UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DANIEL SILVA ANTONELO

Efeitos da imunocastração e de beta-agonistas adrenérgicos sobre o desempenho,
perfil sanguíneo, comportamento ingestivo e características de carcaça de bovinos
Nelore confinados

Pirassununga

2015

DANIEL SILVA ANTONELO

Efeitos da imunocastração e de beta-agonistas adrenérgicos sobre o desempenho,
perfil sanguíneo, comportamento ingestivo e características de carcaça de bovinos
Nelore confinados

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Zootecnia

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva

Pirassununga

2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

Antonelo, Daniel Silva

A634d Efeitos da imunocastração e de beta-agonistas
adrenérgicos sobre o desempenho, perfil sanguíneo,
comportamento ingestivo e características de carcaça de
bovinos Nelore confinados / Daniel Silva Antonelo --
Pirassununga, 2015.

74 f.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.

Departamento de Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade
Animal.

Orientador: Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva.

1. Consumo alimentar 2. Imunocastração 3. Nutrição
animal 4. Ractopamina 5. Zilpaterol. I. Título.

ANTONELO, D. S. Efeitos da imunocastração e de beta-agonistas adrenérgicos sobre o desempenho, perfil sanguíneo, comportamento ingestivo e características de carcaça de bovinos Nelore confinados. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

A Deus, que criou a minha fonte de inspiração, a vida.

*A minha família e minha namorada, pela dedicação, confiança,
compreensão, apoio e amor depositados a mim.*

Aos meus verdadeiros amigos que sempre estiveram presentes.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me proporcionar tantas glórias ao lado de pessoas que amo.

Ao meu pai, Walter, que em uma simples frase mudou meu jeito de pensar a vida. A minha Mãe, Maria, por toda a preocupação e palavras de apoio nas horas difíceis. A minha irmã, Sabrina, por toda a fraternidade e apoio. A minha namorada, Camilla, por toda a compreensão e apoio.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio com uma bolsa de mestrado, a qual tornou possível a realização dessa etapa.

Aos professores que ajudaram na minha formação como pessoa e como profissional, desde a minha iniciação na escola até o fim desta etapa, em especial aos professores Domingos, Claudinha, Malê, Maria Adriana, Raquel, Andréia e Margareth da Pontifícia Universidade Católica *campus* Poços de Caldas, bem como aos professores Paulo Leme, Julio Balieiro, Arlindo Netto, Luciane Martello e Catarina Abdalla.

Ao meu orientador Professor Doutor Saulo da Luz e Silva, pela paciência e pela confiança no meu trabalho, por todo apoio e conselhos nas horas difíceis e pela relação de cumplicidade, que o fez ser mais que um orientador.

Ao professor Doutor Domingos Marcelo Cenachi Pesce, que tive a honra de ser seu orientado na graduação, por todo o apoio e confiança depositado a mim, o qual foi fundamental na sequência da minha carreira profissional.

Aos meus companheiros de trabalho, Madeline, Keni e Delaila, que foram fundamentais para realização desse projeto.

Aos estagiários que participaram desse projeto, em especial aos meus amigos estrangeiros, Juan, Angel (Chicharito), Maurício e César.

Aos meus amigos-família da República Jiromba, na qual incluo meu amigo Fábio Teló, por todo o companheirismo, conselhos e risadas compartilhadas nesses anos.

Aos meus amigos de pós-graduação Madeline, Keni, Fábio, Hooper, Juan, Robertinha, Aninha, Henrique, Fabiane, Anderson, Juliana, Danielle, Katiéli e Tiago por toda a diversão, conselhos e ajuda.

Aos meus amigos pessoais, Inútil, Bebê, Dil, Tchola, Carlos, Felipe, Wekislely, Jessé, John, Mixaria e Camarão por todo o companheirismo durante todos esses anos.

Aos funcionários da USP, Ricardinho, João, Johnny, Rose, Rosilda, Dani Birgel e Layla, pelo apoio, ajuda e paciência.

A todos citados meus sinceros agradecimentos!

EPIÍGRAFE

“Quando tudo diz que não, Sua voz me encoraja a prosseguir”

Toque no Altar

*“Firme, oh, Deus está o meu coração
Firme nas promessas do Senhor
Eu continuo olhando para Ti
E assim eu sei que posso prosseguir”*

Kleber Lucas

RESUMO

ANTONELO, D. S. **Efeitos da imunocastração e de beta-agonistas adrenérgicos sobre o desempenho, perfil sanguíneo, comportamento ingestivo e características de carcaça de bovinos Nelore confinados.** 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2015.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do uso de dois beta-agonistas adrenérgicos (β AA), cloridrato de zilpaterol (ZIL) e cloridrato de ractopamina (RAC), em combinação com a técnica de imunocastração sobre o desempenho, perfil sanguíneo, comportamento ingestivo e características de carcaça de bovinos confinados na fase de terminação. Noventa e seis bovinos machos da raça Nelore, com peso vivo inicial médio de 409 kg $\pm$ 50 kg e idade média de 20 meses, foram divididos em dois grupos de 48 animais, no qual metade dos animais de cada grupo recebeu a vacina de imunocastração enquanto que a outra metade não recebeu a vacina. Os animais foram alimentados por 70 dias com uma dieta comum contendo 76% de concentrado e 24% de volumoso (silagem de milho). Após 70 dias de confinamento, os animais foram divididos em três grupos, de acordo com o peso, dentro de cada bloco e condição sexual, e aleatoriamente alimentados com uma das seguintes dietas, pelos 30 dias seguintes: CON – dieta padrão utilizada na fase anterior, sem a adição de β AA; ZIL – dieta padrão acrescida de 80 mg/dia cloridrato de zilpaterol; RAC – dieta padrão acrescida de 300 mg/dia cloridrato de ractopamina. Foi avaliado o desempenho, área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) e espessura de gordura na picanha (EGP), bem como o comportamento ingestivo e a gasometria e o perfil bioquímico sanguíneo. No abate foi avaliado o peso vivo final (PVF), peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça quente (RCQ). Não houve interação entre os fatores principais para nenhuma característica avaliada. Os animais não-castrados tiveram maior ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar (EA) quando comparado aos animais imunocastrados, além de apresentarem maior PCQ e AOL, porém, sem alterar o RCQ, e menor EGS e EGP do que animais imunocastrados. Animais imunocastrados tiveram maior concentração sérica nas principais variáveis relacionadas ao metabolismo e deposição de gordura, tais como HDL, triglicerídeo,

colesterol e ácido graxo não-esterificado. Não houve efeito dos tratamentos nem da condição sexual sobre o comportamento ingestivo dos animais. Os animais suplementados com ZIL foram superiores no GMD, EA, AOL, RCQ, porém, sem alterar o PCQ, e inferiores na EGS e EGP quando comparados a animais CON e RAC. Animais suplementados com ZIL apresentaram concentrações séricas representativas de maior metabolismo e deposição de proteína, tais como menores taxas de ureia e maiores taxas de creatino quinase. Não houve efeito da RAC sobre o CON em nenhuma das características supracitadas. A imunocastração diminui a deposição muscular e aumenta a deposição de gordura na carcaça, enquanto que os β AA aumentam a proporção muscular e diminuem a proporção de gordura, havendo impacto direto no desempenho e nas características e rendimento de carcaça, sem haver interação dessas tecnologias nas características avaliadas, portanto, ambas devem ser avaliadas separadamente.

Palavras-chave: Consumo alimentar. Imunocastração. Nutrição animal.
Ractopamina. Zilpaterol.

ABSTRACT

ANTONELO, D. S. **Effects of immunocastration and beta-adrenergic agonists on performance, blood profile, feeding behavior, and carcass traits of Nellore cattle in feedlot.** 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2015.

This study aimed to evaluate the effect of two beta-adrenergic agonists (β AA), zilpaterol hydrochloride (ZH) and ractopamine hydrochloride (RH), in combination with immunocastration technique on performance, blood profile, feeding behavior, and carcass traits of Nellore cattle in feedlot finishing phase. Ninety-six males Nellore cattle (409 ± 50 kg LW; 20 mo old) were divided in two groups with forty-eight animals and half of them each group received immunocastration vaccine. Animals were fed for 70 days a common diet containing 76% concentrate and 24% roughage (corn silage). Following they were split in 3 groups, according to weight and within block and sex condition, and fed 30 more days one of the following treatments: CON - basis diet without β AA; ZH - basis diet plus 80mg/d zilpaterol hydrochloride; RH - basis diet plus 300mg/d of ractopamine hydrochloride. Performance, loin muscle area (LMA), backfat thickness (BFT), rump fat thickness (RFT), feeding behavior, gas blood, and blood biochemical profile were recorded in the feedlot. Final liveweight (FLW), hot carcass weight (HCW) and dressing percent (DP) were recorded in the harvest. There was no interaction between the main factors for any traits evaluated. Non-castrated animals had higher average daily gain (ADG) and feed efficiency (G:F) compared to immunocastrated animals, besides higher HCW and LMA, however, without changing DP, and lower BFT and RFT than immunocastrated animals. Immunocastrated animals showed greater serum concentration in the main variables associated to metabolism and fat deposition, such as HDL, triglycerides, cholesterol, and non-esterified fatty acid. No effect of treatments or sex condition on feeding behavior. The animals supplemented with ZH were higher in ADG, G:F, LMA, DP, however, without altering the HCW, and lower in BFT and RFT compared to CON and RH animals. ZH animals showed serum concentration representative of greater metabolism and muscle deposition, such as lower urea rates and higher creatinekinase levels. There was no effect of RH on the CON in any traits abovementioned. Immunocastration decreases the muscle deposition and increases

the fat deposition in the carcass, whereas the β AA increases the muscle proportion and decreases the fat proportion, which has effect on performance, carcass traits and dressing percent, with no interaction of these technologies in the characteristics evaluated, thereby both should be evaluated separately.

Keywords: Feed intake. Immunocastration. Animal nutrition. Ractopamine. Zilpaterol.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ordem cronológica das principais atividades metodológicas do estudo. ...	33
Figura 2 - Concentração de testosterona sérica, nos dias 0, 84 e 101 de confinamento, em função da condição sexual dos animais.....	38
Figura 3 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassonografia, em função da condição sexual dos animais na fase 1, aos 70 dias.....	40
Figura 4 - Espessura de gordura subcutânea medida entre a 12ª e 13ª costelas (EGS) ou na picanha (EGP), avaliadas por ultrassonografia, em função da condição sexual dos animais na fase 1, aos 70 dias.....	41
Figura 5 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassonografia, em função do tempo de confinamento, na fase 1.	41
Figura 6 - Espessura de gordura subcutânea (EGS) medida entre a 12ª e 13ª costelas ou na picanha (EGP), avaliadas por ultrassonografia, em função do tempo de confinamento, na fase 1.	42
Figura 7 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassonografia, em função da condição sexual dos animais na fase 2, aos 101 dias.....	43
Figura 8 - Espessura de gordura subcutânea medida entre a 12ª e 13ª costelas (EGS) ou na picanha (EGP), avaliadas por ultrassonografia, em função da condição sexual dos animais na fase 2, aos 101 dias.....	43
Figura 9 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassonografia, em função do tempo de confinamento, na fase 2.	44
Figura 10 - Espessura de gordura subcutânea medida entre a 12ª e 13ª costelas (EGS) ou na picanha (EGP), por ultrassom em função da condição sexual dos animais, na fase 2.....	44
Figura 11 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassom, em função dos tratamentos e tempos de confinamento na Fase 2.....	56
Figura 12 - Espessura de gordura subcutânea (EGS) medida entre a 12ª e 13ª costelas ou na picanha (EGP), avaliadas por ultrassonografia, em função dos tratamentos.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual da dieta utilizada (na matéria seca).	32
Tabela 2 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) das características de desempenho em confinamento em função da condição sexual dos animais.	39
Tabela 3 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) das características de carcaça avaliadas no abate, de acordo com a condição sexual dos animais.	46
Tabela 4 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) das variáveis sanguíneas em função da condição sexual dos animais.	47
Tabela 5 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) das características do comportamento ingestivo em função da condição sexual dos animais.	49
Tabela 6 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) dos componentes não-carcaça em função da condição sexual dos animais. .	51
Tabela 7 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) das características de carcaça avaliadas no abate em função da condição sexual dos animais.	52
Tabela 8 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) das características de desempenho em função dos tratamentos.	54
Tabela 9 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) das características de carcaça avaliadas no abate em função dos tratamentos.	58
Tabela 10 - Médias, erro padrão da média (EPM), probabilidade ($Pr>F$) das variáveis sanguíneas em função dos tratamentos.	59
Tabela 11 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) de características sanguíneas em função dos tratamentos.	62
Tabela 12 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) de componentes não-carcaça em função dos tratamentos.	63
Tabela 13 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) das características de carcaça avaliadas no abate em função dos tratamentos.	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

βAA	Beta-agonista adrenérgico
ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
AGNE	Ácido graxo não-esterificado
ALB	Albumina
AMPc	Adenosina 3',5'-monofosfato cíclico
AOL	Área de olho de lombo
ATP	Adenosina trifosfato
BHB	Beta-hidroxibutirato
CK	Creatinoquinase
COL	Colesterol
CON	Controle
CREA	Creatinina
DFD	Dark, firm and dry
EA	Eficiência alimentar
EGP	Espessura de gordura na picanha
EGS	Espessura de gordura subcutânea
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FSH	Hormônio folículo estimulante
GMD	Ganho médio diário
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofinas
GRPI	Gordura renal, pélvica e inguinal
HCO ₃	Bicarbonato
IMS	Ingestão de matéria seca
LH	Hormônio luteinizante
MAPA	Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento
MS	Matéria seca
NRC	National Research Council
PCF	Peso de carcaça fria
PCO ₂	Pressão de gás carbônico
PCQ	Peso de carcaça quente
PKA	Proteína quinase A

PR	Perda por resfriamento
PT	Proteína total
PVF	Peso vivo final
PVI	Peso vivo inicial
RAC	Ractopamina
RC	Rendimento de carcaça
RCF	Rendimento de carcaça fria
RCQ	Rendimento de carcaça quente
TRIG	Triglicerídeo
URE	Ureia
ZIL	Zilpaterol

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Justificativa	18
1.2	Objetivo geral.....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Beta-agonistas adrenérgicos	20
2.2	Imunocastração	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Animais e tratamentos	31
3.2	Avaliação dos animais vivos	33
3.2.1	<i>Concentração sérica de testosterona</i>	33
3.2.2	<i>Desempenho</i>	33
3.2.3	<i>Características de carcaça</i>	34
3.2.4	<i>Perfil sanguíneo</i>	34
3.2.5	<i>Comportamento ingestivo</i>	34
3.2.6	<i>Abate</i>	35
3.2.7	<i>Análises estatísticas</i>	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Condição sexual	37
4.1.1	<i>Desempenho</i>	38
4.1.2	<i>Características de carcaça avaliadas por ultrassonografia</i>	40
4.1.3	<i>Perfil sanguíneo</i>	45
4.1.4	<i>Comportamento ingestivo</i>	48
4.1.5	<i>Dados de carcaça ao abate</i>	50
4.2	Beta-agonistas adrenérgicos	53
4.2.1	<i>Desempenho</i>	53
4.2.2	<i>Características de carcaça avaliadas por ultrassonografia</i>	55
4.2.3	<i>Perfil sanguíneo</i>	57
4.2.4	<i>Comportamento ingestivo</i>	61
4.2.5	<i>Dados de carcaça ao abate</i>	62
5	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados da FAO (2011), em 2050 o crescimento da população mundial e o aumento de receita implicarão em um aumento no consumo de proteína de origem animal de aproximadamente 2/3 em relação ao que é consumido atualmente. Ainda de acordo com a mesma fonte, o aumento da produção de carne verificado nos últimos 40 anos, ocorreu, em grande parte, pelo aumento do número de animais produzidos. Porém, o aumento da produção para atender a demanda futura, com base nesse mesmo princípio, seria praticamente impossível, indicando que essas metas só podem ser atingidas com ganhos em produtividade.

