminants. *J. Reprod. Develop.*, 42: 95-103.

CAPÍTULO 3

Caracterização Morfológica das Fibras Musculares do Músculo *semitendinosus* de Bezerros Mestiços Angus-Nelore Recebendo Somatotropina Bovina Recombinante (rbST) até a Desmama

RESUMO - Objetivando estudar o efeito da somatotropina bovina recombinante (rbST) sobre a frequência de distribuição e diâmetro das fibras musculares do músculo *semitendinosus*, trinta e seis bezerros mestiços ½ Angus-Nelore, com idade inicial de 63 ± 17 dias e pesando $76,8 \pm 14,7$ kg, criados em pastagem de *Brachiaria decumbens* e suplementados em *creep feeding*, foram submetidos a dois tratamentos até a desmama (217 dias) sendo que dezoito bezerros receberam 1,4 mg/kg de rbST (Boostin®) a cada 14 dias e dezoito bezerros controle receberam solução salina. As amostras de músculo foram colhidas aos 117 (biópsia) e aos 217 dias de idade, quando foram abatidos cinco animais por tratamento. Os animais suplementados apresentaram maior diâmetro para as fibras do tipo FG aos 117 dias e tendência de aumento aos 217 dias e não diferiram em relação ao grupo controle quanto ao diâmetro das fibras FOG e SO e frequência de FG, FOG e SO aos 117 e 217 dias. Independente da aplicação de rbST, houve significativo aumento do diâmetro das fibras SO e FOG, tendência de aumento de diâmetro das fibras FG, maior frequência de SO e redução da frequência de FG entre 117 e 217 dias de idade. A utilização de somatotropina exógena possibilitou maior hipertrofia das fibras musculares brancas de contração rápida em bezerros suplementados em *creep feeding* durante a fase de cria, sem interferir na frequência de distribuição dos tipos de fibras no músculo *semitendinosus*.

Palavras chave: *creep feeding*, crescimento, Superprecoce

Morphological Characterization of *semitendinosus* Muscle Fibers in Pre-Weaning Angus-Nellore Crossbred Calves Receiving Recombinant Bovine Somatotropin (rbST)

ABSTRACT – The objective of this experiment was to study the effect of the recombinant bovine somatotropin (rbST) on the percentage distribution and diameter of *semitendinosus* muscle fibers. Thirty-six ½ Angus-Nellore crossbred bull calves, 63 ± 17 days old and weighting $76,8 \pm 14,7$ kg, raised in *Brachiaria decumbens* pastures and creep fed, were assigned to one of two treatments until weaning (217 days): eighteen calves received 1.4 mg/kg of rbST (Boostin[®]) every 14 days and eighteen control calves received saline solution. Muscle samples were taken at 117 trough biopsy and at 217 days old when five animals from each treatment were slaughtered. The rbST-treated calves had greater FG fiber diameter than control ones at 117 days and tended to have great diameter at 217 days. No differences in FOG and SO diameter and FG, FOG and SO percentage distribution were observed at 117 and 217 days. Despite the rbST treatment, there was a significant enlarge in SO and FOG fibers diameter, a tendency for increase in FG fibers diameter, an increase in SO and reduction in FG percentage distribution from 117 to 217 days. The somatotropin administration caused a greater hypertrophy of the white fast twitch muscle fibers in creep fed bull calves, but did not affect the percentage distribution of *semitendinosus* muscle fibers.

Key words: creep feeding, growth, young bulls

Introdução

O hormônio do crescimento (GH) ou somatotropina bovina é um hormônio chave, que influencia de forma coordenada o metabolismo, crescimento e a partição de nutrientes da maioria dos tecidos durante os períodos pré e pós-natal. O GH exerce grande impacto sobre a síntese de proteína corporal (EARLY et al., 1990) e estudos têm mostrado de forma consistente que o tratamento de animais domésticos com somatotropina exógena causam marcante crescimento do tecido muscular esquelético e redução na deposição de tecido adiposo (BOYD e BAUMAN, 1991).

A avaliação dos efeitos da somatotropina bovina recombinante (rbST) no desenvolvimento das fibras musculares esqueléticas têm sido utilizada para caracterizar a ação hormonal desta sobre o crescimento do tecido muscular em suínos (SOLOMON et al., 1994), novilhos (ONO et al., 1996) e bezerros (MOULTON et al., 2000 e VANN et al., 2001). Podem ser caracterizados três tipos de fibras musculares em bovinos: fibras brancas ou FG (glicolíticas de contração rápida) apresentam maior área, contração rápida e metabolismo anaeróbico; fibras vermelhas ou SO (oxidativas de contração lenta) apresentam pequena área, contração lenta e metabolismo aeróbico e fibras intermediárias ou FOG (oxidativas-glicolíticas de contração rápida) que possuem área intermediária, contração rápida e metabolismo aeróbico e glicolítico (PETER et al., 1972).

