

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

USO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL EM DIETAS PARA
BOVINOS NELORE CONFINADOS

ANDRÉ LUIS CONEGLIAN BRICHI

Dissertação apresentada ao programa de
pós graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
mestre.

BOTUCATU - SP

Novembro – 2014

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

**USO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL EM DIETAS PARA
BOVINOS NELORE CONFINADOS**

ANDRÉ LUIS CONEGLIAN BRICHI
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen

Dissertação apresentada ao programa de
pós graduação em Zootecnia como partes
das exigências para obtenção do título de
mestre.

BOTUCATU - SP
Novembro – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP -
FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B849u Brichi, André Luis Coneglian, 1988-
Uso de Cloridrato de Zilpaterol em dietas para bovinos
Nelore confinados / André Luis Coneglian Brichi. - Botuca-
tu : [s.n.], 2014
vii, 70 f. : tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu,
2014

Orientador: Mário de Beni Arrigoni

Coorientador: Danilo Domingues Millen

Inclui bibliografia

1. Agonistas adrenérgicos beta. 2. Nelore (Zebu) - Con-
finamento. 3. Bovino - Alimentação e rações. 4. Carne -
Qualidade. I. Arrigoni, Mário De Beni. II. Millen, Danilo
Domingues. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Lilian Coneglian Brichi e José Arlindo Brichi e a minha irmã, Gabriela Coneglian Brichi, pelo apoio, incentivo e confiança durante mais uma etapa de minha vida.

A minha noiva, Sarah Lúcia Queiroz de Moura, pelo apoio incondicional nos momentos mais conturbados, a quem terei eterna gratidão.

Sem vocês faltaria inspiração para tal conquista.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro, ao meu Bom e Eterno Pai do céu, por me conceder uma vida maravilhosa e excelente estrutura familiar que sempre me proporcionou educação, limites e oportunidades para chegar, estar e passar por essa importante fase de minha vida, meu grande obrigado Senhor.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni, pela confiança, amizade, ensinamentos e OPORTUNIDADE de desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Danilo Domingues Millen, pela amizade, ensinamentos, conselhos e ajuda dispensada durante todo esse processo de aprendizagem.

Profª Dra. Cyntia Ludovico Martins, pelos conselhos, incentivos, e ajuda indispensável para execução deste projeto.

Ao Dr. Rodrigo Silva Goulart, pelo apoio, incentivo e por todo esforço para realização do presente trabalho.

Aos funcionários e grandes amigos do confinamento, Sidney, Wilson, Cido, e Dinho, além de toda ajuda me acolheram permitindo um excelente ambiente de trabalho.

A Caroline Floret Costa, pela possibilidade de elaboração, planejamento e execução do projeto juntos.

Aos amigos de equipe de pós-graduandos, Alexandre Perdigão, Marco Aurélio Factori (Nhonho), Daniela Dutra Estevam, Vânia Fournou (Vapu) e a Profa. Dra. Janaína Conte Hadlich, os quais ajudaram e me auxiliaram durante a realização do trabalho.

Aos estagiários Philip Steichen, Gardênia Schimidt e em especial Símon Perez (Colômbia) pela ajuda e companheirismo durante o período experimental.

Aos alunos de graduação e em especial, Gabriel (Nanico), Ramon (Benegrip), Lucas (Fezes) e Marina (Rumenzim) pela disponibilidade e comprometimento junto com o trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal em especial Carlão, Renato e Cilene, pela atenção, ajuda e serviços prestados.

Aos funcionários da Pós Graduação Seila e Carlos pela ajuda e serviços prestados.

Aos Coordenadores do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da UNESP Botucatu pela oportunidade de poder receber esse título.

A empresa MSD Saúde Animal, pelo apoio, comprometimento e sua parceria para conosco.

A indústria JBS, por nos conceder a possibilidade de realizar um excelente trabalho durante a coleta de dados.

A usina São Manuel, pela doação do bagaço de cana de açúcar.

A Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, campus de Botucatu, pela oportunidade de realizar o meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva (USP - FZEA Departamento de Zootecnia) e aos seus orientados, por disponibilizar apoio e seus laboratórios para realização de análises.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida, vigência 08/2012 a 05/2013.

A Fundação Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa (2013/04593-6) concedida, vigência de 06/2013 a 07/2014 e recursos oferecidos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	08
2. INTRODUÇÃO GERAL	09
3. BETA AGONISTAS E SEU MECANISMO DE AÇÃO	10
4. EFEITOS NOS TECIDOS MUSCULAR E ADIPOSEO.....	13
5. DESEMPENHO PRODUTIVO	16
6. CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DE CARNE	17
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

CAPÍTULO 2

USO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL EM DIETAS PARA BONIVOS NELORE CONFINADOS

RESUMO	33
ABSTRACT	34
1 INTRODUÇÃO.....	35
2 MATERIAL E MÉTODOS	36
3 RESULTADOS	45
4 DISCUSSÃO.....	53
5 CONCLUSÕES.....	60
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

CAPÍTULO 3

IMPLICAÇÕES.....	70
------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores reportados anteriormente para força de cisalhamento pelo Warner Bratzler (Kg).....	21
Tabela 2. Composição e conteúdo nutricional das dietas totais oferecidas aos animais durante o experimento.....	38
Tabela 3. Desempenho de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol ..	45
Tabela 4 Características de carcaça de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol.....	46
Tabela 5 Comportamento ingestivo e seletividade dos ingredientes da dieta de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol..	49
Tabela 6. Rendimento de cortes comerciais de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol.....	50
Tabela 7. Força de cisalhamento, perdas por cocção e coloração da carne de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol...	51
Tabela 8. Painel sensorial em três tempos de maturação da carne de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol	52

CAPÍTULO 1

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo e alguns anos veem se estabilizando, como ocorreu com Estados Unidos, Canadá e Austrália, países de elevada produtividade. Isso significa que a rentabilidade do sistema passa a ter maior dependência de modelos tecnológicos eficientes do que simplesmente pensamentos quantitativos e empíricos.

No atual momento de intensificação dos sistemas de produção de bovinos de corte, é preciso cada vez mais efetuar ajustes para explorar ao máximo a eficiência dos animais sem prejudicar a qualidade do produto final. Neste contexto, as diferenças da curva de crescimento de animais castrados e não castrados são notáveis em animais da raça Nelore, o que evidencia as diferenças na eficiência alimentar e qualidade de carcaça entre as duas categorias.

As pesquisas com uso de Cloridrato de Zilpaterol em animais taurinos, castrados e implantados nos Estados Unidos, mostram o grande potencial desse aditivo alimentar sobre o desempenho, a sustentabilidade e a rentabilidade econômica de confinamentos comerciais. Até o momento pouco se sabe sobre a ação de Cloridrato de Zilpaterol em dietas para animais Nelore.

A castração pode melhorar características qualitativas da carne, entretanto apresenta redução sobre o desempenho e peso de carcaça. Neste contexto, a adição de um aditivo alimentar capaz de mobilizar maior ganho de carcaça em curto período, pode ser uma grande alternativa para essa categoria.

Logo, se torna necessário estudar a ação desta tecnologia em animais *Bos indicus* castrados, bem como em animais não castrados (realidade predominante nos confinamentos brasileiros) para avaliação e validação dos efeitos do mesmo no desempenho animal e na qualidade de carcaça em condições brasileiras.

2. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o país com o maior rebanho bovino comercial do mundo, com 198 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2014). É também o segundo maior produtor de carne bovina com 8.53 milhões de toneladas de equivalente-carcaça no ano de 2013 (ANUALPEC, 2014). Com o aumento do poder aquisitivo da população em países em desenvolvimento, aumenta-se a busca por proteína animal. O setor industrial, exportador da carne bovina, representa um total de mais de 24% das exportações mundiais, sendo distribuída para diversos países em praticamente todos os continentes, tendo como destino principal da carne in natura a Rússia, Egito e Hong Kong (ANUALPEC, 2014).

Uma das principais características da pecuária brasileira é o sistema de produção estabelecido, no qual o sistema de pastagem representa 90% do total de bovinos abatidos (ANUALPEC, 2014). A utilização deste sistema é pelas condições favoráveis que encontramos em território nacional, como exemplo, as grandes extensões territoriais que ainda podemos explorar de maneira eficiente, aliado ao baixo investimento necessário para a execução quando comparado com demais modelos.

No cenário da pecuária extensiva, surgem diversas críticas frente à cadeia produtiva da carne, onde a produção de metano pelos ruminantes afeta o meio ambiente e contribui para o efeito estufa e aquecimento global. Evidente que muitas vezes a mídia (televisão, internet, jornais, etc.) traz publicações exageradas ou que não são exatamente corretas. Frente a esta situação, é importante esclarecer a relação existente entre a pecuária e o meio ambiente, visto que existem inúmeras outras fontes como as de origem antrópica (poluição de automóveis, indústrias, desmatamentos, queimadas, etc.), e que segundo Berndt (2009) possuem impacto até quatro vezes maior que a emissão de metano produzida pelos bovinos.

Contudo, o mercado mundial de carne se modernizou e tem buscado cada vez mais a adoção de tecnologias que atendam a nova demanda do consumidor, além da busca por um sistema mais produtivo e eficiente. Neste contexto, a prática de confinamento é uma boa alternativa, pois reduz a idade de abate dos animais (carne de animais abatidos mais jovens estão associadas com carne de melhor qualidade), um retorno do capital investido em curto prazo, descanso das áreas de pastagens durante o

período de estiagem das chuvas e proporciona melhor rendimento de carcaça (LUCHIARI FILHO, 2000).

Quando falamos em pecuária intensiva, e mais afundo do uso de confinamento na fase de terminação de bovinos, os benefícios sobre a emissão de gases é iminente, primeiro pela manipulação da fermentação ruminal e posteriormente pelo incremento do volume de carcaça produzida por tempo de criação. Dentro deste sistema a adoção de tecnologias cuja finalidade visa aumentar a produção de carne utilizando as mesmas quantidades, ou até mesmo, menor quantidade de recursos naturais, a redução sobre a emissão de gases por grama de carne produzida se torna ainda mais expressiva, proporcionando melhor sustentabilidade ao sistema.

O Brasil abateu no ano de 2013 cerca de 43,3 milhões de cabeças, sendo 4,05 milhões oriundas de terminação em confinamento, representando 9,35% do número total de animais abatidos (ANUALPEC, 2014). Atualmente, a dificuldade para comprar animais é um dos maiores problemas de quem faz recria e engorda e, é claro, de quem confina. De pouco adianta acelerar o ganho de peso do boi no confinamento se não há oferta de bois magros com a qualidade necessária para responder ao elevado investimento feito pelo confinador.

O confinamento é, sem dúvida, uma opção tecnológica que beneficia o ganho em eficiência. Mas, por ser aplicável essencialmente na terminação está sujeito a limitada oferta de animais. Este é o grande obstáculo a superar para que o confinamento conquiste rapidamente maior relevância na produção da pecuária brasileira.