Nesse contexto, o Brasil tem se destacado no cenário internacional como um dos maiores produtores mundiais de carne bovina (2º), de aves (3º) e suína (5º), além de estar entre os maiores exportadores desses produtos. Além disso, o Brasil assumiu a liderança de exportações de carne bovina a partir de 2004, com 1,1 milhões de toneladas de carne e, no ano de 2013, exportou cerca de 1,5 milhões de toneladas, com projeção de aumento em torno dos 7% para 2014 (ABIEC, 2014), sendo responsável por 30% da carne comercializada internacionalmente (FAO, 2014).

No entanto, para atender a crescente demanda e continuar com uma importante participação no comércio internacional de carnes, é fundamental continuar aumentando a produção, que em 2012 foi de, aproximadamente, 40 milhões de cabeças de bovinos abatidas (FAO, 2014).

De acordo com dados estatísticos da FAO (2014), no período de 2000 a 2012, a produção de carne bovina brasileira aumentou 44,6% (de 6,5 para 9,4 milhões de toneladas), sendo responsável por 15% da produção mundial. Esse crescimento observado nos últimos anos foi resultante da crescente aplicação de tecnologias em todos os segmentos da cadeia produtiva, o que permitiu ao setor ganhos importantes de volume e produtividade. Porém, para que esse crescimento continue se sustentando, é necessário o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias, que possibilitem o aumento da eficiência dos sistemas produtivos.

Nesse contexto, pode-se destacar o uso de aditivos melhoradores de desempenho, tais como os beta-agonistas adrenérgicos (β AA). Os β AA são moléculas orgânicas promotoras de crescimento cujos principais efeitos são o aumento da hipertrofia muscular e a diminuição da deposição de gordura na

carcaça. No Brasil, o uso desses produtos foi liberado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Instrução Normativa 55/2011; BRASIL, 2011) como melhoradores de desempenho para bovinos em confinamento, na fase de terminação. Posteriormente, a Instrução Normativa 25/2012 do MAPA (BRASIL, 2012) proibiu a importação e a comercialização desses produtos, em função de possíveis restrições comerciais a serem impostas à carne brasileira por alguns países importadores, principalmente China e União Europeia. No entanto, estudos sobre métodos de controle que possibilitem um maior embasamento sobre a utilização desses produtos continuam sendo desenvolvidos (MAPA, 2013).

Por outro lado, a ação lipolítica promovida pelos β AA pode reduzir a deposição de gordura nas carcaças, causando problemas de qualidade das carcaças e da carne. Isso pode ser ainda mais importante nas condições de produção brasileira, onde os bovinos são confinados por curtos períodos de tempo com dietas de média energia e, normalmente não são castrados.

Nesse sentido, a associação dos β AA com a imunocastração dos bovinos, pode ser uma alternativa para esse sistema produtivo, pois além de evitar traumas causados pela castração cirúrgica dos animais pode proporcionar uma deposição adequada de gordura nas carcaças e também um aumento da eficiência produtiva, pelo uso dos β AA.

1.1 Justificativa

Não foram encontrados na literatura trabalhos que tenham associado a utilização dos β AA com a técnica de imunocastração, tampouco que tenham sido avaliados em bovinos *Bos indicus*, que compõem a maioria do rebanho bovino brasileiro. Portanto, é importante que estudos sejam desenvolvidos para avaliar os possíveis benefícios que a utilização combinada desses produtos possa trazer à cadeia produtiva da carne brasileira.

1.2 Objetivo geral

Avaliar o efeito da imunocastração e dos beta-agonistas adrenérgicos sobre o desempenho, perfil sanguíneo, comportamento ingestivo e características de carcaça de bovinos Nelore confinados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os baixos ganhos de peso observados com bovinos, tanto nas pesquisas quanto na produção comercial são devidos, normalmente, à inadequada ingestão de energia acima do requerimento para manutenção (FOX; BLACK, 1984). Além disso, a alta taxa de *turnover* muscular dos animais ruminantes, com taxa de síntese até 10 vezes superior à taxa de acúmulo proteico, contribui para baixa eficiência de utilização da proteína dietética, bem como para o elevado requerimento energético de manutenção (WHEELER; KOOHMARAIE, 1992).

Esses fatores normalmente estão associados a baixos índices de produtividade e, conseqüentemente, a um produto final (carne) de pior qualidade, uma vez que os animais necessitam permanecer por mais tempo no pasto para atingirem peso e acabamento adequados para o abate. Isso implica em animais abatidos com uma idade mais avançada e, normalmente, com uma menor quantidade de gordura de cobertura, insuficiente para proteção da carcaça durante o processo de resfriamento, que irá resultar em prejuízos para a qualidade da carne.

O confinamento na fase de terminação é uma estratégia utilizada com o objetivo de reduzir esses problemas, pois além de proporcionar um ganho de peso maior, mais eficiente e em um menor período de tempo, também possibilita uma maior deposição de gordura na carcaça, uma vez que um maior ganho de peso está associado a uma maior deposição de gordura (NRC, 1996). Concomitantemente, o confinamento também permite a liberação de áreas de pastagens em épocas críticas para outras categorias, como a cria e recria, as quais são responsáveis por 65-75% da energia necessária para produção de carne (MONTAÑO-BERMUDEZ; NIELSEN; DEUTSCHER, 1990).

A utilização de dietas com altas proporções de concentrado é uma prática bastante utilizada para o confinamento de animais. De acordo com Preston (1998), o fornecimento de dietas com elevadas proporções de concentrado, fornecidas *ad libitum*, é uma prática bastante comum na indústria de gado de corte norte-americana. No Brasil, essa prática também tem sido utilizada para confinamento de bovinos, dos quais a maior parte dos animais confinados não é castrada (69,5%) e permanece por curtos períodos de tempo em confinamento (83,6 dias; MILLEN *et al.*, 2009), pois proporcionam um maior ganho de peso e uma menor deposição de gordura na carcaça.

Outra estratégia que pode ser utilizada com o objetivo de melhorar o desempenho de bovinos de corte na fase de confinamento é o uso de aditivos melhoradores de desempenho como, por exemplo, os beta-agonistas adrenérgicos (β AA).

2.1 Beta-agonistas adrenérgicos

Os β AA são promotores de crescimento desprovidos de caráter hormonal e análogos naturais das catecolaminas (DUNSHEA et al., 2005) que têm moderada atividade como agente reparticionador, ou seja, atuam redirecionando a energia celular para o metabolismo proteico (STRYDOM et al. 2009). Portanto, os β AA promovem hipertrofia muscular devido à sua capacidade de alterar o perfil metabólico das fibras musculares (GONZALEZ et al., 2009), além de atuar em alguns β -receptores que promovem um aumento na síntese e/ou diminuição na degradação de proteínas musculares e diminuem a gordura da carcaça, devido à menor lipogênese e maior lipólise (DUNSHEA et al., 2005; MERSMANN, 1998).

Os β -receptores são receptores de membrana celular, enquanto que outros receptores exercem sua atividade hormonal através de receptores nucleares ou citoplasmáticos (BLAIR, 1983). Existem dois tipos de receptores adrenérgicos: os receptores alfa (α) e beta (β), que podem ser subdivididos nos subtipos $\alpha 1$, $\alpha 2$ e $\alpha 3$ e $\beta 1$, $\beta 2$ e $\beta 3$. A proporção de receptores adrenérgicos do tipo $\beta 1$, $\beta 2$ e $\beta 3$ é bastante variável em diferentes órgãos, mesmo dentro da mesma espécie, no entanto suas funções são bem determinadas. Os receptores $\beta 1$ estimulam a musculatura cardíaca e a atividade lipolítica, enquanto que os receptores $\beta 2$ promovem broncodilatação e vasodilatação, através do relaxamento da musculatura lisa, e os receptores $\beta 3$ são encontrados, predominantemente, nos tecidos adiposos branco e marrom, mas também no intestino e no músculo esquelético e cardíaco (FIEMS, 1987).

Por esse motivo, alguns β AA são mais eficientes que outros numa mesma espécie animal. Nos bovinos, a predominância de receptores nos tecidos musculares e adiposos são do tipo $\beta 2$, que, segundo alguns autores, nas células adiposas é de 75% (SILLENCE; MATTHEWS, 1994) ou superior a 90% (JOHNSON; SMITH; CHUNG, 2014) e nas fibras musculares é de aproximadamente 99% (JOHNSON; SMITH; CHUNG, 2014). De acordo com Lopez-Carlos et al. (2011), a

diferença entre os dois principais β AA é a especificidade para os receptores adrenérgicos, no qual o cloridrato de ractopamina (RAC) age, predominantemente, nos β 1-receptores adrenérgicos, enquanto o cloridrato de zilpaterol (ZIL) são β 2-seletivos.

Esses receptores estão acoplados às proteínas Gs e, com a ligação dos β AA, fazem com que os sinais extracelulares sejam convertidos em sinais intracelulares a partir de mensagens via proteína Gs, os quais ativam a enzima adenil ciclase e promove aumento da adenosina 3',5'-monofosfato cíclico (AMPc) através da quebra da adenosina trifosfato (ATP) (MERSMANN, 1998; PFLANZER; FELÍCIO, 2012), que tem como principal mecanismo de ação a ativação da proteína quinase A (PKA), a qual é capaz de fosforilar várias enzimas (HANKS; HUNTER, 1995). Essas enzimas fosforiladas (na forma de EPO_4) podem realizar suas atividades estimulando, por exemplo, a triacil-glicerol-lipase que conduz à degradação dos triglicerídeos no adipócito. Esta enzima EPO_4 também pode ativar a ATPase, que permitirá as trocas iônicas com o espaço extracelular, em especial do Ca^{++} com o K^+ , levando a hiperpolarização da membrana, permitindo o relaxamento muscular (SILLENCE; MATTHEWS, 1994).

A partir desse sistema de ativação enzimática ocorrem os efeitos dos β AA. No entanto, sob suplementação contínua superior a 28 dias, o AMPc ativa a proteína quinase β -adrenoreceptor quinase que, ao fosforilar o receptor, torna-o inativo e desacopla o complexo receptor-Gs-adeniato ciclase (LEEB-LUNDBERT et al., 1987). Tal ação diminui o número de receptores disponíveis na membrana, tanto β -1 quanto β -2, diminuindo a resposta à estimulação dos β AA (MILLS; SPURLOCK; SMITH, 2003).

Vasconcelos et al. (2008) observaram que o ganho de peso atinge um platô e passa a ser constante a partir de 42 dias de tratamento com β AA. Portanto, a adição dos β AA na dieta deve ser feita ao redor dos 30 dias finais de confinamento, uma vez que o ganho médio diário dos animais nesse período é menor devido ao aumento da deposição de gordura na carcaça promovido pela maturidade do animal.

O maior ganho médio diário de peso resultante da administração dos β AA está relacionado ao crescimento muscular, o qual é determinado pelo balanço entre a intensidade de síntese e degradação muscular (KOOHMARAIE et al., 2002). Esse acréscimo de massa muscular pode estar relacionado ao aumento da síntese proteica devido ao aumento na concentração de RNAm da α -actina e miosina

(BERGEN et al., 1989), bem como ao complexo calpaína/calpastatina, que é responsável por uma menor degradação do tecido ocasionado por um aumento na concentração de RNAm para calpastatina, a qual tem maximizada sua função de inativar as calpaínas e, portanto, haverá menor degradação miofibrilar (DOUMIT; KOOHMARAIE, 1999).

Os β AA promovem um aumento no ganho de peso e possibilitam a intensificação do sistema produtivo, no entanto, sua adição é realizada no período em que a deposição de gordura é mais intensa e, dessa forma, há uma redistribuição de nutrientes, diminuindo o fluxo de nutrientes para a deposição do tecido adiposo devido a um aumento para a deposição do tecido muscular (RICKS et al., 1984). De acordo com Moody, Hancock e Anderson (2000), como consequência desta redistribuição, ocorre uma ativação ou inativação de algumas enzimas chaves no processo de lipogênese (como a acetil-CoA carboxilase) e lipólise (como a lipoproteína lipase e a carnitina palmitoil transferase). Entretanto, alguns autores divergem sobre em que tipo de gordura (abdominal, renal-inguinal, pélvica, subcutânea ou intramuscular) esse mecanismo ocorre (AVEDAÑO-REYES et al., 2006; KELLERMEIER et al., 2009; MONTGOMERY et al., 2009).

Boler et al. (2012), utilizando bovinos Simental x Angus, encontraram um aumento de 54,2% no ganho médio diário de peso (GMD), sem alterar a ingestão de matéria seca (IMS), nos animais alimentados com 300 mg/dia de RAC, nos últimos 28 dias de confinamento, quando comparados aos animais não suplementados. Da mesma forma, Arp et al. (2014) utilizaram animais Britânicos x Continentais suplementados com 300 mg de RAC/dia/animal e 6,8 g/ton de concentrado de ZIL, durante os últimos 30 dias de confinamento, e observaram aumento de 22,2% e 38,1% no GMD, respectivamente, sobre os animais não suplementados e 13% de aumento no GMD do ZIL sobre a RAC, além de melhores resultados dos β AA comparados aos animais sem suplementação sobre a eficiência alimentar (EA).

McEvers et al. (2014), ao avaliarem 7.506 animais Britânicos x Continentais, observaram um aumento de 26,6% e 30,8% no GMD e EA, respectivamente, com redução de 2,7% na IMS nos animais alimentados com 8,33 mg ZIL/kg MS, durante os últimos 20 dias de confinamento, quando comparados aos animais sem suplementação. Beckett et al. (2009), ao avaliarem tempos de suplementação de novilhos com ZIL, também reportaram menor IMS para animais ZIL comparados aos animais sem suplementação.

Montgomery et al. (2009) encontraram melhores GMD, EA, peso vivo final (PVF) e peso de carcaça quente (PCQ) nos animais suplementados com ZIL, durante 20 ou 40 dias, em relação aos animais sem suplementação. Porém, Leheska et al. (2009), ao suplementarem novilhos com ZIL por 30 ou 40 dias antes do abate, não encontraram diferença no GMD de acordo com o tempo de administração dos tratamentos. Entretanto, reportaram um PVF 28% maior do que nos animais não suplementados.

O aumento no GMD, sem diferença na IMS, pode ser encontrado com frequência nos estudos que utilizam suplementação com β AA na fase de terminação em confinamento. De acordo com Boler et al. (2012), não houve diferença sobre o número diário e duração das refeições, bem como no consumo de cada refeição em animais suplementados com 300 mg de RAC/dia/animal quando comparados aos animais não suplementados. Isso poderia explicar os achados literários relacionados a não diferença na IMS, pois se os animais não alteram o comportamento ingestivo implica que o suplemento adicionado não é limitador de consumo e, consequentemente, a IMS será semelhante.