Em bezerros da raça Holandesa, a somatotropina produziu poucas alterações na frequência de distribuição e área das fibras do músculo *semimembranosus*, mas propiciou aumento na área nas fibras do tipo FOG no músculo *tríceps brachii* (MALTIN et al., 1990). VESTERGAARD et al. (1995) trabalhando com bezerras com 2,5 meses de idade, recebendo 15 mg de rbST por dia, não constatarem efeito do hormônio sobre a distribuição dos três tipos de fibras do *longissimus dorsi* e VANN et al. (2001) observaram aumentos da área e frequência para as fibras do tipo FG e transformação de fibras do tipo FOG em fibras FG em bezerros tratados com rbST e suplementados em *creep feeding*.

O presente estudo teve por objetivo caracterizar morfológicamente as fibras musculares do músculo *semitendinosus* quanto ao tipo, frequência de distribuição e diâmetro, mediante administração de rbST, em bezerros mestiços Angus-Nelore suplementados em *creep feeding* até a desmama.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Sant'Anna, localizada no município de Rancharia, SP, no período de Novembro de 2000 a Abril de 2001. Foram utilizados trinta e seis bezerros machos, $\frac{1}{2}$ Angus- $\frac{1}{2}$ Nelore com idade inicial de 63 ± 17 dias e pesando $76,8 \pm 14,7$ kg, filhos de um mesmo touro da raça Aberdeen Angus. Os animais foram criados em uma mesma área (30 ha), em pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens*, e suplementados com ração concentrada no sistema *creep feeding*. A ração contendo 20% de PB e 72% de NDT, formulada de acordo com as normas do NRC (1996), foi fornecida *ad libitum* diariamente em cochos cobertos, visando garantir suprimento adequado de energia metabolizável e proteína. Os bezerros foram distribuídos em dois tratamentos: dezoito bezerros receberam 1,4 mg/kg de rbST (Boostin[®]) a cada 14 dias e dezoito bezerros controle receberam solução salina na mesma dosagem. Tanto o rbST quanto a solução salina foram aplicados na região da base da cauda em lados alternados em injeção única por via subcutânea.

Para o acompanhamento do padrão de crescimento do tecido muscular esquelético foram efetuadas duas amostragens do músculo *semitendinosus*: aos 117 dias de idade (138 ± 20 kg), foram colhidas amostras de nove animais por tratamento através de biópsia segundo técnica descrita por DUBOWITZ e BROOKE (1984), e aos 217 dias (241 ± 24 kg), quando foram abatidos cinco animais por tratamento, sendo retirada amostra após procedimento de esfola da carcaça. O músculo *semitendinosus* foi escolhido por sua localização anatômica e discreta cobertura de gordura, permitindo fácil acesso durante a biópsia e retirada *postmortem* (ARRIGONI et al., 1998). Coletou-se aproximadamente 3,0 g de tecido na biópsia e 10,0 g no abate, sempre da porção central do músculo e do lado direito da carcaça. Após a colheita, as amostras de

músculo foram mantidas em temperatura ambiente por 20 minutos, sendo em seguida processadas (retirada de um fragmento com aproximadamente 0,5 cm³, imersão em nitrogênio líquido por um minuto e acondicionamento em tubos plásticos) e congeladas em nitrogênio líquido. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório do Departamento de Morfologia-IB-UNESP-Botucatu. As amostras foram retiradas do nitrogênio e transferidas para o micrótomo criostato a -20°C (Keichert Jung, modelo CM 1800, Leica) onde várias séries de cortes histológicos com 10 µm foram obtidas e fixadas em lâmina. Para realização dos cortes, os fragmentos musculares foram dispostos perpendicularmente em suportes metálicos do próprio micrótomo criostato, utilizando-se o adesivo líquido OCT *Tissue* TEK (Optimal Critical Temperature Compound, Miles). Em seguida, as séries de cortes foram submetidas à técnica histoquímica para verificação da atividade contrátil da ATPase miofibrilar, com pré-incubação ácida em pH 4,6 (BROOKE e KAISER, 1970), para diferenciação dos tipos de fibras musculares. Para a nomenclatura das fibras, foi adotada a classificação de PETER et al. (1972), com identificação de três tipos de fibras musculares: SO (oxidativas de contração lenta), FOG (oxidativas-glicolíticas de contração rápida) e FG (glicolíticas de contração rápida). Para os cálculos das frequências e do menor diâmetro das fibras, foram obtidos dez campos em cada lâmina, totalizando entre 700 e 900 fibras analisadas por animal. Para leitura dos campos utilizou-se microscópio ótico (Olympus, ocular 12,5X e objetiva 20X) acoplado ao analisador de imagens de microscopia ótica Leica e computador com programa de análise de imagens (Image-Pro Plus 4.5.0.27).

Foram avaliados os efeitos da administração de rbST, idade e interação tratamento x idade sobre o diâmetro e frequência das fibras musculares. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os resultados foram analisados através do programa computacional *Statistical Analysis System* 6.12 (SAS, 1996) e os dados foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM.

Resultados e Discussão

Pela técnica histoquímica empregada (m-ATPase ácida, pH 4,6) foi possível identificar os três tipos de fibras musculares, com distribuição em mosaico, sendo que as fibras do tipo SO apresentaram reatividade forte, as fibras FG reagiram moderadamente e as fibras do tipo FOG reagiram de maneira mais fraca.