3. BETA AGONISTAS E SEU MECANISMO DE AÇÃO

Muitos estudos foram realizados nos últimos anos, em busca de substâncias que pudessem promover um incremento na produção de carne em sistemas intensivos de terminação de bovinos de corte. Da mesma forma, o uso de fármacos na produção animal tem crescido consideravelmente, sobretudo devido à crescente intensificação da atividade pecuária. Os beta agonistas são exemplo destes fármacos promotores de crescimento, que direcionam o ganho em peso à deposição de músculo e, portanto, permitem produzir mais carne em menos área e tempo.

Vários laboratórios no final dos anos 1970 iniciaram estudos com beta-agonistas ou beta agonistas adrenérgicos (β AA), os quais pertencem à classe de compostos chamados de feniletanolamina. Esta classe de compostos tem sido utilizada de forma segura e eficaz em seres humanos por mais de 30 anos como broncodilatadores para tratamento de asma, relaxantes uterinos para tratar mulheres grávidas para prevenir parto prematuro, e cardioestimulantes para tratamento de insuficiência cardíaca (HOFFMAN et al., 1996).

Os beta agonistas, substâncias de estrutura análoga aos hormônios denominados catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), são empregados na produção animal, alterando a repartição de nutrientes desviando e promovendo o crescimento e a deposição de tecido magro e reduzindo o teor de gordura na carcaça de animais (BRIDI et al., 2003).

Dentre os beta agonistas utilizados para alimentação animal podemos citar o Cimaterol, Clembuterol, Ractopamina, L664969, Salbutamol e o Zilpaterol, sendo que nos dias de hoje, a Ractopamina e o Zilpaterol são as moléculas mais utilizadas na produção animal. Ambos são beta agonistas do grupo das fenetanolaminas, tratando-se de análogos sintéticos oralmente ativos das catecolaminas, hormônios que regulam vários processos fisiológicos pela ativação de receptores adrenérgicos específicos (RAMOS & SILVEIRA, 2001).

Os beta agonistas atuam modificando os sinais metabólicos dentro das células musculares e adiposas. No tecido adiposo ocorre a ativação das lipases, para que estas atenuam as enzimas lipogênicas que estão envolvidas, respectivamente, no processo de síntese dos ácidos graxos e triglicerídeos, já no tecido muscular esquelético ocorre aumento das quantidades de RNA (ácido ribonucleico) e RNAm (ácido ribonucleico mensageiro) das proteínas miofibrilares, aumentando a taxa de síntese proteica (MOODY et al., 2000).

Estas ativações ocorrem fisiologicamente nos tecidos mesmo sem a utilização dos agonistas exógenos, porque o próprio organismo produz tais substâncias (norepinefrina e epinefrina). A norepinefrina é classificada como catecolamina biossintetizada a partir da tirosina e liberada pelo sistema neurotransmissor do sistema nervoso simpático. A epinefrina é a catecolamina sintetizada e secretada a partir da

medula supra-renal, e circula em concentrações mais baixas do que norepinefrina na maioria das espécies de mamíferos (MERSMANN, 1998).

Os receptores adrenérgicos são classificados como: β_1 , β_2 e β_3 , este esquema de classificação permiti melhor compreensão das complexidades de funções adrenérgicas. A distribuição e a proporção dos receptores variam conforme os tipos de tecidos e espécies (MERSMANN, 1998). Nos bovinos, a predominância nos tecidos muscular e adiposo é de β_2 , nas células adiposas é de 75% a 90%, já nas fibras musculares a proporção de β_2 é de aproximadamente 99% (JOHNSON et al., 2011).

Esses receptores estão acoplados a proteínas G e ao se ligar, essas moléculas fazem com que os sinais extracelulares sejam convertidos em sinais intracelulares segundo mensagens via proteínas G, ativando a enzima adenil ciclase (AC), que converte o trifosfato de adenosina (ATP) em adenosina ciclico monosfofato (AMPc) (MERSMANN, 1998). O principal mecanismo de ação do AMPc é via ativação da proteína quinase A (PKA), capaz de fosforilar inúmeros substratos (HANKS & HUNTER, 1995). Essa cascata de efeitos faz com que as enzimas intracelulares sejam fosforiladas, promovendo a ativação ou inativação, mediando o efeito de beta agonistas nos tecidos (MCGRAW & LIGGETT., 2005).

Os efeitos da suplementação com beta agonistas por meio dessa cascata enzimática descrita acima pode ocorrer de diversas formas:

1. A fosforilação da proteína CREB pela proteína kinase A permite um deslocamento para o núcleo celular e lá passa a estimular a transcrição de determinados genes (MERSMANN, 1998). Nesse contexto, MALTIN et al. (1989) reportam um aumento no RNAm em células da musculatura tratada com clembuterol. Esse efeito também pode ser devido à estimulação das células satélites a se fundirem nas fibras musculares, uma vez que esse efeito é notado com a administração de beta agonistas (MALTIN et al. 1989).
2. Ativação da enzima calpastatina diminuindo o turnover proteico celular, culminando em uma menor degradação muscular e consequentemente maior acúmulo de tecido muscular (KOOHMARAIE et al., 2002).
3. Estimulo às células satélites a se fundirem nas fibras musculares, assim o conteúdo de DNA celular pode ser aumentado, e consequentemente maior será o conteúdo transcrito das células (MALTIN et al. 1989).

No entanto, sob ação contínua (28 dias), o AMPc ativa a proteína quinase beta-adreno-receptor quinase (beta-ARK) que, ao fosforilar o receptor, o torna inativo e desacopla o complexo receptor-Gs-adenilato ciclase (LUNDBERG et al., 1987). O efetor desacoplado passa para o espaço intracitoplasmático, o que diminui o número de receptores disponíveis na membrana. Essa redução no número de receptores é denominada dessensibilização e causa diminuição da resposta a estimulação do beta agonista (MILLS et al., 2003). Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor beta-adrenérgico pode ser consumido, fenômeno este chamado de sequestro, o que acarreta diminuição do número de receptores celulares (BENOVIC et al., 1988). A redução do número de receptores por unidade de sarcolema é denominada “down-regulation” (BARROS et al., 1999; MOODY et al., 2000). Tanto os receptores $\beta 1$ como os $\beta 2$ podem sofrer os processos de dessensibilização e down-regulation (MILLS et al., 2003)

Bridge et al. (1998) mostraram uma redução significativa do número de sítios de ligação do agonista depois de 14 dias de tratamento de cultura de tecido muscular esquelético de bovinos com cimaterol. Já Rutz e Xavier (1998) reportaram que em tratamento por 42 dias com beta agonista, o aumento do ganho de peso começa a entrar em um platô, passando a ser constante. Dessa forma, o uso dos beta agonistas deve ocorrer no período final do confinamento, com período máximo de 40 dias antes do abate, momento em que o ganho médio diário dos animais é normalmente diminuído pelo aumento da deposição da gordura na carcaça. Nesse momento, o uso do beta agonista faz com que a musculatura tenha um ganho adicional, produzindo mais carne por boi confinado (AVENDAÑO-REYES et al. 2006), confirmando assim um aumento na eficiência do sistema.

4. EFEITOS NOS TECIDOS MUSCULAR E ADIPOSEO

O crescimento muscular é determinado pelo balanço entre a intensidade de síntese e degradação muscular, quando o incremento anabólico superar as perdas catabólicas (KOOHMARAIE et al., 2002). A hipertrofia muscular de animais alimentados com beta agonista tem sido muito relatada na literatura (AVENDAÑO et al., 2006; BECKETT et al., 2009; MCEVERS et al., 2012).

Esse acréscimo da massa muscular pode estar relacionado ao aumento da síntese proteica devido ao incremento na concentração de RNAm da α -actina e miosina. Bergen et al. (1989) encontraram maior síntese proteica na musculatura de animais suplementados com beta agonistas. Estes autores acreditam que há incremento na concentração de RNAm da α -actina no músculo. Em concordância, Kellermeier et al (2009) reportaram que o aumento no teor de proteína da carcaça de bovinos suplementados com zilpaterol, se deve a maior síntese proteica, uma vez que os animais não apresentaram menor taxa de proteólise.

Outro mecanismo de crescimento muscular esta relacionado à menor degradação do tecido que envolve o complexo calpaína/calpastatina. As enzimas calpaínas são responsáveis pela degradação das miofibrilas e as calpastatins são enzimas responsáveis pela inativação das calpaínas. O uso de beta agonistas pode aumentar a abundância de RNAm para calpastatina ou mesmo ativá-la pela fosforilação, assim a enzima tem sua função maximizada, dessa forma, a degradação do tecido muscular é diminuída, promovendo aumento da massa muscular. Em bovinos, o aumento de 36% na massa muscular em animais tratados com beta agonistas foi seguido de um aumento de 96% nos níveis de calpastatina e 76% de aumento na sua atividade (DOUMIT & KOOHMARAIE, 1999).

No entanto, o acréscimo da deposição do tecido muscular por meio da atividade da calpastatina está relacionada com alterações na força de cisalhamento (maciez) dos cortes cárneos (RUBENSAM & FELICIO, 1998). Afinal, no *post mortem* a calpastatina ainda tem como função inibir as calpaínas, acarretando menor degradação da miofibrila e consequentemente menor amaciamento dos cortes, dessa forma, o tratamento com beta agonistas pode aumentar a força de cisalhamento das carnes. Além disso, alguns autores salientam que a maior deposição muscular pelo acréscimo da actina e miosina também pode estar relacionado negativamente com a força de cisalhamento, uma vez que com maior número de miofibrilas, maior a quantidade de material para cisalhar (KELLERMEIER et al., 2009).

O estudo do desenvolvimento do tecido adiposo é muito importante, já que as proporções de cada depósito de gordura afeta o valor comercial das carcaças. Prova disso é que os principais sistemas de classificação de carcaças utilizam medições sobre

o tecido adiposo, e os programas de seleção genética, estão baseados em medições da gordura subcutânea.

O tecido adiposo é o de maior variabilidade no animal, seja do ponto vista quantitativo, seja por sua distribuição e função biológica. A manipulação nutricional é uma das maneiras de mudar a deposição de tecido adiposo no animal. Estudos vêm revelando que o uso de beta agonistas diminui a deposição de gordura pelo aumento da lipólise e/ou diminuição da lipogênese. Provavelmente por ativar ou inativar enzimas chave no processo, tais como ácido graxo sintase, acetil-CoA carboxilase (lipogênese), lipoproteína lipase e carnitina palmitoil transferase (lipólise) (MOODY et al., 2000).

A primeira enzima chave no processo de lipogênese é a acetil-CoA carboxilase, responsável pela ativação do Acetil CoA (2C) em Malonil CoA (3C) (passo limitante para biossíntese de ácido graxo), a partir daí a cadeia de carbonos vai sendo alongada por um complexo de enzimas denominado ácido graxo sintase (LEHNINGER, 2002). A menor atividade dessas enzimas seja pela menor transcrição de seus genes ou mesmo pela fosforilação das mesmas pode levar a menor biossíntese de ácidos graxos na carcaça ou vísceras.

No processo de oxidação de ácidos graxos, a lipoproteína lipase é a enzima responsável pela hidrólise dos triglicerídeos, resultando em uma molécula de glicerol e três ácidos graxos livres. Esses ácidos graxos livres são então transportados pela corrente sanguínea ligados à albumina até o fígado ou músculos onde o processo de oxidação tem continuidade. Ao atingir o tecido alvo, o ácido graxo passa por três reações enzimáticas para serem lançados no interior da mitocôndria, onde ocorre a oxidação. A partir daí o ácido graxo entra na matriz mitocondrial, nesse passo a carnitina palmitoil transferase é responsável pela catalise da ligação da cadeia acil com carnitina, esse é o passo limitante para a taxa de lipólise, liberando a molécula de carnitina o acil-CoA pode sofrer a oxidação (LEHNINGER, 2002).