Assim como o aumento no GMD devido à hipertrofia muscular, a diminuição do tecido adiposo causada pelo uso dos β AA, em razão da menor lipogênese e maior lipólise, tem sido alvo de inúmeros estudos na bovinocultura de corte (ARP et al., 2014; AVEDAÑO-REYES et al., 2006; BOLER et al., 2012; KELLERMEIER et al., 2009; MONTGOMERY et al., 2009; MOODY; HANCOCK; ANDERSON, 2000). No entanto, poucos desses trabalhos efetivamente avaliaram o que acontece na bioquímica sanguínea. A análise do perfil sanguíneo é uma alternativa funcional que pode auxiliar na determinação de como tais causas exógenas influenciam no organismo.

De acordo com Blum e Flueckiger (1988), a administração dos β AA promove um aumento do fluxo de sangue e absorção de oxigênio, glicose e ácidos graxos não-esterificados pelo músculo. Segundo os mesmos autores, há também uma elevação da taxa metabólica, com efeitos diretos sobre o pulmão, inclusive com modificações no consumo de oxigênio e produção de gás carbônico.

Abney et al. (2007) avaliaram a gasometria sanguínea a partir da suplementação durante 28 dias fornecendo 200 mg de RAC/animal/dia e não encontraram nenhum efeito significativo da suplementação, sobre essas variáveis, quando comparado aos animais não suplementados.

De acordo com Brake, Titgemeyer e Jones (2011), os β AA tendem a diminuir a concentração de ureia sérica, pois o aumento da deposição de tecido magro necessita de uma maior retenção de nitrogênio, que é a matéria-prima para esta deposição, portanto, quanto maior a retenção de nitrogênio menor será a produção de ureia, uma vez que o ciclo de formação da ureia utiliza o nitrogênio não utilizado pelo organismo.

Bryant et al. (2010) encontraram menores concentrações de ureia nos animais suplementados com 200 mg de RAC/dia/animal, quando comparados à animais não suplementados, sugerindo um menor *turnover* proteico no tecido muscular para deposição de proteína nos animais que não receberam RAC. Resultados semelhantes também foram relatados por Walker et al. (2006).

Assim como as variáveis do perfil sanguíneo relacionadas ao metabolismo muscular, as variáveis relacionadas ao metabolismo do tecido adiposo também podem sofrer alterações com a suplementação com os β AA.

O aumento da oferta de aminoácidos e sua absorção pode aumentar a síntese de proteína muscular e, conseqüentemente, podem aumentar a taxa lipolítica a fim de liberar ácidos graxos não-esterificados para dar suporte energético à síntese proteica (BEERMANN et al., 1987). Segundo Dunshea et al. (2005) a magnitude dos efeitos β AA no metabolismo da gordura também está associada à dose e duração do tratamento, tipo de β AA e espécie animal envolvida.

Moody, Hancock e Anderson (2000), reportaram que pode haver ativação ou inativação de algumas enzimas responsáveis pelo metabolismo do tecido adiposo. No entanto, Bryant et al. (2010) não encontraram diferença da suplementação com RAC sobre a atividade da Acetil-CoA carboxilase (lipogênese) e lipoproteína lipase (lipólise), bem como não encontraram qualquer alteração sobre os ácidos graxos não-esterificados (AGNE). O AGNE indica a mobilização de reservas de gordura para fornecer suporte energético para as funções fisiológicas de outros tecidos, portanto, o seu aumento indica que a deposição de proteína e a síntese muscular estão necessitando um maior aporte energético. Em contraste ao estudo de Bryant et al. (2010), Parr et al. (2014) reportaram um aumento das concentrações séricas de AGNE no plasma em resposta à suplementação com os β AA.

Os efeitos no metabolismo muscular e no tecido adiposo promovido pela suplementação com os β AA têm impacto direto sobre as características de carcaça, pois esses fatores são diretamente dependentes desse metabolismo. Dentre as

características de carcaça mais importantes encontram-se a área de olho de lombo (AOL), a espessura de gordura subcutânea (EGS) e o rendimento de carcaça (RC).

Os β AA reduzem a EGS e aumentam consideravelmente a AOL, a qual está relacionada com a musculosidade do animal e tendem a aumentar o PCQ e o RCQ. No entanto, vários estudos apresentaram resultados contraditórios quanto à diminuição ou não da EGS sob o efeito dos β AA.

De acordo com Avendaño-Reyes et al. (2006), os animais suplementados com ZIL e RAC apresentaram maior peso de abate e AOL e menor EGS do que os animais não tratados, porém sem alteração do marmoreio (CLAUS et al., 2010; SCHROEDER et al., 2003). Resultados semelhantes foram encontrados por Vasconcelos et al. (2008), Baxa et al. (2010) e McEvers et al. (2014) quanto ao aumento na AOL e redução na EGS ao suplementarem novilhos com ZIL, entretanto, esses autores reportaram queda no escore de marmoreio da carne. Por outro lado, Montgomery et al. (2009) ao suplementarem novilhos com ZIL não reportaram diferença na EGS e no marmoreio, apesar de encontrarem um aumento na AOL.

Beckett et al. (2009) e Elan et al. (2009) avaliaram o efeito do ZIL sobre a AOL e EGS, concluindo que houve um aumento na AOL e uma diminuição na EGS, além de observarem uma redução na gordura intramuscular, quando comparado aos animais não suplementados.

Segundo Shook et al. (2009), o fornecimento de β AA causou um aumento do GMD, EA e RCQ dos bovinos suplementados durante a fase de terminação, elevando assim o rendimento na desossa. De acordo com Avendaño-Reyes et al. (2006), a utilização desses promotores de crescimento pode elevar em cerca de dois pontos percentuais o RC dos animais. Vasconcelos et al. (2008) encontraram um RC de 66,6% e 64,4% nos animais suplementados com ZIL e sem suplementação, respectivamente, assim como McEvers et al. (2014), com os mesmos tratamentos, reportaram um aumento de 1,7% no RC dos animais suplementados em comparação aos não suplementados.

De acordo com Avendaño-Reyes et al. (2006), o uso de RAC e ZIL elevou o RC em 1,8% e 1,5%, respectivamente, em relação ao grupo sem suplementação, além de não haver diferença em relação ao pH da carne. Arp et al. (2014) compararam a suplementação com ZIL e RAC sobre as características de carcaça e observaram um RC 1% e 1,4% maiores nos animais suplementados com ZIL do que

RAC e sem suplementação, respectivamente, além de maior AOL. Os mesmos autores não encontraram diferença na suplementação com 300 mg de RAC/dia/animal sobre o grupo não suplementado quando comparados para AOL e RC.

Quinn et al. (2008) afirmaram que novilhos suplementados com 200 mg de RAC 28 dias antes do abate tiveram um aumento de 17% na eficiência de ganho na carcaça, enquanto os novilhos suplementados com 300 mg do mesmo β AA tiveram um aumento de 27%.

2.2 Imunocastração

Um dos principais aspectos relacionados à deposição de gordura na carcaça e, conseqüentemente, sobre a qualidade da carne é o sexo do animal, pois ele exerce um efeito direto sobre o crescimento dos tecidos, bem como sobre a distribuição dos mesmos na carcaça (D'OCCHIO; ASPDEN; TRIGG, 2001).

A maior parte das indústrias brasileiras não diferenciam as carcaças de acordo com características qualitativas, como o acabamento de gordura do animal, e sim com a quantitativa, como o peso da carcaça. Desta forma, muitos produtores preferem não castrar os animais em função da melhor eficiência no desempenho e, conseqüentemente, ao maior peso da carcaça dos animais não-castrados.

A utilização de animais não-castrados para aumentar a eficiência do sistema produtivo é uma prática que tem sido frequentemente utilizada, pois apresentam maior deposição muscular (ARNOLD; PERALTA; THONNEY et al., 1997), ganham mais peso e são mais eficientes em relação a animais castrados (WORRELL; CLANTON; CALKINS, 1987). Entretanto, animais não-castrados são mais tardios quanto à deposição de gordura, retardando o abate em função do maior tempo necessário para a deposição da gordura necessária para a manutenção da qualidade da carne durante o processo de resfriamento da carcaça. Por este motivo, os animais castrados são superiores em grau de qualidade e palatabilidade da carne comparado aos não-castrados (WORRELL; CLANTON; CALKINS, 1987).

Os bovinos de corte são geralmente castrados para reduzir comportamentos agressivos, monta indesejada e problemas de casco, desse modo, o estresse é reduzido, bem como o risco de desenvolvimento de cortes DFD (dark, firm and dry) (ROÇA et al., 2011a).

Um manejo pré-abate não estressante promove ao animal uma reserva de glicogênio maior do que em animais que sofreram estresse no manejo pré-abate. Após a sangria, essa reserva é a única fonte de energia do músculo, pois não há obtenção de ATP por via aeróbica. Portanto, o glicogênio segue via anaeróbica para gerar energia, a qual tem como produto final ATP e ácido lático, cujo ácido é responsável pela queda do pH muscular (GEESINK; BEKHIT; BICKERSTAFFE, 2000).

O conceito de intervalo crítico na relação entre a queda de pH em função da temperatura para a qualidade da carne originou-se dos resultados de Locker e Hagyard (1963). Esses autores descobriram um encurtamento miofibrilar pelo calor quando o músculo entrava em rigor entre 20-40°C, e um encurtamento miofibrilar pelo frio quando o músculo entrava em rigor entre 0-14°C. Além disso, determinaram que o encurtamento miofibrilar era mínimo se o *rigor mortis* ocorresse entre 15-20°C.

A castração cirúrgica convencional é um método que, por inibir a produção de testosterona, promove aumento na deposição de gordura na carcaça, no entanto, proporciona grandes desafios tanto à sanidade animal como à produtividade animal, caso seja realizada com descaso ou por profissionais não treinados. O período pós-cirúrgico é traumático e faz com que o animal não apresente o desempenho esperado, além de ser um procedimento questionável com relação à ética e ao bem estar animal (BONNEAU; ENRIGHT, 1995). A partir dessa realidade, surgiu um método alternativo para a castração cirúrgica convencional baseada na castração imunológica.

De acordo com Jannet et al. (2012), a primeira vacina comercial disponível contra o hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) foi aprovada na Austrália para a supressão de estro em novilhas (Vaxstrate®, Peptide Tecnologia, Ltd, NSW, Austrália). Entretanto, foi retirada do mercado em 1996 por causa de reações adversas graves e curto efeito de duração. Segundo os mesmos autores, em 1998, a vacina VIVAX® (Pfizer, Saúde Animal, Parkville, Austrália) foi introduzida no mercado para imunocastração de suínos machos e serviu como uma plataforma científica para o desenvolvimento da vacina anti-GnRH específica para cavalos, Equity® (Pfizer, Saúde Animal).

Desde 2007, uma nova vacina (Bopriva®, Pfizer, Saúde Animal) projetada especificamente para bovinos, registrada na Nova Zelândia e Austrália, foi produzida para reduzir os níveis séricos de testosterona em touros, nas fases púberes.

Atualmente, Bopriva® é a única vacina anti-GnRH disponível no mercado para bovinos e tem demonstrado boa segurança e eficácia na supressão da testosterona sérica (JANETT et al., 2012).

A técnica de imunocastração para bovinos, através da imunização do animal com um análogo do GnRH, reduz a produção de testosterona, a qual é responsável pelo crescimento do músculo esquelético, determinando carcaças mais gordas nos animais imunocastrados devido à inibição do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (OLIVER et al., 2003).

O eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal é responsável pelo ciclo de produção dos hormônios sexuais. O eixo tem início no hipotálamo, onde há a secreção de GnRH, que estimula a hipófise a liberar o hormônio luteinizante (LH) e o hormônio folículo estimulante (FSH), os quais estimulam as gônadas produzirem testosterona (machos) e progesterona (fêmeas). A vacina de imunocastração inibe a secreção de GnRH do hipotálamo e, conseqüentemente, inibe todo o eixo de produção dos hormônios sexuais (D'OCCHIO; ASPDEN; TRIGG, 2001; ROÇA et al., 2011b).

O GnRH é um hormônio muito pequeno para ser imunogênico, desta forma é necessária uma estratégia para enganar o sistema imunológico do animal para reconhecê-lo como antígeno (THOMPSON JR., 2000). A partir disso, o antígeno que compõe essa vacina comercial é constituído por um análogo modificado do GnRH, no qual está ligado a uma proteína carreadora maior. Desse modo, este análogo é grande o suficiente para disparar uma resposta imune significativa contra o GnRH natural do bovino, o que promove um pico de anticorpos anti-GnRH entre a primeira e segunda semana após a segunda dose da vacina, que é eficaz durante 12 semanas. Entretanto, o GnRH modificado de Bopriva® é incapaz de se ligar ao receptor natural do GnRH na hipófise, portanto, esta vacina não tem qualquer atividade hormonal.

Amatayakul-Chantler et al. (2013) compararam duas técnicas de castração, cirúrgica e imunológica, e observaram que, após duas semanas, os animais castrados cirurgicamente apresentaram várias complicações, tais como secreção purulenta, miíase, funiculite do cordão espermático e hemorragia, e que alguns animais apresentaram mais de uma complicação. Por outro lado, os animais imunocastrados não apresentaram efeitos adversos sistêmicos ou localizados. Os mesmos autores observaram que a concentração sérica de testosterona não diferiu entre os métodos de castração, mantendo-se próxima aos 5 ng/mL que é

considerado o limiar para considerar a castração eficaz (AMAYATAKUL-CHANTLER et al., 2012). No entanto, os títulos de anticorpos para GnRH foram expressivamente maiores nos animais imunocastrados, demonstrando a eficiência da vacina para sua ação desejada.

Observou-se em vários estudos (AMAYATAKUL-CHANTLER et al., 2012; LOWE et al., 2014a; LOWE et al., 2014b; RIBEIRO et al., 2004) que a imunocastração promove um aumento na EGS, pois a inibição da testosterona impede a expressão de algumas características secundárias do macho, como, por exemplo, o maior direcionamento energético para deposição muscular, desse modo, os machos passam a se comportar, fisiologicamente, como fêmeas. Em função disso, há uma maior deposição do tecido adiposo devido a uma alteração no perfil bioquímico sanguíneo relacionado ao metabolismo desse tecido quando comparados aos animais não-castrados. Ruiz et al. (2005) avaliaram a concentração de colesterol no músculo *Longissimus* de bovinos imunocastrados e não-castrados, os quais observaram níveis de 51,8 e 50 mg/100 g, respectivamente, que implica em um maior metabolismo no tecido adiposo corporal interferindo na composição química da carne.

De acordo com Roça et al. (2011b) animais terminados em pastagem, que receberam duas ou três doses de vacina de imunocastração (Bopriva), não apresentaram diferenças na maioria das características de carcaça avaliadas quando comparadas aos animais castrados cirurgicamente. Ribeiro et al. (2004) afirmaram que a imunocastração em animais sob pastejo têm os mesmos efeitos encontrados em animais confinados, como menores GMD, EA, PCQ, RCQ, AOL, pH 24 horas e maior quantidade de gordura na carcaça e EGS do que animais não-castrados.

Andreo et al. (2013) observaram que os animais não-castrados foram superiores em 14% no GMD comparado aos animais imunocastrados. Amayatakul-Chantler et al. (2012) compararam bovinos imunocastrados e não-castrados quanto ao desempenho e características de carcaça e observaram maior EGS dos animais imunocastrados em comparação aos não-castrados. No entanto, os animais não-castrados foram superiores quanto a GMD, IMS e AOL, além de não haver efeito sobre o PCQ e RC.