Na Tabela 1 são mostradas as médias das frequências de distribuição e diâmetros dos três tipos de fibras musculares avaliadas aos 117 dias de idade. Os bezerros que receberam rbST apresentaram diâmetro 15,3% maior ($P < 0,05$) para as fibras FG em relação aos animais controle, não havendo diferença significativa quanto ao diâmetro das fibras SO e FOG e frequências das fibras SO, FOG e FG ($P > 0,05$). Na avaliação realizada aos 217 dias (Tabela 2), houve tendência de aumento de 12,4% no diâmetro das fibras FG ($P < 0,10$) não havendo diferença significativa para o diâmetro das fibras dos tipos SO e FOG e para as frequências de distribuição de SO, FOG e FG ($P > 0,05$). Os resultados verificados por MALTIN et al. (1990), analisando as fibras de dois grupos musculares de bezerros holandeses abatidos aos 116 dias de idade, suplementados ou não com extrato de pituitária (3,5 mg de bST/dia), concordam com aqueles obtidos neste trabalho, não havendo diferenças quanto a área e frequência de distribuição dos três tipos de fibras no músculo *semimembranosus* e *tríceps brachii* com apenas discreto aumento da área das fibras FOG no músculo *tríceps brachii* nos animais tratados. VESTERGAARD et al. (1995) trabalhando com bezerras holandesas, não verificaram efeito da somatotropina sobre a distribuição dos tipos de fibras no músculo *longissimus dorsi*. Quanto a área, os autores relataram que apenas para as fibras do tipo SO houve tendência de aumento. Entretanto, VANN et al. (2001) obtiveram maior área e aumento da frequência para fibras FG nos bezerros tratados com rbST (0,09 mg/kg/dia a cada 14 dias) em relação ao grupo controle, durante a fase de cria com suplementação em *creep feeding*. Os autores atribuíram a maior musculosidade apresentada pelos animais suplementados com rbST, à maior taxa de transformação das fibras do tipo FOG para FG, sendo esta não observada no presente estudo. MOULTON et al. (2000) obtiveram resultado semelhante ao de VANN et al.

(2001), com redução da frequência de fibras FOG e aumento da porcentagem de fibras FG nos bezerros tratados com rbST (2,2 mg/kg/dia a cada 14 dias), não havendo efeito sobre a área dos três tipos de fibras. MOREIRA (2002) não verificou diferença quanto aos diâmetros das fibras SO, FOG e FG entre os tratamentos controle e rbST (0,15 mg/kg/dia a cada 14 dias) nas avaliações realizadas aos 150 e 210 dias em bezerros machos Simbrasil suplementados em *creep feeding* e MORAIS (1999), concluiu que a somatotropina (500 mg de rbST a cada 28 dias) provocou modulação das fibras musculares de contração lenta para rápida em novilhos cruzados com a raça Nelore confinados após a desmama, sem entretanto causar efeito sobre as áreas das mesmas.

Tabela 1 - Médias dos diâmetros e frequências de distribuição das fibras musculares do músculo *semitendinosus* avaliadas na biópsia aos 117 dias

Table 1 - *Semitendinosus* muscle fibers diameter and percentage distribution means at 117 days (biopsy)

Parâmetro* <i>Trait</i>	Tratamento <i>Treatment</i>		CV (%)	Significância <i>P-value</i>
	rbST <i>rbST</i>	Controle <i>Control</i>		
Diâmetro SO, µm <i>SO diameter</i>	28,19	27,89	8,6	NS
Diâmetro FOG, µm <i>FOG diameter</i>	31,05	30,58	9,8	NS
Diâmetro FG, µm <i>FG diameter</i>	47,42	41,11	10,4	<i>P</i> <0,05
Frequência SO, % <i>SO distribution</i>	15,7	14,4	18,6	NS
Frequência FOG, % <i>FOG distribution</i>	21,4	19,2	23,3	NS
Frequência FG, % <i>FG distribution</i>	62,9	66,4	9,0	NS

NS – não significativo. NS- *not significant*. *n=9.

Fatores inerentes ao grupo genético e suas características de crescimento e a idade de abate são variáveis relevantes para o estudo do tecido muscular quanto à frequência de distribuição e diâmetro de suas fibras. Desta forma, as variações

encontradas nos efeitos da somatotropina sobre o desenvolvimento das fibras musculares podem estar associadas ao grupo genético e à idade em que foi feita a avaliação, sendo que JOHNSTON et al. (1975), SPINDLER et al. (1980), TATUM et al. (1990) e WEGNER et al. (2000), relataram a existência de diferenças marcantes quanto à frequência e crescimento dos três tipos de fibras musculares em bovinos de diferentes raças de origem européia avaliados em diferentes idades.