O efeito de hipertrofia seguido de menor deposição do tecido adiposo relatado por diversos autores leva a crer que os beta agonistas pode funcionar como um repartidor de nutrientes, diminuindo o fluxo de nutrientes para deposição do tecido adiposo, e aumentando para a deposição do tecido muscular.

5. DESEMPENHO PRODUTIVO

O Cloridrato de Zilpaterol (CZ) é classificado como categoria beta 2 agonista adrenérgico, e é adicionado à ração no período final de confinamento, de 20 a 40 dias antes do abate, fase em que se tem os piores índices de desempenho por parte dos animais. A dose comumente utilizada é de 8,33 mg de CZ/kg de massa seca (MAS) para bovinos em fase final de terminação, respeitando o período de retirada de três dias pré-abate (DELMORE et al., 2010).

Elam et al. (2009), trabalhando com 8.647 novilhos (*Bos taurus*) castrados e implantados observou-se aumento de aproximadamente 9 kg no peso de carcaça quente (PCQ), e incremento na ordem de 1,5% no rendimento de carcaça (RC). Resultados semelhantes foram encontrados por Kellermeier et al. (2009) que obtiveram aumento significativo de 15 kg no peso de carcaça quente (PCQ) e 14% na área de olho de lombo (AOL).

Beckett et al. (2009) avaliando tempos de suplementação (0, 20, 30 e 40 dias) em bovinos holandeses castrados, encontraram redução no consumo de massa seca (CMS), aumento do peso vivo final (PVF), aumento no ganho de peso (GMD) e por consequência melhora da eficiência alimentar (EA) a partir de 20 dias de tratamento, sendo os melhores resultados encontrados com 40 dias de fornecimento. Entretanto, Leheska et al. (2009) trabalhando com novilhas suplementadas com CZ por 20 ou 40 dias reportaram acréscimo de 28% no peso vivo final (PVF), sendo que o período de suplementação não alterou o ganho médio diário (GMD).

Montgomery et al. (2009a) utilizando novilhas e novilhos castrados suplementados com CZ (20 e 40 dias) encontraram aumento no PVF, GMD, EA e PCQ, a partir de 20 dias de tratamento. Comparando os diferentes períodos de suplementação, animais suplementados por 40 dias apresentaram maior PVF, entretanto, para GMD e EA não houve diferenças entre os períodos, logo a suplementação de CZ por 20 dias mostrou-se ser a mais adequada, pois promoveu melhora significativa no desempenho e menor custo de suplementação em relação a 30 e 40 dias.

Em outro estudo, Donkersgoed et al. (2011), comparou a inclusão de CZ (8,33 mg de CZ/kg de MAS) por 20 dias versus Cloridrato de Ractopamina (CR) por 30 dias na ração de novilhas taurinas, e relatou que a adição de CZ proporcionou aumento de

12,6 Kg de PCQ e 1,62 % no RC em relação ao grupo tratado com CR. Resultados semelhantes já haviam sido encontrados por Avendaño-Reyes et al. (2006) com novilhos castrados cruzados (313,6 Kg vs. 305,3 Kg e 63,01% vs. 62,48%).

Lawrence et al. (2011) trabalhando com a adição de CZ por 20 dias na dieta de vacas taurinas de descarte e obtiveram incremento produtivo ainda mais significativo, onde a inclusão dessa molécula proporcionou aumento de 500 g no GMD, 1,56 % no RC e surpreendentes 21 kg no PCQ, mostrando-se eficiente independente da categoria animal utilizada.

Em estudo realizado com bovinos castrados $\frac{1}{2}$ sangue (taurino vs. zebuínos), também foi observado aumento no PCQ, peso de carcaça fria (PCF) e AOL em relação ao grupo controle (CASTELLANOS-RUELAS et al., 2006). Consolo et al. (2014a) utilizando novilhas Nelore, relatou aumento de 17 kg no PVF, 320 g no GMD, 16 kg de PCQ, e 1,5 % de RC para o grupo alimentado com CZ.

Assim, pode-se notar que diversos são os estudos que comprovam melhora de desempenho, aumento de PCQ e RC de animais suplementados com CZ (PARR et al., 2011; MCEVERS et al., 2012), evidenciando a alta afinidade da molécula com receptores do tecido muscular de bovinos. Em resumo, já se sabe que o uso de beta agonista na dieta de bovinos taurinos melhora substancialmente o desempenho animal, em virtude de maior deposição muscular, sendo ela ocasionada pela menor proteólise e/ou maior síntese proteica.

6. CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DE CARNE

Em virtude da ampla exigência do mercado consumidor, os sistemas de produção estão cada vez mais atentos às características de qualidade de carne. Dentre as características de carcaça mais importantes encontram-se o rendimento da carcaça (RC), peso de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), por serem características diretamente relacionadas à porção cosmetível.

Como já descrito anteriormente, muitos são os estudos que reportam a eficiência da suplementação com beta agonista para bovinos de corte em aumentar a deposição da

musculatura, e como consequência aumento no PCQ, AOL e rendimento de cortes (BROOKS et al., 2009; BAXA et al., 2010).

A AOL é um preditor de musculosidade do animal, por meio dos mecanismos metabólicos, ocorre um aumento considerável da musculatura de animais suplementados com beta agonista, e algumas vezes menor EGS, apesar dos dados serem bastante contraditórios para essas características (WHEELER et al., 1997; MONTGOMERY et al., 2009b).

Alguns estudos evidenciam que os beta-gonistas promovem o aumento da lipólise e diminuição da lipogênese, promovendo alterações em enzimas responsáveis por esses processos, tais como ácido graxo sintase, acetil-CoA carboxilase (lipogênese), lipoproteína lipase e carnitina palmitoil transferase (lipólise) (MOODY et al., 2000). Como resultado da ação de beta agonistas, ocorre aumento na taxa de lipólise, diminuindo a deposição do tecido adiposo, e aumentando os ácidos graxos não esterificados no plasma (HERMSDORFF & MONTEIRO, 2004).

Baxa et al. (2010) suplementando novilhos por 30 dias com CZ (8,33 mg de CZ/kg de MS), proporcionou 12% de aumento na AOL, 8% de decréscimo da EGS e queda de 10% no escore de marmoreio quando comparado com animais não suplementados com CZ. Montgomery et al. (2009a) alimentando novilhas e novilhos por 30 dias, observaram aumento de 7 e 10% na AOL, nenhuma mudança na EGS, e queda no escore de marmoreio somente para o grupo de novilhos. Entretanto, Parr et al. (2011) suplementando novilhos com CZ (8,33 mg de CZ/kg de MS) por 20 dias, observaram aumento na AOL, nenhuma mudança de EGS, de marmoreio e de gordura pelvica.

Beckett et al. (2009) não observaram diferenças na EGS e marmoreio de novilhos holandeses suplementados por 20 dias com CZ, entretanto, para 30 e 40 dias de suplementação os animais apresentaram redução na EGS e no escore de marmoreio. No mesmo estudo utilizando novilhas, a EGS não foi reduzida significativamente para nenhum período de tratamento (0, 20, 30 e 40 dias), enquanto que o escore de marmoreio foi reduzido a partir de 30 dias de fornecimento.

A redução sobre o escore de marmoreio em animais britânicos alimentados com CZ é observada em diversas pesquisas, bem como a diminuição em percentagem de tecido adiposo em relação a carcaça. Entretanto, conforme relatado por Leheska et al.

(2009), a suplementação com CZ não reduz a quantidade (kg) de extrato etéreo da carcaça e sim aumenta a proporção muscular o que acarreta em diluição do tecido adiposo e por consequência reduz o escore de marmoreio do contra filé.

Nas últimas três décadas, a gordura de cobertura vem se tornando um importante indicador de qualidade no mercado brasileiro, primeiro, porque aponta para o tipo de alimentação recebida pelo bovino, que parece influir na solubilidade do colágeno da carne; segundo, porque afeta diretamente a velocidade de resfriamento da carcaça, comportando-se como um isolante térmico e interferindo no processo de conversão do músculo em carne.

Os estudos citados acima reportam o efeito dos beta agonistas na deposição de gordura de animais britânicos ou cruzados. Sabe-se que a carcaça de animais zebuínos é naturalmente mais magra com menor deposição de gordura de cobertura, menor grau de marmoreio e maior força de cisalhamento em comparação aos britânicos, entretanto com melhor taxa de deposição de gordura quando comparado com animais continentais. Dessa forma se a EGS dos animais zebuínos for diminuída pela ação de beta agonistas pode resultar em prejuízos na produção e qualidade da carne desses animais.

Logo, em recente estudo Consolo et al. (2014a) utilizando novilhas Nelore, não encontraram diferenças sobre a EGS de animais suplementados com CZ por 30 dias em relação ao grupo controle. Outros estudos com animais de ½ grau sanguíneo Zebuínos (CASTELLANOS-RUELAS et al., 2006; NEIL et al, 2009) a redução de EGS de bovinos suplementados com CZ em relação ao controle não foi suficiente para afetar a qualidade de resfriamento do produto final, visto que em todos os estudos se manteve acima de 3mm, espessura mínima exigida pelo mercado brasileiro.

Com relação ao rendimento de cortes carneos, Plascencia et al. (1999) ilustraram que o aumento sobre o RC e PCQ com a utilização de CZ, está diretamente relacionado ao incremento dos principais cortes comerciais do quarto traseiro e a redução da gordura visceral (KPH), ocasionando aumento expressivo de carne magra na carcaça. Moloney et al. (1990) suplementando bovinos com a molécula L644,969, observaram maior rendimento de costela, alcatra e contrafilé para os animais tratados.

Um fator de grande importância para o cenário norte americano sobre a qualidade da carne é a maciez, que tem se mostrado o mais variável e mais importante componente sensorial que afeta a satisfação dos consumidores (MILLER et al., 2001).

Em 1995, a National Beef Quality Audit americana listou a maciez como o maior problema de qualidade de carne e o segundo maior no que diz respeito à indústria, visto que o uso dos beta agonistas pode diminuir a degradação proteica no músculo especialmente pela maior atividade da calpastatina, mudanças na proteólise post-mortem podem prejudicar a maciez da carne.

Diante disso, Avendaño-Reyes et al. (2006) reportam aumento de 10 e 16% na força de cisalhamento das carnes de bovinos taurinos suplementados nos últimos 30 dias de confinamento com CR (200 mg/animal) ou CZ (8,33 mg de CZ/kg de MAS) respectivamente. Da mesma forma, Leheska et al. (2009) suplementando novilhas e garrotes por 20 ou 40 dias, encontraram aumento de 22% na força de cisalhamento das carnes de animais tratados com CZ, mensurada pelo Warner-Bratzler Shear Force e redução de 10% na maciez avaliada pelo teste sensorial treinado. Em adição, Kellermeyer et al. (2009) também encontraram aumento na força de cisalhamento para as carnes de animais tratados com CZ, sendo 60% de aumento em 7 dias de maturação, 59% para 14 dias e 67% para 21 dias.