Amatayakul-Chantler et al. (2013) reportaram que bovinos Nelore imunocastrados não apresentaram diferenças para PCQ, AOL, EGS e RC em comparação aos castrados cirurgicamente.

Dessa forma, essa técnica pode substituir a castração cirúrgica, além de poder associar-se com outras tecnologias, como os β AA, o que pode resultar em uma interação positiva tanto para o desempenho animal (uso dos β AA) quanto para a qualidade da carne (imunocastração), em função da maior proporção muscular e da maior deposição de gordura na carcaça, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado em 16 de maio de 2013 pelo comitê de ética em pesquisa, protocolado sob o nº 13.1.541.74.0, e conduzido no confinamento do Departamento de Zootecnia na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP campus Pirassununga/SP.

3.1 Animais e tratamentos

Noventa e seis bovinos Nelore machos recriados em pastagem, com peso médio inicial de 409 ± 50 kg e idade média de 20 meses, foram identificados, pesados individualmente e separados em dois grupos com 48 animais cada, de acordo com o peso inicial. Metade dos animais de cada grupo recebeu duas doses da vacina para imunocastração (Bopriva®, Zoetis Indústria de Produtos Veterinária LTDA, São Paulo, SP, Brasil), com intervalo entre doses de 30 dias, enquanto a outra metade de cada grupo não recebeu a vacina. Nove dias após a primeira dose de imunocastração, os animais foram transferidos para as instalações de confinamento do Departamento de Zootecnia na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP campus Pirassununga/SP.

Metade dos animais dentro de cada condição sexual (24 imunocastrados e 24 não-castrados) foi distribuída, de acordo com o peso inicial (bloco), em quatro baias (12 animais por baia), das quais duas com animais imunocastrados e duas com animais não-castrados. As baias eram equipadas com portões eletrônicos (American Calan Inc., Northwood, NH, USA) que permitiram o controle individual da alimentação. A outra metade dos animais foi distribuída em baias individuais. Ambas as instalações possuíam cocho coberto, piso de concreto e bebedouros automáticos. Os animais foram submetidos a um período de adaptação às dietas e às instalações por 21 dias.

A alimentação foi realizada diariamente, ofertada às 08h00 e às 16h00, com uma dieta contendo 76% de concentrado e 24% de volumoso (Tabela 1). A cada dois dias as sobras foram retiradas, pesadas e amostradas para determinação da matéria seca. O ajuste da oferta de alimento foi realizado a cada dois dias com base na avaliação das sobras dos dias anteriores, com uma oferta de matéria seca 10%

superior ao consumo observado para assegurar que não houvesse falta ou excesso de alimento no cocho.

Os primeiros 70 dias de confinamento foram chamados de fase 1, pois todos os animais receberam a mesma dieta (Figura 1). Após 70 dias de confinamento, os animais foram divididos em três grupos de acordo com o peso, dentro de cada bloco e condição sexual, e aleatoriamente alimentados com uma das seguintes dietas: CON – dieta padrão utilizada na fase anterior, sem a adição de β AA; ZIL – dieta padrão acrescida de 80 mg/dia cloridrato de zilpaterol (Zilmax®; MSD Saúde Animal, São Paulo, SP, Brasil); RAC – dieta padrão acrescida de 300 mg/dia cloridrato de ractopamina (Optaflexx®; Elanco Saúde Animal, São Paulo, SP, Brasil), a qual foi denominada fase 2.

Tabela 1 - Composição percentual da dieta utilizada (na matéria seca).

Ingredientes	% da matéria seca
Silagem de milho	24,18
Milho Grão Seco Moído	31,82
Farelo de Soja 45%	12,17
Polpa cítrica peletizada	30,00
Ureia	1,22
Núcleo Mineral ¹	0,6
Nutrientes	
Proteína Bruta, %	14,6
Proteína Degradável no Rúmen, %	9,9
Nutrientes Digestíveis Totais, % ²	74,5

¹ NC BEEF PERFORMA (Nutron TMR50).

² Estimado através de fórmula de Weiss et al. (1992).

Os β AA foram adicionados ao concentrado de modo a alcançar as concentrações supracitadas. Após os 30 dias de fornecimento, os animais do tratamento ZIL receberam a dieta CON por mais dois dias, enquanto que os animais do tratamento RAC continuaram recebendo o produto até o momento do embarque para o abate. A retirada do tratamento ZIL três dias antes do abate foi realizada em função do período de carência exigido pela legislação para esse produto.

Posteriormente ao embarque, os animais foram transportados por aproximadamente 200 km, onde foram abatidos em frigorífico comercial (Frigorífico Dom Glutão; Ibitinga/SP).

Figura 1 - Ordem cronológica das principais atividades metodológicas do estudo.

3.2 Avaliação dos animais vivos

3.2.1 Concentração sérica de testosterona

As coletas de sangue para determinar a concentração sérica de testosterona dos animais foram realizadas através de venopunção jugular de 2 mL de sangue em tubos *vacutainer* com anticoagulante EDTA, nos dias 0, 84 e 101 após a entrada dos animais no confinamento. Logo após a coleta, as amostras foram centrifugadas a 2500 rpm por 20 minutos para separar o soro, que foi congelado a -20°C . Posteriormente, a concentração de testosterona foi quantificada através do ensaio de imunoabsorção enzimática ELISA.

3.2.2 Desempenho

Os animais foram pesados e avaliados por ultrassonografia no início do experimento (dia 0) e após 28, 70, 84 e 101 dias de confinamento. As pesagens foram realizadas após jejum de sólidos de aproximadamente 14h. A partir dos dados de consumo alimentar e das pesagens foram calculadas IMS, GMD e EA. O GMD

durante o período de confinamento foi calculado por regressão, utilizando os dados de todas as pesagens.

3.2.3 Características de carcaça

As características de carcaça foram avaliadas por ultrassonografia, utilizando um equipamento de ultrassonografia, marca Aloka[®], modelo SSD 500 Micrus (Aloka Co. Ltd.), com transdutor linear de 3,5 MHz e 172 mm de comprimento. Foram colhidas imagens para determinação da AOL, da EGS entre a 12^a e a 13^a costelas e uma segunda imagem sobre o músculo *Bíceps femoris* entre o ílio e o ísquio para a determinação da espessura de gordura da picanha (EGP).

3.2.4 Perfil sanguíneo

As coletas de sangue foram realizadas em duas fases, através de venopunção jugular, nos dias 0, 70, 84 e 101 de confinamento. Nos dias 0 e 101 foram coletados 4 mL de sangue em tubos *vacutainer* sem anticoagulante, que imediatamente após a coleta foram instiladas algumas gotas em um cartucho i-STAT EC8+[®], o qual foi lido em um analisador clínico portátil para quantificar glicose, ureia, pH, cloro, sódio, potássio, pressão de gás carbônico (PCO₂) e bicarbonato (HCO₃). Nos dias 70, 84 e 101 foram coletados 4 mL de sangue em tubos *vacutainer* heparinizados, os quais foram centrifugados a 2500 rpm por 20 minutos a 4°C para separar o soro, que, a partir dele, foram quantificadas a concentração de ácidos graxos não-esterificados (AGNE), beta-hidroxidobutirato (BHB), colesterol (COL), triglicerídeos (TRIG), creatinoquinase (CK), creatinina (CREA), albumina (ALB), ureia (URE) e proteína total (PT) através da máquina Daytona RANDOX[®].

3.2.5 Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo foi avaliado em quatro dias, não consecutivos, durante 24h seguidas, antes da administração dos β AA (dias 52 e 54) e após a administração dos tratamentos (dias 89 e 94).

As avaliações foram realizadas, de acordo com a combinação da metodologia proposta por Maekawa, Beachemin e Christensen (2002) e Burger et al. (2000), pelo

monitoramento visual da alimentação e da ruminação dos animais durante um período de 24 horas. As atividades de alimentação e ruminação foram anotadas a cada 5 minutos, assumindo-se que cada atividade persistisse pelo próximo intervalo de 5 minutos.

A frequência de visita ao cocho foi definida como no mínimo 10 minutos de atividade de alimentação seguido por, no mínimo, 10 minutos de outra atividade. A soma de todas as visitas ao cocho representou a frequência diária de visitas ao cocho (visitas/dia).

O tempo total de alimentação (min/dia) foi definido como a soma dos tempos de cada um dos eventos com no mínimo 10 minutos de duração no qual o animal passou se alimentando. O tempo total de ruminação (min/dia), da mesma forma, foi definido como a soma dos tempos de cada um dos eventos de ruminação. O tempo total de mastigação (min/dia) foi calculado pela soma dos tempos despendidos com alimentação e ruminação. O tempo total em ócio (min/dia) foi obtido pela soma do tempo das atividades de ócio deitado e ócio em pé.

A eficiência de alimentação (kg de matéria seca/minuto) e a eficiência de ruminação (kg de matéria seca/minuto) foram calculadas a partir da média de IMS no período e os eventos correspondentes.

3.2.6 Abate

Para o abate, os animais foram divididos em dois grupos e abatidos em duas semanas consecutivas, de maneira a fixar o período de oferecimento dos tratamentos (30 dias), o tempo após a aplicação da vacina de imunocastração (103 dias após a aplicação da segunda dose) e o tempo de carência do tratamento ZIL (3 dias).

O abate foi realizado de acordo com procedimentos humanitários, conforme exigido pela legislação brasileira. Os animais foram insensibilizados através do atordoamento com pistola pneumática penetrante seguida imediatamente da sangria através da seção dos grandes vasos do pescoço. Em seguida foi realizada a esola, evisceração e lavagem das carcaças.

Durante o abate, foi retirada e posteriormente pesada a gordura renal, pélvica e inguinal (GRPI), assim como o fígado e o coração. As meias-carcaças foram identificadas e pesadas individualmente para determinação do PCQ e do rendimento

de carcaça quente ($RCQ = PCQ/Peso \text{ ao abate} \times 100$). Após 24 horas de resfriamento (0 a 2°C), as carcaças foram novamente pesadas para determinação do peso de carcaça fria (PCF) e do rendimento de carcaça fria ($RCF = PCF/Peso \text{ ao abate} \times 100$). Através do PCQ e PCF foi possível calcular a perda por resfriamento ($PR = PCQ - PCF$). O pH e a temperatura do músculo *Longissimus dorsi*, na região entre a 12ª e a 13ª costelas, foram determinados 1h e 24h (pH1; pH24; T1; T24) após o abate através de um peagâmetro digital portátil.

3.2.7 Análises estatísticas

Os dados de desempenho e características de carcaça avaliados no abate foram analisados como um delineamento em blocos casualizados, com arranjo fatorial 2 x 3 (condição sexual x tratamento), utilizando o procedimento GLM do Software SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), considerando como efeitos fixos o bloco, a instalação (bairros individuais ou coletivos), bem como os efeitos da condição sexual, tratamento e a interação condição sexual x tratamento. O animal foi considerado uma unidade experimental. Os valores de GMD foram estimados a partir de uma regressão utilizando os dados de todas as pesagens realizadas durante o período experimental. As características de carcaça avaliadas por ultrassonografia foram analisadas como medidas repetidas no tempo utilizando o procedimento MIXED do Software SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Quando foi verificado efeito significativo dos fatores principais ou da interação, as médias foram comparadas pelo teste T de Student ao nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada interação significativa entre a condição sexual e os tratamentos para nenhuma das características avaliadas. Desse modo, os fatores principais serão apresentados individualmente.

4.1 Condição sexual

No início do experimento (dia 0) foi mensurada a concentração de testosterona sérica de todos os animais e, tanto os animais que receberam as duas doses da vacina de imunocastração quanto os animais que não receberam a vacina, apresentaram concentrações semelhantes, o que já era esperado, uma vez que após a segunda aplicação da vacina é que, efetivamente, ocorre a imunocastração dos animais.

No entanto, nos dias 84 e 101 de confinamento foi observada maior concentração sérica de testosterona ($P < 0,0001$) nos animais que receberam as doses de imunocastração quando comparados aos que não receberam a vacina (Figura 2). Portanto, os animais que receberam as doses da vacina de imunocastração, de fato, estavam castrados imunologicamente durante o confinamento, exceto no final do período experimental, quando os animais imunocastrados apresentaram concentração sérica de 8,4 ng/mL de testosterona. De acordo com Amatayakul-Chantler et al. (2013), a concentração sérica de testosterona para considerar um animal efetivamente castrado deve estar ao redor de 5 ng/mL.

Jannet et al. (2012) reportaram uma redução na concentração de testosterona de 12 ng/mL a próximo de zero, em bezerros com idade média de 7 mês, após o ação da imunocastração (a partir da oitava semana após a segunda dose da vacina). Os autores também relacionaram esse tempo com o início de um subdesenvolvimento testicular observado pela circunferência escrotal de, aproximadamente, 25 cm para ambas condições sexuais no dia 0, enquanto que no dia 106 foi de, aproximadamente, 32 cm e 22 cm para não-castrados e imunocastrados, respectivamente.

Figura 2 - Concentração de testosterona sérica, nos dias 0, 84 e 101 de confinamento, em função da condição sexual dos animais.

4.1.1 Desempenho

Na fase 1, os animais não-castrados apresentaram maior GMD ($P < 0,0001$), EA ($P < 0,0001$) e PVF ($P = 0,0003$), além de tenderem a apresentar menor IMS ($P = 0,0994$) em comparação com os animais imunocastrados. Da mesma forma, na Fase 2 (70 a 100 dias de confinamento), os animais não-castrados tiveram maior PVF ($P = 0,0004$) do que os imunocastrados, no entanto, não houve diferença em relação ao GMD, EA e IMS (Tabela 2). Resultados inversos aos encontrados por Cook et al. (2000), que na primeira fase de seu experimento (0 a 84 dias) não encontrou diferença no PVF, GMD, IMS e EA, porém, na segunda fase (98 a 182 dias) observaram tendência do PVF e IMS serem maiores nos animais não-castrados do que nos imunocastrados, além de observarem aumento no GMD (1,69 vs. 1,42; respectivamente), ganho que relacionaram ao aumento do peso e da circunferência testicular, o que sugere uma maior ação da testosterona nos animais não-castrados.

Tabela 2 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr > F$) das características de desempenho em confinamento em função da condição sexual dos animais.

Características	Condição sexual		EPM	Pr > F
	Imunocastrado	Não-Castrado		
Fase 1 (0 a 70 dias)				
Peso inicial, kg	408	409	4,29	0,9434
Peso 70 dias, kg	488	514	4,85	0,0003
Ganho médio diário, kg/dia	1,14	1,51	0,05	<0,0001
Ingestão de matéria seca, kg MS*/dia	9,1	9,4	0,16	0,0994
Eficiência alimentar, g GMD*/ kg MS	128,4	163,3	5,35	<0,0001
Ingestão de matéria seca, % PV*	2,0	2,1	0,04	0,6563
Fase 2 (70 a 100 dias)				
Peso 101 dias, kg	521	551	5,84	0,0004
Ganho médio diário, kg/dia	1,10	1,21	0,06	0,1084
Ingestão de matéria seca, kg MS/dia	9,1	9,1	0,26	0,9852
Eficiência alimentar, g GMD/ kg MS	115,4	132,2	7,35	0,1102
Ingestão de matéria seca, % PV	1,8	1,7	0,05	0,1867

* GMD= Ganho médio diário; MS= matéria seca; PV= Peso vivo.