Tabela 2 - Médias dos diâmetros e frequências de distribuição das fibras musculares do músculo *semitendinosus* avaliadas no abate aos 217 dias

Table 2 - Semitendinosus muscle fibers diameter and percentage distribution means at 217 days (slaughter)

Parâmetro* <i>Trait</i>	Tratamento <i>Treatment</i>		CV(%)	Significância <i>P-value</i>
	rbST <i>rbST</i>	Controle <i>Control</i>		
Diâmetro SO, µm <i>SO diameter</i>	32,66	32,81	13,0	NS
Diâmetro FOG, µm <i>FOG diameter</i>	41,54	37,40	12,3	NS
Diâmetro FG, µm <i>FG diameter</i>	56,32	45,66	18,7	<i>P</i> <0,10
Frequência SO, % <i>SO distribution</i>	21,8	19,0	17,4	NS
Frequência FOG, % <i>FOG distribution</i>	23,3	25,4	21,6	NS
Frequência FG, % <i>FG distribution</i>	54,9	55,6	14,7	NS

NS – não significativo. *NS- not significant*. *n=5.

O incremento da massa muscular pode ser obtido principalmente pelo aumento do número de fibras musculares, aumento da área das fibras ou transformação de fibras menores e oxidativas em fibras maiores e glicolíticas (WEGNER et al., 2000). A transformação dos tipos de fibras musculares é, segundo ASHMORE et al. (1972), um dos fatores responsáveis pelo aumento do volume muscular, baseado na observação de que a conversão de fibras de menor diâmetro do tipo FOG em fibras maiores do tipo

FG, ocorre em animais selecionados para maior rendimento de tecido magro. A modulação de FOG para FG seria então uma maneira eficaz de se promover o crescimento muscular (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999). Entretanto no presente estudo, a distribuição percentual das fibras FOG e FG não diferiu entre os tratamentos nas duas idades avaliadas, indicando não ter havido modulação. O efeito do rbST manifestou-se sobre a hipertrofia das fibras FG, potencializando seu crescimento, como também observado por SOLOMON et al. (1994) em suínos e VANN et al. (2001) em bezerros.

O estímulo do GH à síntese protéica, crescimento e distribuição das miofibras parece ser músculo dependente, não havendo efeito uniforme em todos os grupos musculares, o que, de certa maneira, contribui para as discrepâncias encontradas entre resultados. PELL e BATES (1987) sugeriram que músculos com predomínio de fibras oxidativas ou vermelhas são mais responsivos à agentes externos partidores. ELSASSER et al. (1998) observaram em novilhos que houve aumento de peso e maior taxa de deposição protéica diária nos músculos *rectus femoris* e *triceps brachii* mediante suplementação com rbST (0,1 mg/kg/dia) em relação ao controle, sendo que o *supraspinatus*, *psaos major* e *semitendinosus* não apresentaram alteração de peso ou mudança na taxa de deposição protéica. ONO et al. (1996) avaliaram os efeitos de dois promotores de crescimento, Synovex-S[®] e rbST, sobre a composição das fibras musculares de seis músculos em novilhos. A administração exógena de somatotropina ocasionou decréscimo na porcentagem de fibras do tipo FOG de 35,5% para 27,5% e acréscimo nas fibras FG de 42% para 49,5% no músculo *rectus femoris*. Além disto, os animais tratados apresentaram maiores áreas nos três tipos de fibras (FG, FOG e SO) no músculo *psaos major* e maior área para as fibras SO no *supraspinatus* e *semitendinosus*. Trabalho semelhante foi desenvolvido por SOLOMON et al. (1994) em suínos, no qual a suplementação com somatotropina não influenciou a distribuição das fibras SO, FOG e FG nos músculos *longissimus dorsi*, *semimembranosus* e *triceps brachii*, porém propiciou aumento da porcentagem das fibras FOG e redução das FG no

semitendinosus. Em relação a área, observaram aumento nas fibras FOG e FG nos quatro músculos estudados e aumento da área das fibras SO apenas no *semitendinosus*.

Foram avaliados os efeitos da idade (Tabela 3) e da interação entre idade e aplicação de rbST. Os efeitos de interação foram apresentados como alterações relativas, expressas em porcentagem, comparando-se a evolução do diâmetro e frequência de cada tipo de fibra entre as duas idades dentro dos respectivos tratamentos (Figuras 1 e 2). Houve efeito significativo da idade para o diâmetro das fibras SO e FOG ($P<0,05$) e tendência para o diâmetro das fibras FG ($P<0,10$). Para os três tipos de fibras ocorreu aumento do diâmetro entre 117 e 217 dias, não havendo efeito de interação entre idade x tratamento. Com relação a frequência de distribuição, a idade interferiu significativamente nas frequências das fibras SO e FG ($P<0,05$), aumentando a porcentagem de fibras SO e reduzindo a porcentagem de fibras FG. Quanto à interação, apenas para as fibras FOG houve efeito significativo ($P<0,05$).