Garmyn et al. (2010), observaram que a força de cisalhamento aumentou significativamente quando os animais foram tratados com CZ (8,33 mg de CZ/kg de MS), o que tem sido resultado comum nos estudos usando este aditivo (Tabela 1), porém, não foram detectados pelo painel sensorial diferenças na suculência, na cor e no sabor da carne. Segundo Hilton et al., (2009) e Mehaffey et al, (2009), os consumidores não foram capazes de detectar diferenças em maciez de carnes de bovinos alimentados ou não com CZ, assim, evidenciam que apesar de uma tendência para o aumento da força de cisalhamento, o paladar humano parece não ser capaz de notar diferenças entre as carnes com ou sem a inclusão de CZ.

Em contrapartida, Claus et al. (2010) não encontraram diferenças sobre a força de cisalhamento (*longissimos*) de novilhas (britânicas x continentais) tratadas por 20 dias (7,56 mg de CZ/ kg de MS) em relação ao grupo controle, observando aumento apenas para 30 e 40 dias. Esses resultados corroboram com os encontrados por Brooks et al. (2010), que avaliando períodos de inclusão (6,8 mg de CZ/kg de MS) não observaram diferenças para 0 e 20 dias de adição, enquanto que 30 e 40 dias obteve-se maiores valores. Em ambos os estudos a dose de CZ foi menor da comumente utilizada em demais experimentos (8,33 mg de CZ/kg de MS).

Tabela 1. Valores reportados anteriormente para força de cisalhamento pelo Warner Bratzler (Kg)

Referências	n	Tratamentos	Cloridrato de Zilpaterol (8,33 mg de CZ/kg de MS)			
			0d	20d	30d	40d
Brooks et al., 2009 ¹	1.024	Choice (Ch)	3,24	3,84*	3,99*	4,21*
	1.192	Select (Sel)	3,38	4,03*	4,48*	4,55*
Hilton et al., 2009	200	7d	3,63		4,94*	
	200	14d	3,56		4,00*	
	200	21d	3,20		3,47*	
Holmer et al., 2009 ^{1,2}	807		2,8	3,6*	4,0*	
Leheska et al., 2009 ³	96	Steer	3,19	3,91*		3,98*
	96	Heifer	3,53	4,37*		4,05*
Mehaffey et al., 2009	1.180	Ch– 14 d	3,12	3,76*	3,77*	
		Sel– 14 d	3,30	3,82*	4,33*	
	1.180	Ch– 21 d	2,98	3,31*	3,53*	
		Sel– 21 d	3,06	3,52*	3,94*	
Rathmann et al., 2009	112	7d	3,54	4,94*	5,71*	5,85*
	112	14d	3,37	4,73*	5,22*	4,85*
	122	21d	3,12	4,05*	4,65*	4,70*
Shook et al., 2009	95	7d	3,84	4,65*		
	95	14d	3,44	4,18*		
	95	21d	3,18	3,61*		
Brooks et al., 2010 ^{1,5}	360	Not enhanced	3,11	3,38	3,63*	3,51*
Claus et al., 2010 ^{1,6}	117	Steer	3,2	3,7*	4,0*	4,4*
	132	Heifer	3,8	4,3	4,9*	4,9*
Garmyn et al., 2010 ⁴	108		3,28	4,10*		
McEvers et al., 2012	560	7d	3,17	3,91*		
	560	14d	2,73	3,26*		
	560	21d	2,57	2,91*		
Rathmann et al., 2012	360	7d	3,47	4,25*		
	360	14d	3,05	3,57*		
	360	21d	3,03	3,50*		
Rodas-González et al., 2012	39	7d	3,65	4,45*		
	39	14d	3,53	4,08*		
	39	21d	3,29	3,71*		
	39	28d	2,95	3,50*		
Bloomberg et al., 2013	155	14d	2,92	3,37*		

¹ 7, 14 e 21 dias de maturação.² Representadas por carcaças choice e select.³ 28 dias de maturação.⁴ 14 e 21 dias de maturação.⁵ 6,8 mg/kg/MS⁶ 7,56 mg/kg/MS*Médias que diferem ($P < 0.05$) do controle (0 d).

Adaptado GARMYN e MILLER 2014.

Fatores decorrentes da ação dos beta agonistas tais como, a redução de degradação da proteína, diminuição da atividade proteolítica e diminuição da atividade do colágeno podem alterar a disposição das fibras musculares, ocasionando menor maciez da carne (VESTERGAARD et al., 1994). O marmoreio e o grau de qualidade tendem a diminuir para novilhos alimentados com CZ por 40 dias comparado com 20 dias antes do abate.

Portanto, parece que alguns fatores de crescimento e musculosidade podem ser melhorados por meio da alimentação com CZ por maior período de tempo, enquanto que o impacto sobre o marmoreio e o grau de qualidade podem ser diminuídos pelo oferecimento de CZ em menor período. Em geral, com diversos trabalhos revisados, verifica-se que as vantagens do uso do CZ por mais de 20 dias são mínimas, visto que com esse período os animais apresentam desempenho satisfatório sem prejudicar substancialmente a qualidade do produto final.

Diante do exposto, o capítulo 2, intitulado “**USO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL EM DIETAS PARA BOVINOS NELORE CONFINADOS**”, tem por objetivo aferir a adição desse promotor de crescimento dentro da realidade brasileira de confinamento. Para tanto será abordado dados referente ao desempenho produtivo, características de carcaça, comportamento ingestivo e qualidade de carne de bovinos Nelore castrados e não castrados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUALPEC. **Anuário estatístico da pecuária de corte**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio Ltda., 2014.

AVENDANO-REYES, L., TORRES-RODRIGUEZ, V., MERAZ-MURILO, F.J., PÉREZ-LINRES, C., FIGUEROA-SAAVEDRA, F., ROBINSON, P.H. Effects of two beta-adrenergic agonists on finishing performance carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. **Journal Animal Science**, v. 84, p. 3259-3265, 2006.

BARROS, R. D. A.; OKOSHI, M. P.; CICOONA, A. C. Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 72, n. 5, p. 641-648, 1999.

BAXA, T. J., HUTCHESON, J. T., MILLER, M. F., BROOKS, J. C., NICHOLS, W. T., STREETER, M. N., YATES, D. A., JOHNSON, B. J. 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 Animal Science**, v.88, p.330–337. 2010.

BECKETT, J. L., DELMORE, R. J., DUFF, G. C., YATES, D. A., ALLEN, D. M., LAWRENCE D, E., ELAM, N. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 4092-4100. 2009.

BENOVIC, J. L. et al. Regulation of adenyl cyclase-coupled beta-adrenergic receptors. **Annual Review of Cell Biology**, v. 4, n. 1, p. 405-428, 1988.

BERGEN, W. G., JOHNSON, S. E., SKJAERLUND, D. M., BABIKER, A. S., AMES, N. K., MERKEL, R. A. e ANDERSON, D. B. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal Animal Science**, v. 67, n. 9, p. 2255-2262, 1989.

BERNDT, A. Produção de Metano. **Instituto de Zootecnia- APTA/SAA**. Nova Odessa- SP, 2009.

BLOOMBERG, B. D., MAFI, G. G., PYE, B. J., WAHRMUND, J. L., RICHARDS, C.J., MORGAN, J.B., VANOVERBEKE, D. L. Impact of health management, health treatments, and zilpaterol hydrochloride supplementation on carcass quality, color, and palatability traits in heifers. **Journal Animal. Science**, v. 91, p. 3465–3473. 2013.

BRIDI, A. M., NICOLAIEWSKY, S., RUBENSAN, J.M. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p. 1362-1370, 2003.

BRIDGE, K. Y., SMITH, C. K., YOUNG, R. B. Beta-adrenergic receptor gene expression in bovine skeletal muscle cells in culture. **Journal Animal Science**, v.76, p. 2382-2391, 1998.

BROOKS, J.C., CLAUS, H.C., DIKEMAN, M.E. et al. Effects of zilpaterol hydrochloride feeding duration and postmortem aging on Warner Bratzler shear force of three muscles from beef steers and heifers. **Journal Animal Science**, v.87, p.3764-3769, 2009.

BROOKS, J. C., MEHAFFEY, J. M., COLLINS, J. A., ROGERS, H. R., LEGAKO, J., JOHNSON, B. J., LAWRENCE, T., ALLEN, D. M., STREETER, M. N., NICHOLS, W. T., HUTCHESON, J. P., YATES, D. A., MILLER, M F. Moisture enhancement and blade tenderization effects on the shear force and palatability of strip loin steaks from beef cattle fed zilpaterol hydrochloride. **Journal Animal Science**, v. 88, p. 1809–1816. 2010.

CASTELLANOS-RUELAS, A.F., ROSADO-RUBIO, J.G., CHEL-GUERRERO, L.A., BETANCUR-ANCONA, D.A.. Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán, México. *Arch. Latinoam. Produccion Animal*, v. 14, p. 56-59, 2006.

CLAUS, H. L., DIKEMAN, M. E., MURRAY, L., BROOKS, J. C., SHOOK, J., HILTON, G. G., LAWRENCE, T. E., MEHAFFEY, J. M., JOHNSON, B. J., ALLEN, D. M., STREETER, M. N., NICHOLS, W. T., HUTCHESON, J. P., YATES, D. A., MILLER, M. F., HUNT, M. C., KILLEFER, J. Effects of supplementing feedlot steers and heifers with zilpaterol hydrochloride on Warner- Bratzler shear force interrelationships of steer and heifer 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.

CONSOLO, N. R. B., GOULART, R. S., RODRIGUES, F., FRASSETO, M. O., SOUZA, J. M., SILVA, L. F. P., FERRARI, V. B. Performance and carcass attributes of Nellore heifers fed with zilpaterol hydrochloride. In: ADSA-ASAS Joint Annual Meeting, Kansas. **Journal of Animal Science**, v 92, p. 816, 2014a.

CONSOLO, N. R. B., GOULART, R. S., RODRIGUES, F., FRASSETO, M. O., MACIEL, R. A. P., PENSO, J. F., SILVA, L. S. P. Effect of zilpaterol hydrochloride on carcass composition, subprimal yield, and meat quality of Nellore heifers. In: ADSA-ASAS Joint Annual Meeting, Kansas. **Journal of Animal Science**, v 92, p. 312, 2014b.

DELMORE, R.J., HODGEN, J.M., JOHNSON, B.J. Perspectives on the application of zilpaterol hydrochloride in the United States Beef Industry. **Journal Animal Science**, v.88, p.2825-2828, 2010.

DONKERSGOED, J. V., ROYAN, G., BERG, J., HUTCHESON, J., BROWN, M. Comparative effects of zilpaterol hydrochloride and ractopamine hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and longissimus tenderness of feedlot Heifers fed barley-based diets. **The Professional Animal Scientist**, v. 27, p. 116–121, 2011.

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

EISEMANN, J. H., HUNTINGTON, G. B., FERREL, C. L. Effects on dietary clenbuterol on metabolism of the Hindquarters in steers. **Journal Animal Science**, v. 66, p. 342-353, 1988.