Na Fase 2 (70 a 100 dias de confinamento – com administração dos β AA), os animais não-castrados também apresentaram maior PVF ($P=0,0004$) do que os animais imunocastrados, porém sem diferenças no GMD ($P=0,1084$), EA ($P=0,1102$) e IMS.

A diferença de peso vivo de apenas 4,5 kg entre os animais não-castrados e imunocastrados, que foi de 26,2 kg no início da Fase 2 e aumentou para 30,7 kg após o período experimental indicou uma redução na taxa de ganho de peso dos animais não-castrados nessa fase em comparação com a fase anterior (1,51 vs. 1,21 kg/d; respectivamente), enquanto que os animais imunocastrados mantiveram ganhos de peso semelhante em ambas as fases (1,1 kg/d). Portanto, não houve um aumento acentuado no GMD dos animais não-castrados quando comparado aos imunocastrados, ao contrário de vários estudos já citados.

Jannet et al. (2012) afirmam que a semelhança observada no GMD pode ser relacionado à menor atividade física dos animais imunocastrados, a qual pode melhorar a sua condição corporal, uma vez que é necessária menor energia líquida

para manutenção e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade de energia líquida para ganho.

Os resultados observados neste trabalho foram semelhantes aos de Jannet et al. (2012), que ao avaliarem animais imunocastrados e não-castrados não encontraram diferença no PVF e no GMD, assim como no estudo de Amatayakul-Chantler et al. (2012), que ao utilizarem animais imunocastrados e não-castrados não encontraram diferença na IMS, EA e PVF. No entanto, estes autores observaram uma pequena diferença no GMD dos animais imunocastrados comparado aos animais não-castrados (1,05 kg/d vs. 1,10 kg/d, respectivamente). Porém, esses resultados são contrastantes aos de Adams et al. (1993), que encontraram um maior PVF, GMD e PCQ, em animais não-castrados, quando comparados a novilhos e touros imunocastrados. Bonneau e Enright (1995) reportaram maior GMD em touros do que em animais imunocastrados, o que implicou em um aumento de 41 kg no PCQ, resultados expressivos se analisados financeiramente.

4.1.2 Características de carcaça avaliadas por ultrassonografia

Ao final da fase 1, os animais imunocastrados apresentaram menor AOL (P=0,0274; Figura 3) e maior EGS e EGP (ambos P<0,0001; Figura 4) do que os animais não-castrados.

Figura 3 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassonografia, em função da condição sexual dos animais na fase 1, aos 70 dias.

Figura 4 - Espessura de gordura subcutânea medida entre a 12ª e 13ª costelas (EGS) ou na picanha (EGP), avaliadas por ultrassonografia, em função da condição sexual dos animais na fase 1, aos 70 dias.

Tanto a AOL (Figura 5) quanto a EGS e a EGP (Figura 6) aumentaram linearmente com o tempo de confinamento, até os 70 dias, para os animais de ambas as condições sexuais.

Figura 5 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassonografia, em função do tempo de confinamento, na fase 1.

Figura 6 - Espessura de gordura subcutânea (EGS) medida entre a 12ª e 13ª costelas ou na picanha (EGP), avaliadas por ultrassonografia, em função do tempo de confinamento, na fase 1.

O GMD e a AOL são características relacionadas entre si, uma vez que o GMD é intensificado quando há deposição muscular e a AOL é uma característica associada à musculosidade do animal. Ambas as características foram maiores nos animais não-castrados, o que mostra o quanto a ação da testosterona é fundamental para o desenvolvimento muscular, principalmente até o animal alcançar a maturidade. No entanto, as características relacionadas à deposição de gordura foram maiores nos animais imunocastrados, mostrando que esses são mais precoces para deposição de gordura. Entretanto, Cook et al. (2000) não encontraram diferença na AOL e EGS quando compararam novilhos imunocastrados e não-castrados, no entanto, ao relacionarem a AOL com os títulos de anticorpos para GnRH observaram uma regressão linear negativa ($r^2=0,14$), o que implica que quanto maior a resposta à vacina menor será a AOL.

Na segunda fase do confinamento, os animais imunocastrados apresentaram menor AOL ($P=0,0428$; Figura 7) e maior EGS ($P=0,0357$) e EGP ($P=0,0056$; Figura 8) do que os animais não-castrados. Entretanto, não houve diferença do tempo de confinamento tanto para a AOL ($P=0,1509$; Figura 9) quanto para a EGS ($P=0,2069$; Figura 10) e EGP ($P=0,1992$; Figura 10).

Figura 7 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassonografia, em função da condição sexual dos animais na fase 2, aos 101 dias.

Figura 8 - Espessura de gordura subcutânea medida entre a 12ª e 13ª costelas (EGS) ou na picanha (EGP), avaliadas por ultrassonografia, em função da condição sexual dos animais na fase 2, aos 101 dias.

Figura 9 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassonografia, em função do tempo de confinamento, na fase 2.

Figura 10 - Espessura de gordura subcutânea medida entre a 12ª e 13ª costelas (EGS) ou na picanha (EGP), por ultrassom em função da condição sexual dos animais, na fase 2.

Ao analisar as Figuras 9 e 10 não é possível observar qualquer crescimento das características de carcaça avaliadas por ultrassonografia, nos primeiros 13 dias, que pode ter ocorrido em função do início do fornecimento dos β AA e talvez a uma adaptação dos animais aos produtos. É importante ressaltar que o intervalo da avaliação foi de apenas 13 dias, o que pode não ser suficiente para demonstrar

algum efeito, em comparação com avaliação seguinte, que foi realizada com um intervalo de 17 dias para a anterior.

Andreo et al. (2013) reportaram uma diminuição na EGS e um aumento na AOL nos animais não-castrados quando comparados aos imunocastrados, similarmente a este estudo (21% vs. 15% e 9% vs. 6%; respectivamente), o que pode ser explicado pelos animais não-castrados atingirem a fase de deposição de gordura mais tardiamente do que animais imunocastrados em função do desenvolvimento muscular atribuído à ação da testosterona durante o crescimento animal. Resultados semelhantes foram obtidos por Amatayakul-Chantler et al. (2012), que reportaram valores de 74 cm² e 68,9 cm² para AOL e de 3,0 mm e 5,0 mm para EGS em animais não-castrados e imunocastrados, respectivamente.

A EGS exigida nos frigoríficos brasileiros é de no mínimo 3,0 mm, caso contrário, a carcaça é penalizada com descontos financeiros. Ribeiro et al. (2004) avaliaram as características de carcaça de animais imunocastrados e não-castrados a pasto durante 385 dias. Segundo estes autores, os animais não-castrados não conseguiram alcançar a espessura mínima de gordura requerida pelos frigoríficos brasileiros (2,9 mm de EGS), o que não ocorreu nos animais deste experimento (4,0 mm de EGS). Entretanto, em ambos os estudos os animais imunocastrados atingiram EGS maiores do que os 3,0 mm estipulado (5,2 mm e 4,5 mm, respectivamente).

4.1.3 Perfil sanguíneo

Não houve interação entre condição sexual e tempo de coleta para nenhuma variável sanguínea avaliada.

Não foi observado efeito da condição sexual sobre a maioria das características de gasometria sanguínea (Tabela 3), exceto para o cloro, que apresentou maior concentração nos animais imunocastrados ($P=0,0076$) quando comparados aos animais não-castrados.

Tabela 3 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade (Pr>F) das características de carcaça avaliadas no abate, de acordo com a condição sexual dos animais.

Características	Condição sexual		EPM	Pr > F
	Imunocastrado	Não-castrado		
pH	7,4	7,4	0,01	0,3611
Cloro, mmol/L	102	101	0,25	0,0076
Sódio, mmol/L	140	139	0,22	0,2858
Potássio, mmol/L	4,0	4,1	0,04	0,2847
PCO ₂ *, mmHg	41,1	41,9	0,97	0,4842
HCO ₃ *, mmol/L	27,2	27,4	0,47	0,7503

* PCO₂= Pressão de gás carbônico; HCO₃= Bicarbonato.

Não foram encontrados estudos que avaliaram a gasometria sanguínea em função da condição sexual de bovinos confinados.

A gasometria sanguínea pode explicar diferenças no balanço eletrolítico do sangue a partir da alimentação ou da condição sexual dos animais. No entanto, o cloro foi a única variável sanguínea alterada nesse estudo, o que pode ser interpretado como um achado sanguíneo ao invés de uma alteração significativa na gasometria sanguínea. A alteração dessa característica não tem uma implicação representativa dentro de um todo quando não há alteração do sódio e potássio, que assim como o cloro são elementos responsáveis pelo balanço eletrolítico sanguíneo, os quais, juntamente com o HCO₃, são responsáveis pela manutenção do pH sanguíneo. O desbalanceamento destes eletrólitos pode levar a uma alcalose (pH alto) ou acidose (pH baixo) que pode interferir negativamente no desempenho do animal, o que aparentemente não ocorreu neste estudo, pois o pH sanguíneo foi considerado normal e não foi afetado pela condição sexual.

Animais imunocastrados apresentaram maior concentração sérica nas principais variáveis relacionadas ao metabolismo e deposição de gordura (Tabela 4), tais como HDL (P<0.0001), TRIG (P<0.0001), COL (P<0.0001) e, principalmente, AGNE (P=0.0116), no entanto, não houve diferença na concentração de GLI (P=0,1489).

Tabela 4 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr > F$) das variáveis sanguíneas em função da condição sexual dos animais.

Características	Condição sexual		EPM	Pr > F
	Imunocastrado	Não-Castrado		
Ureia, mg/dL	42,0	42,2	0,57	0,8698
Creatinina, mg/dl	1,6	1,7	0,02	0,0551
Proteína total, g/dL	7,0	7,0	0,02	0,4154
Albumina, mg/dL	3,3	3,2	0,02	<0,0001
Creatinoquinase, U/L	214,3	293,4	20,41	0,0071
Beta-hidroxibutirato, mmol/L	2,2	2,3	0,08	0,5322
Ácidos graxos não-esterificados, mmol/L	0,32	0,27	0,02	0,0106
Lipoproteína de alta densidade (HDL), mg/dL	2,1	1,8	0,03	<0,0001
Triglicerídeos, mg/dL	24,0	20,4	0,62	<0,0001
Glicose, mg/dL	83,0	80,3	1,34	0,1489
Colesterol, mg/dL	187,3	164,7	2,93	<0,0001

Neste estudo, o aumento do AGNE nos animais imunocastrados indicou que não houve uma mobilidade do tecido adiposo a fim de fornecer um suporte energético para deposição muscular, e sim uma diminuição da deposição muscular nos animais não-castrados, que na fase de terminação tendem a depositar mais gordura do que músculo. Portanto, há uma menor mobilização do tecido adiposo para suporte energético seguido de uma maior mobilização para deposição de gordura, o que, consequentemente, diminui a concentração sérica de AGNE. Por esse motivo, o perfil bioquímico mostrou uma maior deposição de gordura nos animais imunocastrados quando comparados aos animais não-castrados a partir do aumento nas concentrações de HDL, TRIG e COL, as quais são fontes energéticas que, não havendo a necessidade de utilização pelo organismo, são armazenadas na forma de tecido adiposo. Esses resultados mostraram que o aumento do AGNE nos animais imunocastrados não pode ter sido ocasionado por uma resposta do aumento da deposição muscular nesses animais quando comparados aos animais não-castrados.

Os animais imunocastrados apresentaram maior concentração sérica de ALB ($P < 0,0001$) quando comparados aos animais não-castrados, o que poderia indicar uma maior deposição muscular nos animais imunocastrados. No entanto, provavelmente este maior valor é resultado da maior concentração sérica de AGNE nesses animais, pois o AGNE é carregado na corrente sanguínea através dessa proteína carreadora.

Por outro lado, a imunocastração tem sido relacionada à menor deposição muscular (Walker et al., 2010; Roça et al., 2011a), o que não foi observado a partir do perfil bioquímico, uma vez que era esperado um aumento na concentração de CREA, PT e, principalmente, ureia nos animais imunocastrados quando comparado aos animais não-castrados.

Assim como neste estudo, Walker et al. (2010) não encontraram diferença da condição sexual sobre a concentração de ureia. Walker et al. (2007) observaram uma menor concentração de ureia nos novilhos quando comparado com as novilhas, relacionando esse resultado à maior deposição muscular nos novilhos, seguido de um aumento na retenção de nitrogênio, fatores que diminuem a produção de ureia.

Apesar de não ter havido diferença da condição sexual sobre a concentração de ureia, o que indica uma síntese proteica semelhante entre as condições sexuais, a concentração sérica de CK foi maior nos animais não-castrados do que nos imunocastrados ($P = 0,0071$; 293 vs. 214, respectivamente), indicando um aumento do metabolismo muscular acima da capacidade metabólica do tecido muscular.

4.1.4 Comportamento ingestivo

Não houve efeito da condição sexual para nenhuma das características de comportamento ingestivo avaliadas, bem como não houve interação entre condição sexual e tempo da análise (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade (Pr>F) das características do comportamento ingestivo em função da condição sexual dos animais.

Características	Condição sexual		EPM	Pr > F
	Imunocastrado	Não-castrado		
Alimentação, min/dia	144	142	3,94	0,6619
Ingestão de água, min/dia	15	13	1,23	0,0791
Ócio em pé, min/dia	258	258	12,9	0,9997
Ócio deitado, min/dia	737	746	16,42	0,6301
Ócio total, min/dia	995	1004	13,70	0,5668
Ruminação em pé, min/dia	37	36	3,10	0,8297
Ruminação deitado, min/dia	108	106	7,55	0,8450
Ruminação total, min/dia	144	142	8,23	0,7701
Interação, min/dia	112	113	7,00	0,8400
Total mastigação, min/dia	319	310	11,00	0,4856
Refeição, n°/dia	6,9	6,9	0,23	0,9302
Tempo por refeição, min	22,0	22,1	0,50	0,7824
Eficiência de alimentação, kg MS/dia	0,07	0,08	0,003	0,6703
Eficiência de ruminação, kg MS/dia	0,07	0,08	0,005	0,2008

Durante todo o período de comportamento ingestivo avaliado, os animais gastaram um tempo médio no cocho similar ao observado por Schwartzkopf-Genswein et al. (2004) tanto para tempo de alimentação quanto para a frequência de visita ao cocho (161 min/d e 10 visitas/d, respectivamente). De acordo com Price et al. (2003), o tempo gasto com ruminação pode ser alterado tanto pelas características das dietas, como palatabilidade, textura, aparência visual, quanto pelos fatores relacionados aos animais, como estado emocional e aprendizado. No entanto, todos os animais deste estudo receberam a mesma dieta base, com exceção dos diferentes tipos de β AA, e sofreram semelhantes desafios externos durante o período de confinamento.

Bonneau e Enright (1995) avaliaram o comportamento dos animais que receberam duas doses de imunocastração, bem como dos que não receberam a

vacina, quanto à quantidade de lutas por dominância dentro de 4 horas consecutivas, e observaram que os animais não-castrados entraram em duelo por 70 vezes durante esse tempo contra somente 6 confrontos dos animais imunocastrados. Price et al. (2003) afirmaram que o período onde há maiores comportamentos agressivos nos bovinos é, aproximadamente, aos 16 meses, muito próximo à média de 20 meses dos animais em estudo nesse experimento, o que poderia ter afetado o comportamento ingestivo desses animais.