Tabela 3 - Efeito da idade sobre o diâmetro e frequência das fibras musculares do músculo *semitendinosus*

Table 3 - Age effect on *semitendinosus* muscle fibers diameter and percentage distribution

Parâmetro* <i>Trait</i>	Idade <i>Age</i>		CV(%)	Significância <i>P-value</i>
	117	217		
Diâmetro SO, μm <i>SO diameter</i>	28,42	32,75	12,9	$P<0,05$
Diâmetro FOG, μm <i>FOG diameter</i>	31,55	39,47	16,5	$P<0,05$
Diâmetro FG, μm <i>FG diameter</i>	45,63	50,99	18,0	$P<0,10$
Frequência SO, % <i>SO distribution</i>	14,7	20,4	24,2	$P<0,05$
Frequência FOG, % <i>FOG distribution</i>	22,0	24,4	22,3	NS
Frequência FG, % <i>FG distribution</i>	63,2	55,2	13,7	$P<0,05$

NS – não significativo. NS- not significant. *n=5.

As alterações decorrentes do crescimento para um dado músculo podem ser avaliadas por meio da mensuração da frequência de distribuição e pela área ocupada pelos diferentes tipos de fibras (SPINDLER et al., 1980) sendo que a área das fibras musculares aumenta com o decorrer da idade e aumento do peso vivo (SOLOMON et al., 1986). O incremento de diâmetro apresentado nas fibras musculares, 15,2% para SO, 25,1% para FOG e 11,7% para FG, demonstra a intensa hipertrofia muscular que ocorre durante o crescimento pós-natal. WEGNER et al. (2000) descreve que entre 2 e 6 meses de idade, ocorre a maior taxa de aumento na área da fibras do músculo *semitendinosus* em bovinos de raças européias e SPINDLER et al. (1980) observaram significativo aumento da área dos três tipos de fibras em bezerros entre 28 e 224 dias de idade. JURIE et al. (1995), trabalhando com bezerros Limousin, verificaram aumento de 258% da área média dos três tipos de fibras do músculo *semitendinosus* entre 1 e 6 meses de idade. ROBELIN e TULLOH (1992) salientam que imediatamente após o nascimento, na faixa de peso entre 40 e 100 kg, ocorre rápido acréscimo na quantidade de músculos (de 37% para 45% do peso vivo vazio), o que é reflexo do elevado coeficiente de crescimento observado nesta fase.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com aqueles apresentados por JURIE et al (1995) e WEGNER et al. (2000), os quais verificaram que o músculo *semitendinosus* apresenta menor proporção de fibras SO em comparação as fibras FOG e FG em bezerros em idades bastante jovens. Entretanto, estes autores observaram redução da frequência das fibras FOG e aumento da percentagem das fibras FG, entre 1 e 12 meses de idade, caracterizando este período de crescimento como de incremento do metabolismo glicolítico no músculo *semitendinosus*, em função da transformação das fibras FOG em FG. Resultados similares foram obtidos por JOHNSTON et al. (1975), SPINDLER et al. (1980), SOLOMON et al. (1986) e VANN et al. (2001), os quais também relataram a conversão das fibras FOG para FG em bezerros e novilhos com o avançar da idade. Desta forma, as alterações das frequência das fibras em função da idade, observadas neste estudo (aumento da porcentagem de SO e redução da porcentagem de FG) foram inesperadas e diferem das transformações observadas em

ensaios anteriores, não havendo incremento do metabolismo glicolítico no músculo avaliado. Uma possível explicação seria decorrente de diferenças quanto a colheita das amostras de músculo. A frequência de distribuição dos tipos de fibras tem se revelado variável no interior de um mesmo músculo (ARMSTRONG e PHELPS, 1984) e segundo PEARSON e YOUNG (1989) existe, de maneira geral, maior concentração de fibras oxidativas em regiões mais profundas do músculo e maior distribuição de fibras glicolíticas na porção superficial. Neste sentido, aos 117 dias, as amostras foram colhidas por biópsia, sendo retiradas de uma porção mais superficial do músculo. Já aos 217 dias, foram colhidas amostras no abate, onde, devido a facilidade de retirada, colheram-se amostras maiores e possivelmente de regiões mais profundas do músculo, onde a concentração de fibras oxidativas é naturalmente maior, o que talvez possa ter interferido na frequência de distribuição.

Quanto a interação entre idade e tratamento, apenas a frequência das fibras FOG apresentou efeito interativo, com aumento da porcentagem nos animais controle e redução nos suplementados com rbST (Figura 2). Nas fibras SO ocorreu aumento relativo da frequência nos dois grupos e, para as fibras FG, redução, ambos não significativos. Este comportamento possivelmente esteja associado ao efeito da colheita mencionado anteriormente, uma vez que redução do metabolismo glicolítico de um músculo em animais tratados com rbST não tem sido comumente observada, com exceção de AYLING et al. (1989), que verificaram aumento da frequência de fibras do tipo I (SO) nos músculos *soleus* e *extensor digitorum longus* de ratos hipofisectomizados tratados com GH humano, e SOLOMON et al. (1994), os quais relataram maior frequência de fibras FOG e redução da frequência de fibras FG no músculo *semitendinosus* em suínos tratados com rpST na dosagem de 0,1 mg/kg/dia.