ELAM, N. A., VASCONCELOS, J.T., HILTON, G., VANOVERBEKE, D.L., LAWRENCE, T.E., MONTGOMERY, T.H., NICHOLS, W.T., STREETER, M.N., HUTCHESON, J.P., YATES, D.A., GALYEAN, M.L. Effect of zilpaterol

hydrochloride duration of feeding on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. **Journal Animal Science**, v.87, p.2133–2141, 2009.

GARMYN, A. J., MILLER, M. F. MEAT SCIENCE AND MUSCLE BIOLOGY SYMPOSIUM - Implant and beta agonist impacts on beef palatability. **Journal Animal Science**, v. 92, p. 10-20. 2014.

GARMYN, A.J., SHOOK, J.N., VANOVERBEKE, J. L., BECKETT, J.L., DELMORE, R.J., YATES, D.A., ALLEN, D.M., HILTON, J.R. The effects of zilpaterol hydrochloride on carcass cutability and tenderness of calf-fed Holstein steers. **Journal Animal Science**, v.88, p. 2476-2485, 2010.

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.

HERMSDORFF, H. H. M., MONTEIRO, J. B. R. Gordura Visceral, subcutânea ou intramuscular: Onde está o problema?. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 48, nº 6, 2004.

HILTON, G. G., MONTGOMERY, J. L., KREHBIEL, C.R., YATES, D.A., HUTCHESON, J.P., NICHOLS, W.T., STREETER, M.N., BLANTON, J.R., MILLER, M.F. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers. **Journal Animal Science**, v.87, p.1394–1406, 2009.

HOFFMAN, B.B., LEFKOWITZ, R. J., Catecholamines, Sympathomimetic drugs, and adrenergic receptor antagonist. In Goodman and Gilman's: **The pharmacological basis of therapeutics**; Hardman, J. G., Limbird, L. E., Eds.; McGraw Hill: New York, v. 100, p. 248, 1996.

HOLMER, S. F., FERNANDEZ-DUENAS, D. M., SCRAMLIN, S. M., SOUZA, C. M., BOLER, D. D., MCKEITH, F. K., KILLEFER, J., DELMORE, R. J., BECKETT, J.

L., LAWRENCE, T. E., VANOVERBEKE, D. L., HILTON, G. G., DIKEMAN, M. E., BROOKS, J. C., ZINN, R. A., STREETER, M. N., HUTCHESON, J.P., NICHOLS, W. P., ALLEN, D. M., YATES, D. A. The effect of zilpaterol hydrochloride on meat quality of calffed Holstein steers. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 3730–3738. 2009.

JOHNSON, T. R. Historical overview of the effect of beta-adrenergic agonists on beef cattle production. In: 4th Korea – U.S. International Joint Symposium – Producing High-Quality Beef for the Global Market. **Proceedings**, p. 1 – 18, November 1-2, 2011 – Texas A&M University – College Station, Tx, USA, 2011.

KELLERMEIER, J. D., TITTOR, A. W., BROOKS, J. C., GALYEAN, M. L., YATES, D. A., HUTCHESON, J. P., NICHOLS, W. T., STREETER, M. N., JOHNSON, B. J., MILLER, M. F. 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 Animal. Science**, v. 87, p.3702–3711, 2009.

KOOHMARAIE, M., KENT, P. M., SHACKELFORD, S. D., VEISETH, E., WHEELER, T. L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship. **Meat Science**, v. 62, p. 345–352, 2002.

LAWRENCE, T. E., GASCH, C. A., HUTCHESON, J. P., HODGEN, J. M. Zilpaterol improves feeding performance and fabrication yield of concentrate-finished cull cows. **Journal Animal Science**, v. 89, p. 2170-2175, 2011.

LEHESKA, J. M., MONTGOMERY, J.L., KREHBIEL, C.R., YATES, D.A., HUTCHESON, J.P., NICHOLS, W.T., STREETER, M., BLANTON, J.R., MILLE, M.F. Dietary zilpaterol hydrochloride. II. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. **Journal Animal Science**, v.87,p,1384–1393, 2009.

LEHNINGER, A. L. **Principios de bioquímica**. 3. ed. Barcelona: Saevier, 2002.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1. São Paulo: LinBife, 134, 2000.

LUNDBERG, L. L. M., COTECCHIA, S. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. I. Agonist-promoted desensitization and phosphorylation of alpha 1-adrenergic receptors coupled to inositol phospholipid metabolism in DDT1 MF-2 smooth muscle cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 262, p. 3098-3105, 1987.

MALTIN, C.A., HAY, S.M., DELDAY, M.I., REEDS, P.J., PALMER, R.M. Evidence that the hypertrophic action of clenbuterol on denervated rat muscle is not propranolol sensitive. **British Journal of Pharmacology**, 96, 817-822, 1989.

MCEVERS, T. J., NICHOLS, W. T., HUTCHESON, J. P., EDMONDS, M. D., LAWRENCE, T. E. Feeding performance, carcass characteristics, and tenderness attributes of steers sorted by the Igenity tenderness panel and fed zilpaterol hydrochloride. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 4140-4147, 2012.

MCGRAW, D. W. e LIGGETT, S. B. Molecular mechanisms of beta2-adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, v.2, p. 292-296, 2005.

MEHAFFEY, J. M., BROOKS, J. C., RATHMANN, R. J., ALSUP, E.M., HUTCHESON, J. P., NICHOLS, W. T., STREETER, M. N., YATES, D. A., JOHNSON, B. J., MILLER, M. F. Effect of feeding zilpaterol hydrochloride to beef and calf-fed Holstein cattle on consumer palatability ratings. **Journal Animal Science**. v.87, p. 3712–3721, 2009.

MERSMANN, H. J. Overview of the effects of β -adrenergic receptors agonists on animal growth including mechanism of action. **Journal Animal Science**, V.76, p.160–172,1998.

MILLER, M. F., CARR, M. A., RAMSEY, C. B., CROCKETT, K. L., HOOVER, L. C. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal Animal Science**, v. 79, p. 3062–3068, 2001.

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

MOLONEY, A. P., ALLEN, P., ROSS, D. B., OLSON, G., CONVEY, E. M. Growth, feed efficiency and carcass composition of finishing Friesian steers fed the beta-adrenergic agonist L-644,969. **Journal Animal Science**, v.68, p. 1269-1277, 1990.

MONTGOMERY, J. L., KREHBIEL, C. R., CRANSTON, J. J., YATES, D. A., HUTCHESON, J. P., NICHOLS, W. T., STREETER, M. N., BECHTOL, D. T., JOHNSON, E., TERHUNE, T., MONTGOMERY, T. H. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. **Journal Animal Science**, v. 87, p.1374-1383, 2009a.

MONTGOMERY, J. L., KREHBIEL, C. R., CRANSTON, J. J., YATES, D. A., HUTCHESON, J. P., NICHOLS, W. T., STREETER, M. N., SWINGLE, R. S., MONTGOMERY, T. H. Effects os dietary zilapterol hydrochloride of feedlot permormance and carcass characteristics of beef steers fed with and without monensin and tylosin. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 1013 – 1023, 2009b.

MOODY, D. E., HANCOCK, D. L., ANDERSON, D. B. Phenethanolamine Repartitioning Agents. **Chapter 4 in Farm Animal Metabolism and Nutrition**. J. P. F. D'Mello, ed. CABI Publishing, New York, 2000.

NEIL, S., UNRUH, J. A., MARSTON, T. T., JAEGER, J. R., HUNT, M. C., HIGGINS, J. J. Effects of implanting and feeding zilpaterol hydrochloride on performance, carcass characteristics, and subprimal beef yields of fed cows. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 704-710, 2009.

PARR, S. L., CHUNG, K.Y., GALYEAN, M. L., HUTCHESON, J. P., DILORENZO, N., HALES, K. E., MAY, M. L., QUINN, M. J., SMITH, D. R., JOHNSON, B. J.

Performance of finishing beef steers in response to anabolic implant and zilpaterol hydrochloride supplementation. **Journal Animal Science**, v. 89, p. 560-570. 2011.

PLASCENCIA, A., TORRENTERA, N., ZINN, R. A. Influence of the β -agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. Proc., West. Sect., **American Sociedade Animal Science**, v.50, p.331–334,1999.

RAMOS, F. E SILVEIRA, M. I. N. DA. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: relação estrutura-atividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa De Ciências Veterinárias**,v. 96, P. 167-175, 2001.

RATHMANN, R. J., BERNHARD, B. C., SWINGLE, R. S., LAWRENCE, T. E., NICHOLS, W. T., YATES, A., HUTCHESON, J. P., STREETER, M. N., BROOKS, J. C., MILLER, M. F., JOHNSON, B. J. Effects of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness in beef heifers. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 3301–3311. 2012.

RATHMANN, R. J., MEHAFFEY, J. M., BAXA, T. J., NICHOLS, W. T., YATES, A., HUTCHESON, J. P., BROOKS, J. C., JOHNSON, B. J., MILLER, M. F. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on carcass cutability, composition, tenderness, and skeletal muscle gene expression in feedlot steers. **Journal Animal Science**, v. 87, p, 3686–3701. 2009.

RODAS-GONZÁLEZ, A., PFLANZER, S. B., GARMYN, A. J., MARTIN, J. N., BROOKS, J. C., KNOBEL, S. M., JOHNSON, B. J., STARKEY, J. D., RATHMANN, R. J., FELICIO, P. E., STREETER, M. N., YATES, D. A., HODGEN, J. M., HUTCHESON, J. P., MILLER, M F. Effects of postmortem calcium chloride injection on meat palatability traits of strip loin steaks from cattle supplemented with or without zilpaterol hydrochloride. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 3584–3595. 2012.

RUBENSAM, J.M., FELÍCIO, P.E. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.4, 1998.

RUTZ, F., XAVIER, E. G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36. 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, p. 201-218, 1998.

SHOOK, J. N., VANOVERBEKE, D. L., KINMAN, L. A., KREHBIEL, C. R., HOLLAND, B. P., STREETER, M. N., YATES, D. A., HILTON, G. G. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride and zilpaterol hydrochloride withdrawal time on beef carcass cutability, composition, and tenderness. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 3677–3685. 2009.

VESTERGAARD, M., K. SEJRSEN., S. KLASTRUP. Growth, composition and eating quality of longissimus dorsi from young bulls fed the β -agonist cimaterol at consecutive development stages. **Meat Science**, v. 38, p.55–66, 1994.

WHEELER, T. L., SHACKELFORD, S.D., JOHNSON, L.P., et al. A comparison of Warner- Bratzler shear force assessment within and among institutions. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2423-2432, 1997.