A imunocastração, de uma forma geral, diminui o estresse do animal (DUNSHEA et al., 2005), o que poderia alterar algumas atividades alimentares, de ruminação e de ócio. Porém, as atividades alimentares como tempo de alimentação, número de visitas ao cocho, ruminação, ócio e mastigação não foram diferentes entre as condições sexuais.

Segundo Jannet et al. (2012), as atividades físicas realizadas por animais imunocastrados sempre foram menores do que as atividades físicas realizadas por animais não-castrados durante 106 dias após o ação da vacina de imunocastração. Esses resultados são contraditórios aos observados neste estudo, pois não foi encontrada diferença sobre o ócio dos animais.

De acordo com Schwartzkopf-Genswein et al. (2003), o aumento do tempo de alimentação tem sido relacionado com aumentos no GMD e na IMS. Os mesmos autores identificaram uma correlação positiva entre o tempo gasto no cocho e o GMD, o que sugere que os animais com maiores taxas de crescimento provavelmente têm maiores taxas alimentares. Este estudo não apresentou nenhuma alteração nas taxas alimentares quando comparados animais imunocastrados e não-castrados, portanto, esses resultados se complementam, uma vez que também não houve diferença para IMS no período avaliado.

4.1.5 Dados de carcaça ao abate

Animais imunocastrados apresentaram maior peso ($P=0,0484$) e percentagem ($P<0,0001$) de GRPI e menores pesos de fígado ($P=0,0140$) e coração ($P=0,0016$) que os animais não-castrados (Tabela 6). Resultados que podem ser explicados pela menor ação da testosterona nos animais imunocastrados no desenvolvimento dessas vísceras, pois depositam menos músculo e mais gordura - tanto no acabamento da carcaça como nas vísceras. Portanto, os animais imunocastrados

apresentaram maior deposição e gordura nas carcaças, porém carcaças mais leves do que os animais não-castrados, pois a maior taxa muscular deste grupo de animais confere maior peso à carcaça.

Tabela 6 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr > F$) dos componentes não-carcaça em função da condição sexual dos animais.

Características	Condição sexual		EPM	Pr > F
	Imunocastrado	Não-Castrado		
Gordura renal, pélvica e inguinal, kg	5,5	5,1	0,16	0,0484
Gordura renal, pélvica e inguinal, % PCF	3,7	3,2	0,09	<0,0001
Peso fígado, kg	6,1	6,5	0,13	0,0140
Peso coração, kg	1,5	1,6	0,03	0,0016

PCF= Peso de carcaça fria.

Os resultados obtidos para essas características foram semelhantes aos observados por Ribeiro et al. (2004) e Amatayakul-Chantler et al. (2012), que encontraram maior porcentagem de gordura na carcaça nos animais imunocastrados em relação aos não-castrados e aos castrados cirurgicamente. Adams et al. (1993) afirmaram que a redução da testosterona tem grande importância econômica, pois carcaças com baixo grau de acabamento são menos vendáveis do que carcaças com alto grau de acabamento, principalmente no setor industrial americano que paga por acabamento de carcaça. Essa realidade é diferente do Brasil, pois os frigoríficos, em geral, pagam por peso de carcaça, no entanto, o modo de compra dos frigoríficos brasileiros têm sofrido alterações, pois a indústria têm punido financeiramente carcaças que apresentem EGS inferior a 3 mm, devido à perda de qualidade durante o processo de resfriamento da carcaça.

Animais não-castrados apresentaram maior pH inicial e final e maiores PCQ e PCF em relação aos imunocastrados (Tabela 7). Porém, não houve diferença nos RCQ ou RCF e houve uma tendência de maiores PR ($P=0,0975$) nos animais não-castrados.

Tabela 7 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr > F$) das características de carcaça avaliadas no abate em função da condição sexual dos animais.

Característica	Condição sexual		EPM	Pr > F
	Imunocastrado	Não-Castrado		
pH 1 hora	6,6	6,9	0,04	<0,0001
pH 24 horas	5,5	5,8	0,04	0,0001
Temperatura 1 hora	32,7	32,5	0,54	0,7199
Temperatura 24 horas	2,0	1,8	0,18	0,5303
Peso de carcaça quente, kg	304	323	3,77	0,0006
Peso de carcaça fria, kg	299	316	3,78	0,0024
Rendimento de carcaça quente, %	58,4	58,7	0,21	0,5407
Rendimento de carcaça fria, %	57,4	57,3	0,22	0,9435
Perdas por resfriamento, %	1,8	2,1	0,13	0,0975

Os animais imunocastrados apresentaram menores valores de pH1 e pH24 do que os animais não-castrados ($P \leq 0,0001$), diferença que pode ser explicada pelo menor estresse pré-abate nos animais imunocastrados, os quais conseguem manter uma reserva adequada de glicogênio que será transformado em ácido lático diminuindo o pH muscular. Sabe-se que a concentração de ácido lático e os valores de pH muscular são inversamente relacionados (GEESINK; BEKHIT; BICKERSTAFFE, 2000). Os resultados obtidos neste estudo são opostos aos de Amatayakul-Chantler et al. (2012), que não encontraram diferença no pH24 quando compararam animais não-castrados e imunocastrados. Por outro lado, Andreo et al. (2013) encontraram o pH24 de 5,68 para animais não-castrados e 5,52 para animais imunocastrados.

Os animais não-castrados apresentaram maiores PCQ ($P=0,0006$) e PCF ($P=0,0024$) do que animais imunocastrados, porém, sem diferença no RCQ e RCF (Tabela 7). No entanto, Andreo et al. (2013) encontraram um aumento expressivo proporcionado pelos animais não-castrados em comparação aos animais imunocastrados, tanto no PCQ (7%) quanto no RCQ (3%). Ao contrário do estudo de Adams e Adams (1992), que não encontraram diferença sobre estas características.

Cook et al. (2000) encontraram um maior PCQ em animais não-castrados em comparação aos animais imunocastrados (352 kg vs. 328 kg; respectivamente),

mesmo sem diferença no PVF, o que pode ser explicado pelo fato de que animais imunocastrados depositam mais gordura abdominal do que animais não-castrados, no entanto, como essa gordura é retirada durante a evisceração e, portanto, não faz parte do PCQ, os animais não-castrados tendem a apresentar maiores PCQ e RCQ.

Ribeiro et al. (2004) encontraram maior PCQ nos animais não-castrados quando comparados aos animais imunocastrados (262 kg vs. 248 kg, respectivamente). No entanto, não houve diferença no RCQ (50,8 vs. 51,2; respectivamente).

Pacheco et al. (2005) afirmaram que a EGS tem correlação negativa média com as PR na carcaça, característica de importância financeira para a indústria, pois tem relação direta com o PCQ pago ao produtor. O grau de acabamento da carcaça, determinado pela EGS, funciona como um isolante térmico, portanto, quanto maior a EGS menor será a desidratação da carcaça, ou seja, menores serão as perdas durante o resfriamento da carcaça (FREITAS et al., 2008). Os mesmos autores reportaram maior EGS nos animais castrados quando comparados aos animais não-castrados, porém, sem diferença sobre a PR. Resultado semelhante ao encontrado neste estudo, no qual foi observada maior EGS nos animais imunocastrados do que nos animais não-castrados (4,5 mm vs. 4,0 mm; respectivamente), além de maior AOL nos animais não-castrados do que nos animais imunocastrados (79,4 cm² vs. 76,3 cm²; respectivamente), porém sem efeito sobre a PR (1,8% vs. 2,1%; $P=0,0975$, respectivamente).

4.2 Beta-agonistas adrenérgicos

4.2.1 Desempenho

Não houve diferença entre os tratamentos no peso inicial e final dos animais (Tabela 8). Por outro lado, os animais alimentados com ZIL tiveram maior GMD ($P=0,0002$) e EA ($P<0,0001$) quando comparados aos animais dos tratamentos CON e RAC. Com relação aos tratamentos CON e RAC foram observadas uma maior EA ($P<0,0001$) para os animais que receberam RAC, porém sem diferença quanto às demais características de desempenho. Houve uma tendência de menor IMS, em % do PV, para os animais que consumiram β AA, principalmente entre os tratamentos CON e ZIL.

Tabela 8 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr > F$) das características de desempenho em função dos tratamentos.

Características	Tratamento			EPM	Pr > F
	Controle	Ractopamina	Zilpaterol		
Peso 70 dias, kg	503	502	499	6,08	0,8905
Peso 101 dias, kg	530	536	541	7,15	0,5366
Ganho médio diário, kg/dia	0,89 ^b	1,11 ^b	1,39 ^a	0,08	0,0002
Ingestão de matéria seca, kg MS/dia	9,5	9,0	8,7	0,33	0,2033
Eficiência alimentar, g GMD*/ kg MS*	93,6 ^c	121,9 ^b	155,8 ^a	9,00	<0,0001
Ingestão de matéria seca, % PV*	1,9 ^a	1,8 ^{ab}	1,7 ^b	0,06	0,0876

^{a,b,c} Letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste T ($P < 0,05$).

* GMD= Ganho médio diário; MS= matéria seca; PV= Peso vivo.

Os β AA agem diretamente nos receptores β -adrenérgicos, β -1 e β -2, e são responsáveis por promover uma maior síntese e uma menor degradação muscular, as quais conferem o aumento da massa muscular (AVENDAÑO-REYES et al., 2006; DUNSHEA et al., 2005). A principal diferença entre o ZIL e a RAC é o receptor em que agem, pois o ZIL é específico para β -2 enquanto a RAC age predominantemente nos receptores β -1 e minimamente nos receptores β -2, que são mais abundantes nos músculos e possuem maior ação celular (LOPEZ-CARLOS et al., 2011; MOODY; HANCOCK; ANDERSON, 2000), o que justifica os animais alimentados com ZIL apresentarem maior GMD ($P=0.0002$) e EA ($P<0.0001$) quando comparados aos animais RAC e CON.

Os resultados obtidos nesse experimento foram similares aos de Arp et al. (2014), em que o ZIL aumentou 38% e 13% o GMD e 35% e 14% a EA em relação ao CON e RAC, respectivamente. Por outro lado, Bryant et al. (2010) não encontraram diferença no PVF de bovinos suplementados com RAC. Entretanto, no estudo de Avendaño et al. (2006), os animais ZIL foram abatidos com pesos mais elevados 21 kg e 11 kg quando comparados aos animais CON e RAC, respectivamente. Beckett et al. (2009), Boler et al. (2012) e McEvers et al. (2014) também reportaram que os animais alimentados com β AA foram abatidos significativamente mais pesados que os animais CON.

De acordo com Moody et al. (2000), o aumento do GMD e da EA são geralmente esperados quando os β AA são incluídos na dieta animal, entretanto,

variações nas respostas quanto à administração de β AA são comuns na literatura. Aumento no GMD e na EA tem sido relatados em bovinos alimentados com ZIL (ARP et al., 2014; BECKETT et al., 2009; McEVERS et al., 2014; MONTGOMERY et al., 2009) e alimentados com RAC (ABNEY et al., 2007; ARP et al., 2014; BOLER et al., 2012; STRYDOM et al., 2009; WINTERHOLLER et al., 2008). No entanto, Quinn et al. (2008) não encontraram diferença na suplementação com RAC sobre o GMD, bem como Strydom et al. (2009) não encontraram efeito do ZIL sobre o GMD.

Assim como neste estudo, Boler et al. (2012), Quinn et al. (2008) e Vasconcelos et al. (2008) não encontraram efeito dos β AA sobre a IMS. Entretanto, em outros estudos a IMS diminuiu (AVENDAÑO et al., 2006; BECKETT et al., 2009; McEVERS et al. 2014; STRYDOM et al., 2009) ou aumentou (ABNEY et al., 2007; MONTGOMERY et al., 2009) com a utilização de β AA, mudanças nas quais podem estar associadas a fatores externos e internos, que modificam o comportamento alimentar do animal (BEERMANN, 2002).

4.2.2 Características de carcaça avaliadas por ultrassonografia

Não houve interação tempo x tratamentos para a AOL nos dias 0 e 13 (Figura 11), o que pôde ser esperado devido ao tempo de resposta necessário para a modulação dos neurotransmissores responsáveis pelo metabolismo proteico e lipídico. No entanto, no dia 30 os animais do tratamento ZIL apresentaram maior AOL que os animais CON ($P=0,0001$) e RAC ($P=0,0011$), que não apresentaram diferença entre si ($P=0,5126$).

Os animais suplementados com ZIL apresentaram menores valores de EGS ($P=0,0166$; Figura 12) do que animais RAC e CON. Efeito semelhante foi observado para a EGP, sendo que animais tratados com ZIL apresentaram menor EGP que os demais tratamentos ($P<0,0001$; Figura 12). Não houve interação entre tempo e tratamento para EGS e EGP.

Figura 11 - Área de olho de lombo, avaliada por ultrassom, em função dos tratamentos e tempos de confinamento na Fase 2.

Figura 12 - Espessura de gordura subcutânea (EGS) medida entre a 12ª e 13ª costelas ou na picanha (EGP), avaliadas por ultrassonografia, em função dos tratamentos.

O desenvolvimento muscular dos animais tratados com β AA ocorre devido ao aumento da síntese e/ou diminuição da degradação proteica (DUNSHEA et al., 2005), que é realizado através do aumento da taxa de síntese de α -actina, bem como pelo aumento da atividade inibitória da calpastatina sobre as calpaínas

(DOUMIT; KOOHMARAIE, 1999). Como efeito ao aumento do desenvolvimento muscular, há um redirecionamento energético para essa atividade (STRYDOM et al., 2009), o que promove uma maior lipólise e uma menor lipogênese, diminuindo o tecido adiposo de animais suplementados com β AA (DUNSHEA et al., 2005; MERSMANN, 1998). Esse fato foi observado nesse estudo, no qual os animais suplementados com ZIL apresentaram maior deposição muscular e menor deposição de gordura comparado aos tratamentos CON e RAC.

Avendaño-Reyes et al. (2006) reportaram aumento de 13% na AOL e diminuição de 18% na EGS de animais suplementados com ZIL quando comparados aos animais CON, além de não encontrarem diferença da RAC sobre o CON. Resultados semelhantes foram observados neste estudo, no qual a AOL dos animais que receberam ZIL foi 6% e 8% maior, a EGS e a EGP foram 6% e 21% e 22% e 24% menor, respectivamente, em comparação aos animais dos tratamentos RAC e CON. Winterholler et al. (2008) não encontraram diferença na AOL e EGS ao compararem animais não suplementados e suplementados com RAC.

Hilton et al. (2008) e McEvers et al. (2014) reportaram resultados semelhantes, tanto para os maiores valores de AOL para animais ZIL em relação aos CON, quanto para um aumento significativo na EGS e EGP dos animais CON em relação aos ZIL. Resultados parecidos aos de Arp et al. (2014), que encontraram um aumento na AOL para o tratamento ZIL em relação ao CON e a RAC, no entanto, a EGS foi semelhante entre todos tratamentos.

Comparando-se os dois β AA para estas características, os animais do tratamento ZIL tenderam a ter maior AOL ($P=0,0947$), semelhante EGS ($P=0,2215$) e menor EGP ($P<0,0001$) comparado aos animais RAC, assim como nos estudo de Strydom et al. (2009). Avendaño-Reyes et al. (2006) notaram melhores resultados do ZIL para aumento da porção muscular, bem como redução da porção adiposa. No entanto, estes autores não encontraram diferença dos animais suplementados com ZIL sobre os animais suplementados com RAC para essas características avaliadas.