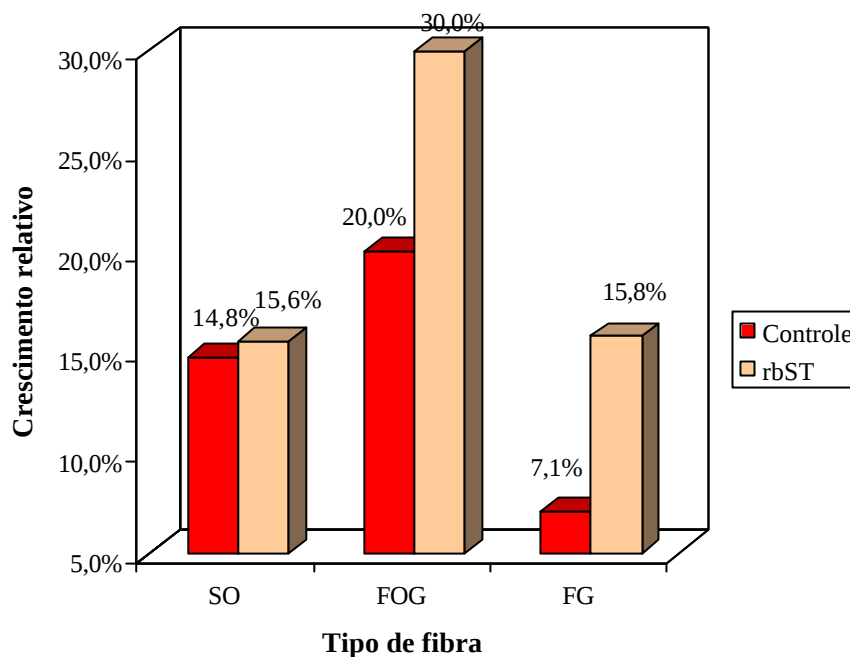
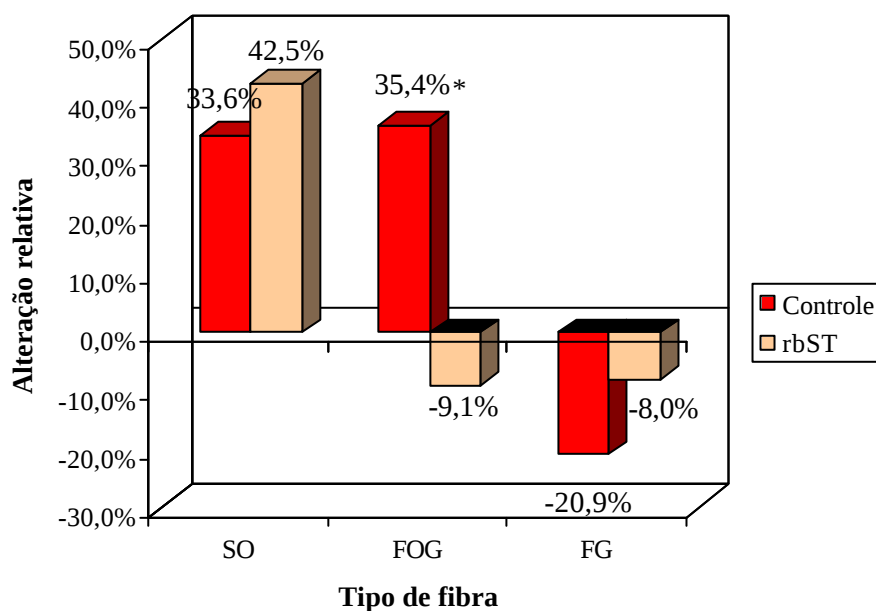


Figura 1 – Crescimento relativo do diâmetro das fibras musculares entre 117 e 217 dias
 Figure 1 – Relative growth of diameter in muscle fibers between 117 and 217 days of age



* $P < 0,05$, efeito de interação idade x tratamento.

Figura 2 – Alteração relativa das frequências de distribuição das fibras musculares entre 117 e 217 dias
 Figure 2 – Relative change of percentage distribution in muscle fibers between 117 and 217 days of age

VANN et al. (2001) também não verificaram interações entre idade e suplementação com rbST nas frequências de distribuição das fibras SO, FOG e FG, no período compreendido entre 100 e 206 dias de idade, sendo que numericamente, houve redução de 30% (SO) e 16% (FOG) no grupo controle e de 23% (SO) e 21% (FOG) nos animais tratados, e observou aumentos de 27% (controle) e 23% (rbST) na porcentagem de fibras FG, diferindo bastante dos resultados apresentados na Figura 2. Além disto, os autores encontraram interações significativas para a área das fibras SO e FOG, com maior crescimento relativo ocorrendo nos bezerros que receberam rbST. No presente trabalho, apesar de não significativo, houve expressivo crescimento relativo do diâmetro nas fibras do tipo FOG e FG nos animais que receberam rbST em relação ao controle (Figura 1).

O crescimento do tecido muscular esquelético é caracterizado por aumentos na área e comprimento dos três tipos de fibras musculares, seja por adição ou alongamento dos sarcômeros (SWATLAND, 1978). Pela análise realizada na seção transversal do músculo *semitendinosus*, por meio da mensuração do menor diâmetro das fibras, foi possível constatar o efeito hipertrófico da somatotropina sobre a área das fibras FG, as quais naturalmente apresentam maior área em relação aos tipos SO e FOG, caracterizando a ação do GH sobre o metabolismo anaeróbico do músculo, como reportado anteriormente por outros pesquisadores. Entretanto a composição do músculo não foi modificada pela somatotropina, tendo em vista que as frequências de distribuição dos três tipos de fibras foram semelhantes entre os tratamentos testados.