CAPÍTULO 2

USO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL EM DIETAS PARA BONIVOS NELORE CONFINADOS

Resumo: Objetivou-se com este trabalho avaliar a inclusão de Cloridrato de Zilpaterol (CZ) na ração de bovinos Nelore quanto ao efeito no desempenho produtivo, nas características de carcaça, no comportamento ingestivo e na qualidade de carne de bovinos Nelore confinados. Foram utilizados 72 animais machos, sendo 36 castrados e 36 não castrados, com peso vivo médio inicial de $347,5 \text{ kg} \pm 21.61 \text{ kg}$, e provenientes de recria em sistema de pastejo contínuo. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em arranjo fatorial 2×2 (sexo e adição de CZ), constituindo os seguintes tratamentos: castrados sem adição de CZ (C) ou com adição de CZ (C_Z) e não castrados sem adição de CZ (NC) ou com adição de CZ (NC_Z). Cada tratamento foi composto por 6 baias (3 animais/baia), sendo estas consideradas as unidades experimentais para este estudo. A administração de $7,5 \text{ mg/kg}$ de MS de CZ ocorreu por 20 dias durante o período final de confinamento, respeitando a carência de três dias antes do abate. Houve efeito significativo ($P < 0,01$) de CZ para GPD e EA durante o período tratado. Para o mesmo período houve interação (CZ x Sexo) ($P < 0,04$) com redução de IMAS e IMASPV para os animais CCZ apenas. A administração de CZ durante o período total de confinamento resultou ($P < 0,04$) em redução na IMASPV e melhora da EA e EB. Houve incremento ($P < 0,04$) no PCQ, RC, PCF, e AOL para os animais alimentados com CZ. A suplementação com CZ aumentou significativamente ($P < 0,05$) os pesos da maioria dos cortes carneos da região do quarto traseiro. Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) sobre a EGSEF, força de cisalhamento e coloração da carne. Para a análise sensorial de carne, bovinos castrados não foram prejudicados quando suplementados com CZ. Assim sendo, a adição de CZ em dietas de terminação para bovinos Nelore castrados e não castrados, proporcionou melhora no desempenho e nas características de carcaça, sem prejudicar substancialmente a qualidade do produto final.

Palavras-chave: Agonistas β adrenérgicos, *Bos indicus*, castrados, confinamento, maciez.

USE OF ZILPATEROL HYDROCHLORIDE ON FEEDLOT DIETS OF NELLORE CATTLE

Abstract: This objective was to evaluate the inclusion of Zilpaterol hydrochloride (CZ) ration on performance, carcass characteristics, feeding behavior and meat quality of feedlot Nellore. 72 male animals were used, 36 steers and bulls 36, with average weight of $347.5 \text{ kg} \pm 21.61 \text{ kg}$, and from rearing in continuous grazing. The experimental design was a randomized block in a 2 x 2 factorial arrangement of treatments (sex and ZH), as follows: steers without CZ (CC) or with CZ (CCZ), bulls without CZ (NCC) or with CZ (NCCZ). Each treatment consisted of 6 pens (3 animals/pen), which were considered the experimental units for this study. The CZ was administrated during the last 20 days of feeding (7,5 mg/kg of dry matter), allowing 3 days of withdrawal prior to slaughter. There was CZ main effect ($P < 0,01$) for average daily gain and feed efficiency during CZ treatment period. Moreover, it was an interaction (Sex x CZ) ($P < 0,04$) where both dry matter intake in kilos (DMI) and as percentage of body weight (IMSPV) were reduced for CCZ. The administration of CZ considering the entire trial resulted ($P < 0,04$) in reduction of IMSPV and improved feed and biological efficiencies. Also, it was observed a CZ main effect ($P < 0,04$), where animals fed CZ presented heavier hot and cold carcass weight, and larger LM area. The feeding of CZ led to heavier weights for most of the meat cuts analyzed, especially the cuts from the hindquarter. No significant CZ main effect was observed for final 12th back fat thickness, shear force and meat color. For sensory analysis of meat, steers were not harmed when supplemented with CZ. Thus, the addition of CZ in diets for finishing Nellore bulls and steers improves performance and carcass yield without substantially affecting the quality of the final product.

Keywords: β -Adrenergic Agonists, *Bos indicus*, feedlot, steers, tenderness.

1. INTRODUÇÃO

A alimentação animal é um fator que pode ser trabalhado de forma eficiente para maximizar a produtividade sem aumentar os custos de produção, onde a melhora da eficiência alimentar pode representar a lucratividade da produção. O crescente número de bovinos confinados faz com que a busca por tecnologias, visando o sistema mais eficiente torna-se cada vez mais necessário.

Os beta agonistas são moléculas orgânicas cujos principais efeitos são hipertrofia muscular e desaceleração da taxa de deposição de tecido adiposo, sendo o cloridrato de zilpaterol (CZ) e a ractopamina os mais utilizados na produção de bovinos confinados. Deste modo, é importante avaliar sua utilização dentro de cada sistema, visto que o modelo de confinamento bovino brasileiro possui diferenças notáveis quando comparado com sistemas de engorda dos demais países.

A busca pela mitigação de emissões de gases de efeito estufa por bovinos, isto é, o uso de estratégias para reduzir o impacto sobre a pecuária brasileira constitui grande importância no cenário nacional. O uso de promotores de crescimento, e em específico os beta agonistas, podem vir a ser um grande aliado para atenuar esse efeito, conforme relatou Stackhouse-Lawson et al. (2013), em que a inclusão de CZ à ração de bovinos confinados promoveu redução na emissão de metano e amônia por kg de carcaça produzido.

Os benefícios dos beta agonistas sobre o incremento de carcaça em animais *Bos taurus* já são bastante conhecidos, diversas pesquisas realizadas nos últimos anos constatarem vantagens e entraves na utilização dessas moléculas (HILTON et al., 2009; GARMYN, et al., 2010; PARR et al., 2011; MCEVERS et al., 2014). No entanto, para animais *Bos indicus*, representando 75% do rebanho confinado brasileiro (MILLEN et al., 2009), a ação desse produto é pouco conhecida. Neste contexto, testar esta tecnologia em animais Zebuínos confinados poderá proporcionar alternativas para o investidor/confinador, tendo em vista o grande potencial econômico dos beta agonistas.

O presente estudo tem por objetivo avaliar os efeitos da inclusão na ração de CZ sobre o desempenho produtivo, características de carcaça, comportamento ingestivo e qualidade de carne de bovinos Nelore, castrados e não castrados, terminados em confinamento.

Este estudo foi aprovado conforme normas da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob protocolo nº 23/2013-CEUA, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Animais e Local Experimental: O estudo foi realizado na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, no confinamento experimental do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal. Foram utilizados 72 animais machos da raça Nelore com idade aproximada de 24 meses, 36 animais castrados e 36 não castrados, com peso vivo médio inicial de $347,5 \text{ kg} \pm 21.61 \text{ kg}$ e provenientes de recria em sistema de pastejo contínuo. A seleção dos animais passou por uma avaliação criteriosa dentro de um grande número de animais, onde por meio do peso, condição corporal e frame foi formado de maneira homogênea o lote experimental. A castração se deu 60 dias antes do início do período experimental, em sua fazenda de origem, sendo o método utilizado a castração cirúrgica.

Delineamento Experimental: O delineamento experimental foi de blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 2 sendo os fatores a inclusão de cloridrato de zilpaterol a ração e a categoria animal avaliada, constituindo desta forma os quatro tratamentos experimentais: castrados sem adição (0,00 mg/kg/MAS) de Cloridrato de Zilpaterol (CC); castrados com adição de 7,5 mg/kg/MAS de Cloridrato de Zilpaterol (CCZ); não castrados sem adição (0,00 mg/kg/MAS) de Cloridrato de Zilpaterol (NCC); e não castrados com adição 7,5 mg/kg/MAS de Cloridrato de Zilpaterol (NCCZ). Cada tratamento foi composto por seis baias (3 animais/baia), sendo estas consideradas as unidades experimentais para o estudo. A adaptação se deu na forma de escadas (step up), a qual consistiu no fornecimento de dietas com níveis crescentes de concentrado (66; 74%) durante 19 dias, permanecendo por dez dias na primeira dieta e nove dias na segunda. A partir do 20º dia de confinamento os animais receberam a ração de terminação (84% de concentrado) até serem abatidos. Em virtude do peso de algumas

unidades experimentais estarem abaixo do planejado para fornecimento de CZ, foi realizado o escalonamento de abate, onde os três blocos mais pesados foram abatidos com 106 dias e os três mais leves com 119 dias, sendo considerado no modelo estatístico como covariável. Para melhor entendimento e discussão dos dados o período de confinamento foi subdividido da seguinte forma: Pré-tratamento (0 a 89 dias), tratamento (90 a 109 dias) e período total (0 a 112 dias), sendo o abate realizado no 113º dia, respeitando os três dias de carência.

Manejo, Arraçoamento e Cuidados com os Animais: O protocolo de recebimento dos animais foi seguido de vacinação, desverminação, período de pré-adaptação de 25 dias com o objetivo de uniformizar a população ruminal dos mesmos e adaptação às instalações e ao manejo. Os animais foram mantidos em baias de piso de concreto de fácil limpeza com lotação de três animais por baia (8,33 m² por animal e 1,65 m de cocho por animal). As dietas foram formuladas segundo o sistema Large Ruminant Nutrition System (LRNS 1.0.2, 2012), atendendo as exigências nutricionais para ganhos de peso diários de 1,500 a 1,700 kg/dia/animal, respectivamente (Tabela 2). Em virtude das exigências nutricionais distintas entre as duas categorias estudadas e pensando na realidade dos confinamentos brasileiros, as dietas foram formuladas em um ponto médio entre as duas respectivas exigências, para que as mesmas dietas fossem fornecidas para ambos os grupos avaliados. O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia (09h:00min e 15h:00min). Ao longo do período experimental foram feitas amostragens das rações para determinação dos teores de matéria seca (MS) e análises de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), e matéria mineral (MM) segundo AOAC (1990) e fibra em detergente neutro (FDN) segundo Van Soest et al. (1991).

Tabela 2. Composição e conteúdo nutricional das dietas totais oferecidas aos animais durante o experimento.

Dietas	Pré - Adaptação	1	2	Terminação
Nível de concentrado (%)	25	66	74	84
<u>Ingredientes (% MS)</u>				
<i>Bagaço in natura</i>	-	31,00	23,00	15,00
<i>Feno de Coast cross</i>	74,88	3,00	3,00	1,00
<i>Silagem de Grãos Úmidos de Milho</i>	-	45,00	56,00	70,00
<i>Farelo de Amendoim</i>	22,46	13,00	9,60	5,28
<i>Torta de Algodão</i>	-	6,00	5,00	4,00
<i>Suplemento Mineral¹</i>	2,66	1,10	2,20	3,22
<i>Uréia</i>	-	0,40	0,60	0,80
<i>Calcário</i>		0,50	0,60	0,70
<u>Conteúdo Nutricional*</u>				
<i>Matéria Seca (MS)</i>	89	63	65	65,35
<i>Nutrientes Digestíveis Totais (%MS)</i>	58	75	77	81,25
<i>ELg² (Mcal/kgMS)</i>	0,66	1,17	1,24	1,33
<i>Proteína Bruta (%MS)</i>	16,5	16,00	15,00	14,50
<i>Fibra em Detergente Neutro (%MS)</i>	59,7	30,6	27,3	24,32
<i>peNDF³ (%MS)</i>	56	25	20	16
<i>CNF⁴</i>	30	50	56	62
<i>Cálcio (%MS)</i>	0,79	0,68	0,70	0,72
<i>Fósforo (%MS)</i>	0,33	0,34	0,35	0,36

¹Núcleo mineral contendo por kg do produto: 16,0% Ca; 2,29 % S; 1,43% Mg; 5,7% Na; 1,7% P; 1715 ppm Zn; 720 ppm Mn; 360 ppm Cu; 21,60 I; 6 ppm Se; 21,6 ppm Co; 71300 UI Vit. A; 3120 UI Vit. D3; 208 UI Vit E; 14,10% Uréia; 714,30 ppm Monensina e 233,24 ppm Cloridrato de Zilpaterol; ²Energia líquida disponível para ganho; ³Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; ⁴Carboidratos não fibrosos. * Estimado pelo LRNS 1.0.2.