4.2.3 Perfil sanguíneo

Não houve diferença dos tratamentos sobre a gasometria gasosa, exceto para o sódio, que mostrou uma tendência de ser maior nos animais CON do que nos animais alimentados com β AA (Tabela 9).

Tabela 9 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr > F$) das características de carcaça avaliadas no abate em função dos tratamentos.

Características	Tratamentos			EPM	Pr > F
	Controle	Ractopamina	Zilpaterol		
pH	7,4	7,4	7,5	0,03	0,3656
Cloro, mmol/L	102	102	102	0,28	0,8449
Sódio, mmol/L	140	139	139	0,24	0,0633
Potássio, mmol/L	4,0	4,0	4,1	0,01	0,4060
PCO ₂ *, mmHg	39,9	43	41,5	0,91	0,0966
HCO ₃ *, mmol/L	26,9	27,4	27,7	0,43	0,4887

* PCO₂= Pressão de gás carbônico; HCO₃= Bicarbonato.

Uma tendência de aumento na concentração de sódio nos animais CON não tem uma implicação representativa dentro de um todo quando não há alteração do cloro, elementos responsáveis pelo balanço eletrolítico sanguíneo, os quais, juntamente com o HCO₃ são responsáveis pela manutenção do pH sanguíneo. O pH sanguíneo não sofreu alteração a partir dos tratamentos oferecidos, pois os elementos que o regulam estão em equilíbrio. O desbalanceamento destes eletrólitos pode levar a uma alcalose (pH alto) ou acidose (pH baixo) que pode interferir negativamente no desempenho do animal, o que não pôde ser observado nesse estudo, pois o pH sanguíneo está normal e não diferiu entre os tratamentos.

Abney et al. (2007) estudaram o efeito da RAC sobre a gasometria sanguínea e não observaram nenhuma diferença do suplemento sobre o grupo CON, portanto, concluíram que a RAC não tem efeito sobre o balanço eletrolítico do sangue de bovinos de corte em confinamento.

Não houve efeito dos β AA sobre as variáveis sanguíneas relacionadas ao metabolismo de gordura (Tabela 10).

Tabela 10 - Médias, erro padrão da média (EPM), probabilidade (Pr>F) das variáveis sanguíneas em função dos tratamentos.

Características	Tratamento			EPM	Pr > F
	Controle	Ractopamina	Zilpaterol		
Ureia, mg/dL	42,4 ^b	43,4 ^a	40,5 ^c	0,70	0,0099
Creatinina, mg/dl	1,6 ^b	1,6 ^b	1,8 ^a	0,03	<0,0001
Proteína total, g/dL	7,0 ^a	7,1 ^a	6,9 ^b	0,05	0,0188
Albumina, mg/dL	3,3	3,3	3,2	0,03	0,8030
Creatinoquinase, U/L	185,8 ^b	225,1 ^b	349,1 ^a	22,8	<0,0001
Beta-hidroxibutirato, mmol/L	2,1 ^b	2,4 ^a	2,3 ^{ab}	0,08	0,0255
Ácidos graxos não-esterificados, mmol/L	0,31	0,30	0,27	0,02	0,2316
Lipoproteína de alta densidade (HDL), mg/dL	1,9	2,0	2,0	0,03	0,3611
Triglicerídeos, mg/dL	21,0	22,5	23,1	0,77	0,1315
Glicose, mg/dL	85,4 ^a	81,9 ^{ab}	77,6 ^b	1,48	0,0036
Colesterol, mg/dL	171,1	175,6	181,4	3,27	0,1351

^{a,b,c} Letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste T (P<0,05).

No entanto, houve diferença sobre a concentração sérica das principais variáveis relacionadas à deposição muscular, como a uréia (P=0,0099), creatinina (P<0,0001) e creatinoquinase (P<0,0001), além de menor concentração de glicose (P=0,0036).

Os animais alimentados com RAC tiveram maiores concentrações de ureia do que animais alimentados com CON e ZIL (44 x 42 x 41, respectivamente), o que não era esperado devido aos β AA aumentarem a deposição magra. Portanto, a concentração de ureia nos animais suplementados deveria ser menor do que nos animais CON, já que há maior produção proteica para deposição muscular. De acordo com os dados de desempenho (Tabela 8), a RAC foi similar ao CON em todas as características avaliadas, o que também pode ser visto no perfil sanguíneo, já que a concentração de URE e CK do grupo RAC também foi similar ao grupo CON. Os animais suplementados com ZIL tiveram maiores índices de desempenho do que ambos os grupos comparados, portanto os animais deste tratamento também apresentaram menor concentração de ureia do que ambos. Bryant et al. (2010)

encontraram menor concentração de ureia em animais confinados alimentados com RAC do que em animais CON.

Brake, Titgemeyer e Jones (2011) observaram maior retenção de nitrogênio nos animais alimentados com ZIL do que animais CON e afirmaram que a retenção de nitrogênio e a produção de ureia são inversamente proporcionais em animais alimentados com β AA, ou seja, quanto maior a retenção de nitrogênio menor será a produção de ureia. Da mesma forma, Walker et al. (2010) encontraram maior retenção de nitrogênio em animais alimentados com RAC do que animais CON. Brikas (1989) sugeriu que os β AA atuam nos β -receptores no trato gastrointestinal e diminuem a sua motilidade e, de acordo com Walker et al. (2007), eles aumentam o tempo de retenção da digesta e consequentemente a retenção de nitrogênio.

Outra variável sanguínea que indica alterações no metabolismo proteico é a glicose, cuja concentração pode ter diminuído nos animais suplementados com ZIL e RAC, comparado aos animais controle (78 vs. 82 vs. 86 mg/dL, respectivamente), devido à maior demanda energética proporcionada pelo aumento da deposição muscular nestes animais. No entanto, a necessidade energética para deposição muscular, aparentemente, não foi crítica a ponto de mobilizar as reservas lipídicas, pois não houve diferença no AGNE, característica que mostra a mobilidade do tecido adiposo para aporte energético sanguíneo, bem como na concentração de ALB, principal enzima carreadora do AGNE.

A CK é uma enzima que desempenha importante papel na geração de energia para o metabolismo muscular, porém, quando há estímulos que promovem um metabolismo maior do que a capacidade metabólica do tecido muscular, tais como os β AA, há uma permeabilidade da membrana celular que permite a passagem da CK intracelular para a circulação sistêmica. O metabolismo muscular promovido pelo ZIL é superior ao metabolismo promovido por RAC e CON, como pôde ser visto neste e em vários outros experimentos estudados, nos quais o GMD e a AOL foram maiores com tal suplementação. Por esse motivo, a concentração sérica de CK foi maior para ZIL do que para RAC e CON ($P < 0,0001$; 349 vs. 225 vs. 186 U/L, respectivamente), o que indiretamente pode sugerir uma modificação na concentração sérica de CREA, pois quando há intensa liberação de CK, a partir do metabolismo muscular, também ocorre liberação de mioglobina, que é uma proteína liberada através de lesão muscular e tem ação nefrotóxica, o que pode levar a um

aumento na concentração de CREA ($P < 0,0001$; 1,8 vs. 1,6 vs. 1,6 mg/dL, respectivamente).

4.2.4 Comportamento ingestivo

Não foi observado efeito dos tratamentos sobre nenhuma variável de comportamento ingestivo (Tabela 11).

Marchant-Fordel et al. (2003) alimentaram 72 porcos com RAC durante 4 semanas antes do abate e observaram que esses animais ficaram mais alertas e passaram mais tempo no cocho do que animais do grupo controle. Os mesmos autores reportaram aumento na concentração de epinefrina e norepinefrina, hormônios liberados quando há uma reação de estresse no organismo.

Kanzler, Januario e Paschoalini (2011) testaram a hipótese que os receptores β_3 possam inibir o consumo alimentar e concluíram que a estimulação de uma resposta nos receptores β_3 através de um β AA causa uma profunda redução na alimentação quanto aplicados em ratos. No entanto, o ZIL e RAC são pouco efetivos nos receptores β_3 , pois sua ação se concentra principalmente nos receptores β_2 e β_1 , respectivamente, os quais não foram relacionados com qualquer atividade cerebral que induza uma redução no consumo alimentar.

Tabela 11 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade (Pr>F) de características sanguíneas em função dos tratamentos.

Características	Condição sexual			EPM	Pr > F
	Controle	Ractopamina	Zilpaterol		
Alimentação, min/dia	139	145	145	4,83	0,5517
Ingestão de água, min/dia	13	15	14	1,41	0,5811
Ócio em pé, min/dia	264	250	260	14,85	0,7218
Ócio deitado, min/dia	736	736	752	18,78	0,7224
Ócio total, min/dia	1000	986	1011	15,77	0,4062
Ruminação em pé, min/dia	37	39	33	3,56	0,3761
Ruminação deitado, min/dia	107	113	100	8,70	0,4300
Ruminação total, min/dia	145	151	133	9,45	0,2604
Interação, min/dia	118	113	106	8,05	0,4571
Total mastigação, min/dia	310	325	309	12,67	0,4761
Refeição, n°/dia	6,9	7,2	6,7	0,29	0,4803
Tempo por refeição, min	21,5	21,5	23,0	0,60	0,1311
Eficiência de alimentação, kg MS/dia	0,08	0,07	0,07	0,003	0,6703
Eficiência de ruminação, kg MS/dia	0,08	0,07	0,08	0,010	0,3640

Schwartzkopf-Genswein et al. (2003) identificaram uma correlação negativa entre o tempo gasto no cocho e GMD, o que sugere que os animais com maiores taxas de crescimento provavelmente têm maiores taxas alimentares. No entanto, os β AA não foram capazes de alterar o comportamento ingestivo, portanto, a diferença encontrada no desempenho entre os tratamentos (tabela 8) são relacionadas à ação endógena proporcionada pelos β AA nas células musculares e adiposas, sem qualquer relação sobre o comportamento ingestivo ou consumo alimentar, o que também é justificado pela não diferença encontrada na IMS.

4.2.5 Dados de carcaça ao abate

Com relação ao peso da GRPI foi observada uma menor quantidade de gordura em kg ($P=0,0014$) e em % PCF ($P<0,0001$) nos animais suplementados com

ZIL, quando comparados aos tratamentos RAC e CON, respectivamente, que por sua vez não diferiram entre si (Tabela 12). Animais dos tratamentos contendo β AA tenderam a ter menor peso do fígado ($P=0,0579$) em relação ao grupo CON. Não houve diferença no peso do coração entre os tratamentos.

Tabela 12 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr>F$) de componentes não-carcaça em função dos tratamentos.

Características	Tratamento			EPM	Pr > F
	Controle	Ractopamina	Zilpaterol		
Gordura renal, pélvica e inguinal, kg	5,7 ^a	5,4 ^a	4,7 ^b	0,19	0,0014
Gordura renal, pélvica e inguinal, % PCF*	3,8 ^a	3,5 ^a	3,0 ^b	0,11	<0,0001
Peso fígado, kg	6,6	6,1	6,2	0,16	0,0579
Peso coração, kg	1,6	1,5	1,5	0,04	0,6672

^{a,b} Letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste T ($P<0,05$).

* PCF= Peso de carcaça fria.

Os animais alimentados com ZIL depositaram menos GRPI do que os animais RAC e CON devido a menor lipogênese e maior lipólise promovida pelos β AA que, conseqüentemente, diminuem a porcentagem de gordura na carcaça. Estes resultados foram similares aos de Hilton et al. (2008), que encontraram valores 10% menores na GRPI dos animais alimentados com ZIL em comparação ao CON, porém conflitantes aos de Beckett et al. (2009) e Montgomery et al. (2009) usando ZIL, Schroeder et al. (2003) utilizando RAC, bem como aos de Strydom et al. (2009) usando ambos os β AA, os quais não encontraram diferença entre estes grupos alimentares para essa característica. De forma semelhante, Howard et al. (2014) relataram que o grupo de animais alimentados com ZIL obtiveram o menor percentual de gordura em relação ao grupo alimentado com a dieta CON, porém não houve diferença entre os animais dos grupos CON e RAC.

De acordo com Ramos e Silveira (2002), o anabolismo proteico promovido pelos β AA ocorre principalmente nos músculos esqueléticos, portanto, na musculatura lisa e estriada, como coração e fígado, há uma redução de proteína, o que pode reduzir o peso dessas vísceras quando comparadas a animais sem suplementação. Essa afirmação explica, em parte, a tendência dos animais

suplementados apresentarem menor peso do fígado que animais não suplementados, no entanto, não houve diferença no peso do coração.

Não houve efeito dos tratamentos sobre o pH e temperatura das carcaças, avaliados 1 ou 24h após o abate (Tabela 13). Da mesma forma, não foram observadas diferenças no PCF e na PR. Por outro lado, bovinos alimentados com ZIL apresentaram maiores RCQ e RCF, em comparação a RAC e CON, que por sua vez não foram diferentes entre si.

Tabela 13 - Médias, erro padrão da média (EPM) e probabilidade ($Pr > F$) das características de carcaça avaliadas no abate em função dos tratamentos.

Características	Tratamento			EPM	Pr > F
	Controle	Ractopamina	Zilpaterol		
pH 1 hora	6,7	6,8	6,7	0,05	0,8795
pH 24 horas	5,6	5,7	5,7	0,05	0,8105
Temperatura 1 hora	32,5	32,2	33,1	0,66	0,5968
Temperatura 24 horas	2,0	1,8	1,9	0,23	0,6963
Peso de carcaça quente, kg	308	313	320	4,63	0,1705
Peso de carcaça fria, kg	302	306	314	4,60	0,1584
Rendimento de carcaça quente, %	58,0 ^b	58,3 ^b	59,1 ^a	0,26	0,0136
Rendimento de carcaça fria, %	56,8 ^b	57,2 ^b	58,0 ^a	0,27	0,0052
Perdas por resfriamento, %	2,0	1,9	1,8	0,17	0,5456

^{a,b} Letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste T ($P < 0,05$).

Beckett et al. (2009) afirmaram que a suplementação dos animais com ZIL resultou em um pequeno aumento no GMD, mas um grande aumento no PCQ, indicando, assim, uma alta eficiência de transferir ganho de peso vivo para ganho na carcaça.

Os β AA não apresentaram diferença quanto ao PCQ e PCF em relação ao grupo CON, assim como no estudo de Hilton et al. (2008), porém apresentaram diferença significativa em relação aos rendimentos, RCQ ($P=0,0136$) e o RCF ($P=0,0052$), mostrando que os animais alimentados com ZIL tiveram maiores RC do

que os grupos alimentados com RAC e CON, pois o peso ao abate dos animais suplementados com ZIL foram determinados principalmente por uma alta porção muscular e baixa porção adiposa, enquanto que os animais suplementados com RAC e CON apresentaram maiores taxas de deposição adiposa, principalmente nas vísceras, porção que sofre perdas no processo de toalete da carcaça, portanto, provavelmente devido a essas perdas, os animais suplementados com RAC e CON tiveram menores RC.

Esses resultados são semelhantes aos de Beckett et al. (2009), McEvers et al. (2014), Montgomery et al. (2009) e Strydom et al. (2009), que descreveram que os animais suplementados com ZIL tiveram maior RC do que os não suplementados. Boler et al. (2002) e Quinn et al. (2008) reportaram que os animais suplementados com RAC apresentaram maiores RC do que os animais não suplementados, ao contrário de Winterholler et al. (2008), que não encontraram esta diferença. Avendaño et al. (2006) encontraram diferença no PCQ para ZIL (7%) e RAC (5%), bem como no RCQ em relação ao grupo CON (63% vs 62% vs 61%; respectivamente), além de não encontrarem diferença na PR, resultados semelhantes ao de Arp et al. (2014), no entanto, estes autores não encontraram diferença no RCQ entre RAC e CON.