Conclusões

A utilização da somatotropina exógena propiciou maior hipertrofia das fibras brancas glicolíticas de contração rápida em bezerros durante a fase de cria com suplementação em *creep feeding*, sem causar modificações na frequência de distribuição dos três tipos de fibras musculares no músculo *semitendinosus*.

O significativo aumento do diâmetro observado para os três tipos de fibras musculares evidenciou a intensa hipertrofia muscular que ocorre em animais jovens no período pré -desmama.

Literatura Citada

- ARMSTRONG, R.B., PHELPS, R.D. 1984. Muscle fiber type composition of rat hindlimb. *Am. J. Anat.*, 171: 259-272.
- ARRIGONI, M.D.B., VIEIRA, P.F., SILVEIRA, A.C., et al. 1998. Estudo dos efeitos da restrição alimentar nas características das fibras musculares de bovinos jovens confinados. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33: 1121-1127.
- ASHMORE, C.R., TOMPKINS, G., DOERR, L. 1972. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. *J. Anim. Sci.*, 34: 37-41.
- AYLING, C.M., MORELAND, B.H., ZANELLI, J.M., et al. 1989. Human growth hormone treatment of hypophysectomized rats increases the proportion of type-1 fibers in skeletal muscle. *J. Endocrinol.*, 123: 429-435.
- BOYD, R.D., BAUMAN, D.E. Mechanisms of action for somatotropin in growth. *Animal Growth Regulation*. New York: Pleum Press, 1991, p. 257-293.
- BROOKE, M.H., KAISER, K. 1970. Muscle fiber type: How many and what kind? *Arch. Neurol.*, 23: 369.
- DRANSFIELD, E., SOSNICKI, A.A. 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Sci.*, 78: 743-746.
- DUBOWITZ, V., BROOKE, M. *Muscle biopsy*. London: Saunders, 1984. 472p.
- EARLY, R.J., McBRIDE, B.W., BALL, R.O. 1990. Growth and metabolism in somatotropin-treated steers: III. Protein synthesis and tissue energy expenditures. *J. Anim. Sci.*, 68: 4153-4166.
- ELSASSER, T.H., RUMSEY, T.S., KAHL, S.M., et al. 1998. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: III. Muscle growth and protein responses. *J. Anim. Sci.*, 76: 2346-2353.

- JOHNSTON, D.M., STEWART, D.F., MOODY, W.G., et al. 1975. Effect of breed and time on feed on the size and distribution of beef muscle fiber types. *J. Anim. Sci.*, 40: 613-620.
- JURIE, C., ROBELIN, J., PICARD, B., et al. 1995. Post-natal changes in biological characteristics of *semitendinosus* muscle in male Limousin cattle. *Meat Sci.*, 41: 125-135.
- MALTIN, C.A., DELDAY, S.M., INNES, G.M., et al. 1990. Effects of bovine pituitary growth hormone alone or in combination with the β -agonist clenbuterol on muscle growth and composition in veal calves. *Br. J. Nutr.*, 63: 535-545.
- MORAIS, J.P.G. *Rendimento de cortes e características das fibras musculares de bovinos superprecoces, com aplicação da somatotropina bovina recombinante*. Botucatu, SP: FMVZ, 1999. 51p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 1999.
- MOREIRA, P.S.M. *Desempenho produtivo em bezerros lactentes: efeitos da somatotropina bovina recombinante (rbST) sobre o tecido muscular e os níveis de hormônios tireoideanos (T3 e T4) e IGF-1*. Botucatu, SP: IB, 2002.118p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências/ UNESP, 2002.
- MOULTON, K.E., ALTHEN, T.G., WILLIAMS, A.R. 2000. Effects of recombinant bovine somatotropin (rbST) and nutrition on growth and muscle fiber profiles in early-weaned beef steers. *J. Anim. Sci.*, 78: 143 (Supl.1) (Abstr.).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7. ed. Washington: National Academy Press, 1996. 242p.
- ONO, Y., SOLOMON, M.B., ELSASSER, T.H., et al. 1996. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: II. Muscle Morphology and proximate composition of muscles. *J. Anim. Sci.*, 74: 2929-2934.