Manejo da Ingestão dos Animais: O consumo de massa seca foi medido para cada baia por meio da pesagem do alimento fornecido diariamente. A pesagem da sobra foi efetuada todos os dias antes do trato da manhã, fazendo-se, posteriormente, a média de consumo por animal. Para maior precisão na coleta de dados, a quantidade oferecida e a sobra de cocho da dieta foram pesadas diariamente em sacos identificados (com o número da baia) em balança digital com precisão de 50 gramas. Para o ajuste diário dos ingredientes na ração, a matéria seca do bagaço de cana in natura era determinada antes da pesagem da sobra, objetivando atenuar a flutuação que este ingrediente pode apresentar conforme as condições climáticas. Os demais ingredientes da ração, principalmente a silagem de grãos úmidos de milho, a determinação da matéria seca era realizada sempre que julgado necessário. A massa seca da dieta total foi efetuada todos os dias utilizando micro-ondas para obter-se o consumo diário em quilos de massa seca.

Desempenho Produtivo dos Animais: No início do período de confinamento os animais foram pesados com jejum (15 horas) e assim determinados os pesos enxuto dos mesmos. Para a pesagem anterior ao início de fornecimento de Cloridrato de Zilpaterol, os animais foram mantidos sem jejum, em virtude do alto valor energético da dieta que estava sendo ofertada, com intuito de minimizar os riscos de oscilações de consumo nos 20 dias de tratamento. Assim, para as mensurações iniciais e finais, os animais foram pesados sem jejum, sendo descontados 4% do peso vivo observado para assim se obter o peso vivo enxuto. Dessa forma, foi calculado ao final do experimento o ganho de peso diário dos animais utilizando-se os dados obtidos nas pesagens iniciais e finais (BAKER e GUILBERT, 1942). Aliado a isso, foi calculada a conversão alimentar e eficiência alimentar de cada período, utilizando o consumo de massa seca total e o ganho de peso vivo total para cada respectiva fase.

Comportamento Ingestivo: Os animais foram submetidos à observação visual por 24 horas (começando às 08h00) para avaliação do comportamento ingestivo. Os comportamentos avaliados (cocho, ruminando, ócio e bebedouro) foram registrados em intervalo 5 minutos, sendo realizada no 10º dia de fornecimento de cloridrato de zilpaterol. Durante as observações foram coletados dados para determinação do número de refeições e visitas ao bebedouro, e do tempo despendido em ingestão, ruminação e

ócio, expressos em minutos, conforme descrito por Johnson e Combs (1991). A observação visual foi realizada por doze observadores treinados, em sistema de revezamento, sendo seis observadores por vez (turnos de 6h), em que cada um observou quatro baias, posicionados estrategicamente de forma a não incomodar os animais. Durante a observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial. No dia da observação, foram realizadas análises bromatológicas da ração fornecida e das sobras de cada baia, para se determinar a quantidade de massa seca e FDN ingeridos pelos animais. Posteriormente, de acordo com os valores encontrados foram calculados as eficiências de alimentação e ruminação da massa seca e do FDN de acordo com as equações descritas por Carvalho et al. (2006).

Seleção de ingredientes: A avaliação da seleção de ingredientes foi realizada esporadicamente durante os dias experimentais e consequentemente no dia em que foi realizado o comportamento ingestivo dos animais. As amostras da dieta total e das sobras existentes de cada baia foram coletadas para analisar a distribuição do tamanho das partículas usando-se o Penn State Particle Separator (PSPS, Nasco, Fort Atkinson, WI, EUA) como descrito por Heinrichs (1996), para então se determinar a extensão da seleção, a qual foi expressa como um índice de seleção. O índice de seleção foi calculado como a **ingestão atual** / **ingestão esperada** para cada porção retida nas peneiras individuais. A **ingestão esperada** foi calculada como a distribuição do tamanho de partícula da dieta total (base na matéria natural) $\times$ a ingestão atual de matéria natural. A **ingestão atual** foi calculada como a quantidade de ração oferecida $\times$ a distribuição do tamanho de partículas da dieta total $-$ a quantidade de sobras $\times$ a distribuição do tamanho de partículas das sobras (%). O índice de seleção de 1, menor que 1 e maior que 1, indicaram: ausência de seleção, seleção contra e a favor daquele tamanho de partícula presente em uma ou outra caixa, respectivamente (LEONARDI e ARMENTANO, 2003). Cada caixa indicava um índice de seleção e foi considerada uma variável dependente na análise estatística.

Análise da espessura de gordura subcutânea (EGS) e área do músculo Longissimus dorsi (AOL) por ultra-sonografia em tempo real: Para o monitoramento do crescimento do tecido adiposo e muscular, os animais foram avaliados segundo a

metodologia proposta por Perkins (1992), utilizando-se unidades de ultrassom veterinário “PIE MEDICAL – Scanner 200”, com sonda “Sector Curved Array Scanner”, modelo 51B04UM02 e óleo vegetal como acoplante acústico para verificar o desenvolvimento do tecido adiposo subcutâneo (EGS) e área de olho de lombo (AOL) do músculo *longissimus dorsi* (contrafilé), entre as 12ª e 13ª costelas. As mensurações por ultrassom foram realizadas no dia anterior ao início de adição de cloridrato de zilpaterol à ração e após o último dia de tratamento com a molécula.

Incidências de rumenite (IR) e abscesso hepático (AH): Para a avaliação das IR e AH os animais após o abate, tiveram seus rumens lavados e avaliados. O epitélio ruminal foi classificado conforme a incidência de lesões (rumenites e hiperparaqueratose) e outras anormalidades no mesmo seguindo a metodologia de Bigham et al. (1975), utilizando como base uma escala de 0 a 10 pontos, sendo calculado pela divisão da área de parede ruminal lesionada (cm²) pela área total da parede do rumen (cm²) multiplicado por 10. Foi considerada na incidência de anormalidades ruminais qualquer classificação na escala de 1 a 10 pontos, sendo desconsiderada a incidência da mesma apenas em casos de classificação zero. As classificações das papilas ruminais foram feitas por duas pessoas treinadas para este fim. O escore final foi a média dos escores dos dois avaliadores.

Com relação ao abscesso hepático, foi classificado de acordo com a severidade do mesmo. Essa classificação utilizou como base o trabalho de Brink et al. (1990) e categorizada como segue: (0) – fígado sem abscesso; (A-) – fígado com um ou dois pequenos abscessos (bem menores que 2,5 cm de diâmetro) ou cicatrizes de abscessos; (A) – fígado com dois a quatro abscessos ativos (pouco menores que 2,5 cm de diâmetro); (A+) – fígado com um ou mais, grandes abscessos (maiores que 2,5 cm de diâmetro) e porções do diafragma aderidos a superfície do fígado. A classificação dos abscessos foram realizadas pelos profissionais da UNESP – Botucatu e contaram com duas pessoas treinadas para este fim. O escore final foi a média dos escores dos dois avaliadores.

Características de carcaça e rendimento de cortes comerciais: No dia do abate em frigorífico comercial (JBS – planta de Lins/SP) todas as carcaças foram pesadas para

determinação do peso de carcaça quente (PCQ), e posteriormente utilizado para o cálculo de rendimento de carcaça (RC). Após o resfriamento das carcaças conforme procedimento frigorífico (48 horas), as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça fria (PCF) e direcionadas a desossa, onde se realizou a pesagem dos principais cortes cárneos de traseiro e dianteiro da meia carcaça esquerda de todos os animais. No dianteiro os cortes avaliados foram: Paleta, acém, peito e músculo dianteiro. Já no traseiro os cortes mensurados foram: Coxão mole, coxão duro, alcatra, patinho, lagarto, picanha, filé mignon, contra filé e músculo traseiro. As avaliações dos cortes foram mensuradas em Kg, conforme o peso de cada corte em balança de precisão, e em percentagem (%), onde se determinou a proporção de cada corte em relação ao peso de carcaça fria correspondente (LAWRENCE et al., 2011). Para cálculo da eficiência biológica foi dividido o valor total de IMS pelo ganho total em arrobas produzida, onde se determinou o PCQ inicial por meio do desconto de 50% do peso vivo.

Força de Cisalhamento: Para a análise de força de cisalhamento (FC) foram utilizadas amostras com média 2,54 cm de espessura do músculo *Longissimus* desprovidas de osso, obtidas a partir da 12ª costela das meias carcaças esquerda dos animais. A partir da coleta das amostras, as mesmas foram identificadas individualmente, embaladas à vácuo e congeladas. Após o descongelamento simultâneo as amostras foram destinadas à maturação (0 a 4°C) por 0, 7, 14 ou 21 dias. Após cada período de maturação previamente estabelecido, as amostras foram retiradas das embalagens para pesagem do exsudato e da amostra. Em seguida as amostras foram deixadas e exposição ao ambiente por 20 minutos para determinação da cor objetiva utilizando o sistema CIELab (CIE, 1986), onde L^* é o croma associado à luminosidade ($L^*=0$ preto, 100 branco), a^* é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+), e b^* , que varia do azul (-) ao amarelo (+). A medida da cor foi realizada em três pontos distintos da amostra, utilizando um espectrofotômetro modelo CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil), com iluminante padrão D65, ângulo de observação de 10° e abertura do obturador de 30mm. Os valores de cor foram considerados como a média das três leituras. Após foi inserido um termômetro no centro geométrico de cada amostra e as mesmas foram colocadas em forno elétrico industrial (Modelo F130/L – Fornos Elétricos Flecha de Ouro Ind. e Com.

Ltda, São Paulo, Brasil) a 170°C até atingirem temperatura interna de 40°C, quando foram viradas e permaneceram até atingir a temperatura interna de 71°C, conforme recomendado pela *American Meat Science Association* (AMSA, 1995). As amostras permaneceram em temperatura ambiente (22°C) até resfriarem, foram novamente pesadas, envolvidas em filme plástico e colocadas em geladeira (4-6°C) até o dia seguinte, quando foram retirados 6 a 8 cilindros (1,27 cm de diâmetro) de cada amostra, no sentido paralelos das fibras. Em seguida os cilindros foram cisalhados utilizando um equipamento *Warner - Bratzler shear force* para determinação da força de cisalhamento. A força de cisalhamento de cada amostra foi considerada como a média das 6 a 8 repetições (WHEELER et al, 1997).