5 CONCLUSÃO

Os animais não-castrados são mais eficientes quanto ao desempenho em confinamento, pois apresentam maiores ganhos diários de peso com o mesmo consumo alimentar dos animais imunocastrados, além de terem maiores área de olho de lombo e peso de carcaça.

A imunocastração promove maior acabamento de carcaça quando comparada a animais não-castrados. A técnica convencional de castração cirúrgica também apresenta o mesmo efeito, no entanto, a imunocastração confere maior bem-estar e sanidade ao animal quando comparado ao período pós-cirúrgico da castração convencional.

O cloridrato de zilpaterol promove maiores índices de ganho de peso e eficiência alimentar sem alterar o consumo nem o comportamento alimentar em animais suplementados na fase de terminação em confinamento, além de conferir maiores área de olho de lombo e rendimentos de carcaça, quando comparados aos animais suplementados com cloridrato de ractopamina e aos animais não suplementados.

Os animais suplementados com cloridrato de ractopamina e não suplementados não diferem entre si para as características avaliadas nesse estudo, no entanto, apresentam maiores taxas de deposição de gordura na carcaça do que animais suplementados com cloridrato de zilpaterol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Exportações brasileiras de carne bovina**. 2014. Disponível em: <http://www.abiec.org.br/41_exportacao_ano.asp>. Acesso em 21 de Outubro de 2014.

ABNEY, C. S. et al. Effects of ractopamine hydrochloride on performance, rate and variation in feed intake, and acid-base balance in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 3090-3098, 2007.

ADAMS, T. E.; ADAMS, B. M. Feedlot performance of steers and bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 1691-1698, 1992.

ADAMS, T. E. et al. Testis function and feedlot performance of bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone: effect of implants containing progesterone and estradiol benzoate. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 811-817, 1993.

AMATAYAKUL-CHANTLER, S. et al. Immunocastration of *Bos indicus* x Brown Swiss bulls in feedlot with gonadotropin-releasing hormone vaccine Bopriva provides improved performance and meat quality. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 3718-3728, 2012.

AMATAYAKUL-CHANTLER, S. et al. Effects on performance and carcass and meat quality attributes following immunocastration with the gonadotropin releasing factor vaccine Bopriva or surgical castration of *Bos indicus* bulls raised on pasture in Brazil. **Meat Science**, v. 95, p. 78-84, 2013.

ANDREO, N. et al. Influence of immunocastration (Bopriva[®]) in weight gain, carcass characteristics and meat quality of Nellore. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 2, p. 4121-4132, 2013.

ARNOLD, A. M.; PERALTA, J. M.; THONNEY, M. L. Effect of testosterone on differential muscle growth and on protein and nucleic acid concentrations in muscles of growing lambs. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1495–1503, 1997.

ARP, T. S. et al. Effect of dietary ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride supplementation on performance, carcass traits, and carcass cutability in beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 836-843, 2014.

AVENDAÑO-REYES, L. et al. Effect of two b-adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 3259-3265, 2006.

BAXA, T. J. et al. Additive effects of a steroidal implant and zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, carcass characteristics, and skeletal muscle messenger

ribonucleic acid abundance in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 330-337, 2010.

BECKETT, J. L. et al. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 4092-4100, 2009.

BEERMANN, D. H. et al. Cimaterol induced muscle hypertrophy and altered endocrine status in lambs. **Journal of Animal Science**, v. 65, p. 1514-1524, 1987.

BEERMANN, D. H. Beta-Adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. E18:E23, 2002.

BERGEN, W. G. et al. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 2255-2262, 1989.

BLAIR, E. L. Hormones and metabolism: a background. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 42, p. 103-111, 1983.

BLUM, J. W.; FLUECKIGER, N. Early metabolic and endocrine effects of perorally administered β -adrenoceptor agonist in calves. **European Journal of Pharmacology**, v. 151, p. 177-187, 1988.

BOLER, D. D. et al. Effect of ractopamine hydrochloride (Optaflexx) dose on live animal performance, carcass characteristics and tenderness in early weaned beef steers. **Meat Science**, v. 92, p. 458-463, 2012.

BONNEAU, M.; ENRIGHT, W. J. Immunocastration in cattle and pigs. **Livestock Production Science**, v. 42, p. 193-200, 1995.

BRAKE, D. W.; TITGEMEYER, E. C.; JONES, M. L. Effect of nitrogen supplementation and zilpaterol-HCl on urea kinetics in steers consuming corn-based diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 95, n. 4, p. 409-416, 2011.

BRASIL. Instrução Normativa 55/2011, de 1 de dezembro de 2011. Dispõe sobre a liberação dos beta-agonistas adrenérgicos. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Instrução Normativa 25/2012, de 8 de novembro de 2012. Dispõe sobre a liberação dos beta-agonistas adrenérgicos. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**, Brasília, DF, 2012.

BRIKAS, P. The adrenergic receptors in the controlo f reticulo-ruminal myoelectrical activity in sheep. **Journal of Veterinary Medicine**, v. 36, n. 6, p. 402-410, 1989.

BRYANT, T. C. et al. Effects of ractopamine and trenbolone acetate implants with or without estradiol on growth performance, carcass characteristics, adipogenic enzyme activity, and blood metabolites in feedlot steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 4102-4119, 2010.

BÜRGER, P. J. et al. Consumo e digestibilidade aparente total e parcial em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 206-214, 2000.

CLAUS, H. L. et al. Effects of supplementing feedlot steers and heifers with zilpaterol hydrochloride on Warner-Bratzler shear force interrelationships of steers and heifers *longissimus lumborum* and heifer triceps brachii and gluteus medius muscles aged for 7, 14 and 21 d. **Meat Science**, v. 85, p. 347-355, 2010.

COOK, R. B. et al. The effects of active immunization against GnRH on testicular development feedlot performance, and carcass characteristics of beef bulls. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2778-2783, 2000.

D'OCCHIO, M. J.; ASPDEN, W. J.; TRIGG, T. E. Sustained testicular atrophy in bulls actively immunized against GnRH: potential to control carcass characteristics. **Animal Reproduction Science**, v. 66, p. 47-58, 2001.

DOUMIT, M. E.; KOOHMARAIE, M. Immunoblot analysis calpastatin degradation: evidence for cleavage by calpain in postmortem muscle. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 1467-1473, 1999.

DUNSHEA, F. R. et al. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, v. 71, p. 8-38, 2005.

ELAN, N. A. et al. Effect of zilpaterol hydrochloride duration of feeding performance and carcass characteristics of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 2133-2144, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Statistical Databases FAOSTATS**. 2014. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>>. Acesso em 21 de Outubro de 2014.

FIEMS, L. O. Effect of beta-adrenergic agonists in animal production and their mode of action. **Annales de Zootechnie**, v. 36, n. 3, p. 271-290, 1987.

FOX, D.G.; BLACK, J.R. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, p. 725-739, 1984.

FREITAS, A. K. et al. Características de carcaças de bovinos Nelore inteiros vs castrados em duas idades, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1055-1062, 2008.

GEESINK, G. H.; BEKHIT, A. D.; BICKERSTAFFE, R. Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb longissimus muscle. **Meat Science**, v. 78, p. 2842 - 2848, 2000.

GONZALEZ, J. M. et al. Effects of ractopamine-hydrochloride on the fiber type distribution and shelf-life of six muscles of steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1764-1771, 2009.

HANKS, S.K.; HUNTER, T. Protein kinases 6, the eukaryotic protein kinase superfamily: kinase (catalytic) domain structure and classification. **The FASEB Journal**, v. 9, p. 576-596, 1995.

HILTON, G. G. et al. Effects of feeding Zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1394-1406, 2008.

HOWARD, S. T. et al. Effects of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride supplementation on carcass cutability of calf-fed Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 369-375, 2014.

JANNET, F. et al. Vaccination against gonadotropin-releasing factor (GnRF) with Bopriva significantly decreases testicular development, serum testosterone levels and physical activity in pubertal bulls. **Theriogenology**, v. 78, p. 182-188, 2012.

JOHNSON, B. J.; SMITH, S. B.; CHUNG, K. Y. Historical overview of the effect of β -adrenergic agonists on beef cattle production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 5, p. 757-766, 2014.

KANZLER, S. A.; JANUARIO, A. C.; PASCHOALINI, M. A. Involvement of β_3 -adrenergic receptors in the control of food intake in rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 44, n. 11, p. 1141-1147, 2011.

KELLERMEIER, J. D. et al. Effects of zilpaterol hydrochloride with or without an estrogen-trenbolone acetate terminal implant on carcass traits, retail cutout, tenderness, and muscle fiber diameter in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 87; p. 3702-3711, 2009.

KOOHMARAIE, M. et al. Meat tenderness and muscle growth: is there a relationship? **Meat Science**, v. 62, p. 345-352, 2002.

LEEB-LUNDBERG, L. M. F. et al. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 262, n. 7, p. 3098-3105, 1987.

LEHESKA, J. M. et al. Dietary zilpaterol hydrochloride. II. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1384-1393, 2009.

LOCKER, R. H.; HAGYARD, C. J. A cold shortening effect in beef muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 14, p. 787-793, 1963.

LOPEZ-CARLOS, M. A. et al. Effect of two beta-adrenergic agonist and feeding duration on feedlot performance and carcass characteristics of finish lambs. **Livestock Science**, v. 138, p. 251-258, 2011.

LOWE, B. K. et al. Effects of feeding ractopamine hydrochloride (Paylean) to physical and immunological castrates (Improve) in a commercial setting on carcass cutting yields and loin quality. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 3715-3726, 2014a.

LOWE, B. K. et al. Effects of feeding ractopamine hydrochloride (Paylean) to physical and immunological castrates (Improvast) in a commercial setting on growth performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 3727-3735, 2014b.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Chewing Activity, Saliva Production, and Ruminal pH of Primiparous and Multiparous Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 5, p. 1176-1182, 2002.

MARCHANT-FORDE, J. N. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 416-422, 2003.

McEVERS, T. J. et al. The effect of supplementing zilpaterol hydrochloride on feeding performance and carcass characteristics of steers sorted by leptin genotype. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 332-338, 2014.

MERSMANN, H. J. Overview of the effects of b-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 160-172, 1998.

MILLEN, D.D. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

MILLS, S. E.; SPURLOCK, M. E.; SMITH, D. J. β -adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamine stimulation of lipolysis. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 662-668, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Beta-agonistas**: plano nacional de controle de resíduos e contaminantes – PNCRC, do ministério da agricultura, pecuária e abastecimento – MAPA versus restrições comerciais de países importadores de carne bovina do Brasil. Brasília, DF, 2013.

MONTAÑO-BERMUDEZ, M.; NIELSEN, M.K.; DEUTSCHER, G.H. Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2278-2288, 1990.

MONTGOMERY, J. L. et al. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1374-1383, 2009.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: _____. **Farm Animal Metabolism and Nutrition**. J. P. F. D'Mello: New York, 2000, cap. 4, p. 65-96.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.

OLIVER, W. T. et al. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 81, 1959-1966, 2003.

PACHECO, P. A. et al. Características quantitativas de carcaça de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1666-1677, 2005.

PARR, S. L. et al. Biological responses of beef steers to steroidal implants and zilpaterol hydrochloride. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 3348-3363, 2014.

PFLANZER, S. B.; FELÍCIO, P. E. O que são e como funcionam os B-agonistas na produção de carne bovina. **Higiene Alimentar**, v. 26, p. 206-212, 2012.

PRESTON, R.L. Management of high concentrate diets in feedlot. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1998. p. 82-89.

PRICE, E. O. et al. Aggressive behavior is reduce in bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 411-415, 2003.

QUINN, M. L. et al. The effects of ractopamine-hydrogen chloride (Optaflexx) on performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 902-908, 2008.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: III – Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 97, p. 51-62, 2002.

RIBEIRO, E. L. A. et al. Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact *Bos indicus* bulls. **Meat Science**, v. 68 p. 285-290, 2004.

RICKS, C. A. et al. Use of β -agonist to alter fat and muscle deposition in steers. **Journal of Animal Science**, v. 59, p. 1247-1255, 1984.

ROÇA, R. O. et al. Imunocastração de bovinos criados em pasto: composição centesimal e propriedades sensoriais da carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 38., 2011, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: COMBRAVET, 2011a.

ROÇA, R. O. et al. Bopriva[®]: it is effect on meat and carcass quality in male cattle on pasture. In: International Congress of Meat Science and Technology, 57., 2011, Bélgica. **Resumos...** Bélgica: ICOMST, 2011b.

RUIZ, M. R. et al. Proximate chemical composition and fatty acid profile of *Longissimus thoracis* from pasture fed LHRH immunocastrated, castrated, and intact *Bos indicus* bulls. **South Africa Journal of Animal Science**, v. 35, n. 1, p. 13-18, 2005.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**.: guide of personal computers. Version 9.0. Cary, v. 1, 2002.

SCHROEDER, A. L. et al. The effect of Optaflexx on growth performance and carcass traits of heifers. In: Optaflexx Exchange, 2, 2003, Greenfield. **Anais...**, 2003. p. 1-8.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S. et al. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. E149-E158, 2003.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S. et al. Effect of feed delivery fluctuation and feeding time on ruminal acidosis, growth performance, and feeding behavior of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3357-3365, 2004.

SHOOK, J. N. et al. Effects of zilpaterol hydrochloride withdrawal time on beef carcass cutability, composition, and tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3677-3685, 2009.

SILLENCE, M. N.; MATTHEWS, M. L. Classical and atypical binding sites for β -adrenoceptor ligands and activation of adenylyl cyclase in bovine skeletal muscle and adipose tissue membranes. **British Journal of Pharmacology**, v. 111, p. 866-872, 1994.

STRYDOM, P. E. et al. The comparison of three B-agonists for growth performance, carcass characteristics and meat quality of feedlot cattle. **Meat Science**, v. 81, p. 557-564, 2009.

THOMPSON JR., D. L. Immunization against GnRH in male species (comparative aspects). **Animal Reproduction Science**, v. 60-61, p. 459-469, 2000.

VASCONCELOS, J. T. et al. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle performance and carcass traits. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2005-2015, 2008.

WALKER, D. K. et al. Effects of ractopamine and protein source on growth performance and carcass characteristics of feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 2795-2800, 2006.

WALKER, D. K. et al. Effects of steroidal implantation and ractopamine-HCl on nitrogen retention, blood metabolites and skeletal muscle gene expression in Holstein steers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 91, p. 439-447, 2007.

WALKER, D. K. et al. Effects of ractopamine and sex on serum metabolites and skeletal muscle gene expression in finishing steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 1349-1357, 2010.

WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Effects of the b-adrenergic agonist L644,969 on muscle protein turnover, endogenous proteinase activities, and meat tenderness in steers. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3035–3043, 1992.

WINTERHOLLER, S. J. et al. Effect of feedlot management system on response to ractopamine-HCL in yearling steers. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2401-2414, 2008.

WORRELL, M.A.; CLANTON, D.C.; CALKINS, C.R. Effect of weight at castration on steer performance on the feedlot. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 343-347, 1987.