- PEARSON, A.M., YOUNG, R.B. Skeletal muscle fibers In: PEARSON, A.H. AND YOUNG, R.B. (ED.) **Muscle and meat biochemistry**. 1. ed. San Diego: Academic Press, 1989. p. 235-265.
- PETER, J.B., BARNARD, R.J., EDGERTON, V.R. 1972. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in Guinea pig and rabbits. *Biochem.*, 11: 2672-2633.
- PELL, J.M., BATES, P.C. 1987. Collagen and non-collagen protein turnover in skeletal muscle of growth hormone-treated lambs. *J. Endocrinol.*, 115: R1-R4.
- ROBELIN, J., TULLOH, N.M. Patterns of growth of cattle. *Beef cattle production*. London: Elsevier, 1992, p.111-129.
- SAS INSTITUTE INC. 1996. *Sas User's Guide*. 5. ed. Cary, NC. 956p.
- SPINDLER, A.A., MATHIAS, M.M., CRAMER, D.A. 1980. Growth changes in bovine muscle fiber types as influenced by breed and sex. *J. Food Sci.*, 45: 29-31.
- SOLOMON, M.B., WEST, R.L., HENTGES, J.F. 1986. Growth and muscle development characteristics of purebred Angus and Brahman bulls. *Growth*, 50: 51-67.
- SOLOMON, M.B., CAPERNA, T.J., MROZ, R.J., et al. 1994. Influence of dietary protein and recombinant porcine somatotropin administration in young pigs: III. Muscle fiber morphology and shear-force. *J. Anim. Sci.*, 72: 615-621.
- SWATLAND, H.J. 1978. Longitudinal growth and rate of new sarcomere formation in porcine muscle. *J. Anim. Sci.*, 46: 118-124.
- TATUM, J.D., GRONEWALD, K.W., SEIDEMAN, S.C., et al. 1990. Composition and quality of beef from steers sired by piedmontese, gelbvieh and red angus bulls. *J Anim. Sci.*, 68:1049-1060.
- VANN, R.C., ALTHEN, T.G., SOLOMON, M.B., et al. 2001. Recombinant bovine somatotropin (rbST) increases size and proportion of fast glycolytic muscle fibers in semitendinosus muscle of creep-fed steers. *J. Anim. Sci.*, 79: 108-114.
- VESTERGAARD, M., PURUP, S., HENCKEL, P., et al. 1995. Effects of growth hormone and ovariectomy on performance, serum hormones, insulin-like growth factor-binding

proteins, and muscle fiber properties of prepubertal friesland heifers. *J. Anim. Sci.*, 73: 3574-3584.

WEGNER, J., ALBRECHT, E., FIEDLER, I., et al. 2000. Growth- and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *J. Anim. Sci.*, 78: 1485-1496.

CAPÍTULO 4

IMPLICAÇÕES

A suplementação dos bezerros por meio do fornecimento de concentrado protéico-energético no *creep feeding*, possibilitou que estes fossem desmamados com pesos dentro do proposto para bovinos Superprecoces. Além disto, o suprimento adequado de nutrientes, pré-requisito fundamental para que os efeitos da somatotropina se manifestem, propiciou condições favoráveis a ação do hormônio, traduzindo-se em pesos mais elevados nos bezerros suplementados. O maior peso a desmama observado nos bezerros tratados com rbST constitui-se em vantagem para criadores que são remunerados com base no peso do bezerro e também para aqueles que o confinam após a desmama, levando sempre em consideração a relação custo/benefício da aplicação deste promotor de crescimento.

A manipulação do metabolismo do crescimento mediante fornecimento exógeno de rbST possivelmente se dê pela maior concentração plasmática de IGF-I observada dos animais suplementados, uma vez que esta apresentou correlação positiva com as variáveis de desempenho estudadas.

A hipertrofia propiciada pela somatotropina nas fibras brancas glicolíticas de contração rápida observada no músculo *semitendinosus*, não resultou em aumento do peso deste músculo ou em maior musculosidade na carcaça. Seria pertinente a avaliação de outros grupos musculares, uma vez que os efeitos da somatotropina parecem ser diferentes em cada grupo muscular.

Quanto à segurança alimentar, por tratar-se de hormônio protéico, podendo ser degradado pelas enzimas do sistema digestório e por possuir receptores específicos para cada espécie, a somatotropina apresenta-se como um promotor de crescimento seguro, não oferecendo riscos a saúde humana. Atualmente no Brasil, a somatotropina bovina recombinante é liberada para uso comercial apenas em vacas em lactação, sendo vetada sua utilização em bovinos de corte destinados ao abate, o que não se justifica por

motivos técnicos, mas talvez por barreiras mercadológicas. Esta restrição, muitas vezes, inibe pesquisadores e produtores que deixam de explorar uma ferramenta de manejo bastante atrativa, a qual poderia auxiliar no incremento dos índices de produtividade dos rebanhos.

Quanto a viabilidade econômica, o ganho de peso vivo adicional propiciado pela somatotropina não traduziu-se em retorno financeiro, pois a despesa com a aplicação do hormônio foi substancialmente maior que a receita proveniente do maior peso a desmama.

A avaliação deste promotor de crescimento em situações próximas à nossa realidade é fundamental para que informações mais adequadas sejam geradas, no intuito de fomentar a adoção desta técnica em bovinos de corte no Brasil. Este trabalho é pioneiro no estudo dos efeitos da somatotropina bovina recombinante sobre o crescimento e metabolismo de bezerros criados em condições tradicionais de manejo durante a fase pré-desmama, representativas de sistemas comerciais de produção, nas quais há o predomínio de animais de origem zebuína e seus mestiços.