Painel Sensorial Não Treinado: As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA – USP), em cabines individuais, com utilização de iluminação branca para avaliação da suculência, textura, aroma, sabor e qualidade global. Para realizar essa avaliação foram utilizadas 100 amostras do músculo *Longissimus* para cada tempo de maturação (0; 7 e 14 dias). Os bifes foram retirados das embalagens e colocados em bandejas de plástico devidamente identificadas, com uma solução de salmoura a 10% por 15 minutos, fazendo com que os bifes ficassem imersos na salmoura para garantir que a salga fosse homogênea. Em seguida as amostras foram transferidas para uma bandeja de alumínio e levadas ao forno a 180°C, onde foram cozidas utilizando o mesmo procedimento adotado para as amostras utilizadas na análise instrumental. Após a retirada dos bifes do forno, eles foram cortados em amostras em forma de paralelepípedos de 2,5 x 1,5 x 1,5 cm e mantidos nas bandejas junto com o caldo da carne em estufa (60 °C) até o momento da degustação. Foi aplicado o teste sensorial de aceitação do consumidor, utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de “desgostei muitíssimo” (nota 1) a “gostei muitíssimo” (nota 9). As amostras (n=6) foram entregues aos provadores (n=100) de forma monádica em copos plásticos brancos, codificados com números de três dígitos, acompanhados de um copo de água e um biscoito tipo água e sal, para ser utilizado pelo provador entre as amostras para limpar o paladar. (MEILGAARD et al., 1987).

Análise Estatística: Os dados foram analisados utilizando-se o PROC MIXED do SAS (2003) de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + CZ_j + S * CZ_{ij} + e_{ijk},$$

em que: Y_{ijk} = observação relativa à k-ésima unidade experimental (baia) do i-ésimo sexo (S) alimentado com o j-ésimo nível de CZ; μ = média geral; S_i = efeito do i-ésimo S, em que i = 1: castrados, e 2: inteiros; CZ_j = efeito do j-ésimo nível de CZ, sendo i = 1: 0,0 mg de CZ/kg de MS, e 2: 7,5 mg de CZ/kg de MS; $S * CZ_{ij}$ = efeito de interação entre os efeitos de sexo e CZ; e_{ijk} = erro experimental referente à k-ésima unidade experimental do i-ésimo sexo com o j-ésimo nível de CZ ($0; \sigma_e^2$).

Os dados foram submetidos a análises de normalidade e de homocedasticidade de variâncias antes de se proceder a análise de variância. Quando necessário, os dados foram transformados. Cada período foi analisado separadamente, da seguinte forma: período de pré-tratamento, em que só o efeito de sexo foi considerado no modelo, do dia 0 ao 89; período de tratamento com CZ, do dia 90 ao 113; e período total, o qual foi compreendido do dia 0 ao 113. No caso de interações, foi utilizado o teste de Tukey para comparação entre médias. Foram considerados significativos valores de $P < 0,05$.

3. RESULTADOS

Os dados referentes ao desempenho estão apresentados na Tabela 3. Exceto ingestão de massa seca (IMAS) e ingestão de massa seca em relação ao peso vivo (IMASPV) durante o período de tratamento, todas as variáveis em ambas as fases apresentaram efeitos significativos ($P < 0,05$) para condição sexual, sendo que animais não castrados apresentaram maiores peso vivo final (PVF), ganho de peso diário (GPD) e melhora na conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA).

Foi observado efeito principal de CZ ($P < 0,01$) durante o período de tratamento para todas as variáveis de desempenho. Em relação a adição de CZ observou-se aumento do PVF (512,5 kg vs 516,4), GPD (1,32 kg/dia vs 1,73 kg/dia), e melhora da CA (7,56 vs 5,56) e EA (0,14 vs 0,18). No tocante a IMAS e IMASPV, apresentaram efeitos ($P < 0,01$) entre condição sexual e adição de CZ, sendo constatado que animais CC apresentaram maior ingestão em relação aos tratamentos que continham CZ, e o grupo CCZ obteve menor consumo em relação aos tratamentos controle.

Em relação ao período total de confinamento foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$) para CZ, reduzindo a IMASPV (2,23% vs 2,19%) e por consequência melhora da CA (6,63 vs 6,29) e EA (0,15 vs 0,16).

Tabela 3. Desempenho de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol.

Item	Tratamentos				Valores de <i>P</i>			
	CC	CCZ	NCC	NCCZ	EPM ¹	S ²	Z ³	I ⁴
<i>Peso vivo inicial, kg</i>	347,7	347,5	348,7	346,2	8,69	0,93	0,41	0,49
PRE TRATAMENTO - 0 a 89 dias								
<i>Peso vivo final, kg</i>	474,6	470,1	497,8	493,4	4,61	0,01	0,44	0,99
<i>Ganho de peso diário, kg</i>	1,42	1,38	1,66	1,65	0,46	<0,01	0,41	0,67
<i>Ingestão de massa seca, kg</i>	9,29	9,26	9,58	9,65	0,10	<0,01	0,86	0,62
<i>Ingestão de massa seca, % do PV</i>	2,34	2,31	2,36	2,36	0,01	0,02	0,51	0,27
<i>Eficiência Alimentar</i>	0,154	0,148	0,174	0,172	0,01	<0,01	0,26	0,72
<i>Conversão Alimentar</i>	6,53	6,75	5,77	5,84	0,17	<0,01	0,26	0,54
TRATAMENTO - 90 a 109 dias								
<i>Peso vivo final, kg</i>	499,1	500,6	525,9	532,3	1,93	0,02	<0,01	0,21
<i>Ganho de peso diário, kg</i>	1,22	1,51	1,41	1,95	0,50	0,02	<0,01	0,21
<i>Ingestão de massa seca, kg</i>	9,88 ^a	9,00 ^c	9,61 ^{ab}	9,47 ^{bc}	0,11	0,59	<0,01	0,04
<i>Ingestão de massa seca, % do PV</i>	2,00 ^a	1,81 ^c	1,91 ^{ab}	1,87 ^{bc}	0,11	0,72	<0,01	0,02
<i>Eficiência Alimentar</i>	0,121	0,167	0,149	0,206	0,01	<0,01	<0,01	0,51
<i>Conversão Alimentar</i>	8,33	6,30	6,79	4,81	0,33	<0,01	<0,01	0,94
PERÍODO TOTAL - 0 a 112 dias								
<i>Ganho de peso diário, kg</i>	1,34	1,35	1,60	1,71	0,05	<0,01	0,17	0,25
<i>Ingestão de massa seca, kg</i>	9,40	9,16	9,84	9,79	0,12	<0,01	0,23	0,45
<i>Ingestão de massa seca, % do PV</i>	2,22	2,16	2,25	2,23	0,01	<0,01	0,04	0,22
<i>Eficiência Alimentar</i>	0,142	0,147	0,161	0,175	0,04	<0,01	0,03	0,25
<i>Conversão Alimentar</i>	7,05	6,84	6,22	5,75	0,17	<0,01	0,03	0,37
<i>Índice de Rumenite</i>	2,62	2,97	2,74	2,59	0,33	0,75	0,41	0,41
<i>Abcessos Hepáticos</i>	Ne ⁵	Ne	Ne	Ne	Ne			

CC – Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; CCZ – Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; NCC – Não Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; NCCZ – Não Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; ¹ Erro padrão médio; ² Sexo; ³ Zilpaterol; ⁴ Interação; ^{a,b} Médias com letras distintas, diferem ($P \leq 0,05$); ⁵ Não significativo.

Tabela 4. Características de carcaça de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol.

Item	Tratamentos				EPM ¹	Valores de <i>P</i>		
	CC	CCZ	NCC	NCCZ		S ²	Z ³	I ⁴
<i>PCQ, kg</i>	278,60	290,50	281,40	295,00	1,07	0,06	<0,01	0,59
<i>PCF, kg</i>	275,00	286,80	277,60	290,90	1,60	0,10	<0,01	0,64
<i>RC, %</i>	55,01	56,76	55,27	56,60	0,19	0,88	<0,01	0,41
<i>EGS I, mm</i>	4,70	5,05	4,49	4,25	0,28	0,12	0,81	0,23
<i>EGS F, mm</i>	5,62	5,48	5,38	5,00	0,30	0,29	0,33	0,65
<i>AOL I, cm²</i>	71,96	72,54	72,00	67,02	1,85	0,21	0,22	0,12
<i>AOL F, cm²</i>	76,24	80,12	76,37	78,53	1,49	0,67	0,04	0,54
<i>EB</i>	156,16	139,67	142,08	126,61	2,80	<0,01	<0,01	0,79

PCQ – Peso de carcaça quente; PCF – Peso de carcaça fria; RC – Rendimento de carcaça; EGS I – Espessura de gordura subcutânea inicial; EGS F – Espessura de gordura subcutânea final; AOL I – Área de olho de lombo inicial; AOL F – Área de olho de lombo final; EB – Eficiência biológica; CC – Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; CCZ – Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; NCC – Não Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; NCCZ – Não Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; ¹ Erro padrão médio; ² Sexo; ³ Zilpaterol; ⁴ Interação.

Os valores de características de carcaça estão apresentadas na Tabela 4. Houve efeitos significativos ($P < 0,05$) para CZ sobre peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça (RC), área de olho de lombo final (AOLF) e eficiência biológica (EB), sendo os melhores resultados encontrados para o grupo tratado em relação ao controle. Também foi constatado efeito significativo ($P < 0,01$) para condição sexual, em que animais não castrados apresentaram melhora sobre a EB.

Os resultados de comportamento ingestivo e seletividade dos ingredientes estão ilustrados na Tabela 5. Para o dia da observação encontrou-se efeito de interação significativo ($P < 0,05$) entre condição sexual e CZ sobre IMAS e ingestão de massa seca por refeição (IMASREF), em que o grupo CCZ apresentou menor ingestão em relação aos demais tratamentos.

Os resultados obtidos em relação ao rendimento de cortes comerciais estão apresentados na Tabela 6.

Animais suplementados com CZ apresentaram maior peso de cortes comerciais ($P < 0,05$) para acém, paleta, musculo dianteiro, coxão mole, coxão duro, patinho, picanha, filé mignon, contra filé e musculo traseiro, com exceção para peito e lagarto ($P < 0,05$). Em relação a percentagem dos cortes sobre o peso de carcaça fria, foram

encontrados efeitos significativos ($P < 0,05$) para coxão mole, patinho, picanha, filé mignon e contra filé.

Bovinos não castrados apresentaram maior peso e percentagem em relação a carcaça fria ($P < 0,05$) de acém, musculo dianteiro, lagarto e contra filé. Enquanto que o filé mignon foi significativo ($P < 0,05$) somente em percentagem.

Resultados referentes a força de cisalhamento, perdas por cocção e coloração da carne estão ilustrados na Tabela 7. Não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$) entre animais suplementados com CZ e animais controle em nenhuma das características avaliadas, obtendo significância ($P < 0,05$) apenas entre as fases de maturação para todas as mensurações realizadas.

Os dados referentes ao painel sensorial estão apresentados na Tabela 8. Foi observado efeito significativo de interação ($P = 0,04$) para textura no tempo zero, em que a carne de animais não castrados suplementados com CZ apresentaram menor aceitação pelos provadores. No mesmo tempo de maturação, o sabor da carne apresentou efeito significativo ($P = 0,02$) para condição sexual, reportando valores superiores para animais castrados.

Para 7 dias de maturação houve efeito significativo ($P = 0,01$) de aroma para CZ, em que animais controle apresentaram valores superiores quando comparado com o grupo suplementado. Ainda no mesmo período de maturação, o sabor apresentou efeito significativo ($P < 0,01$) de interação, em que o grupo NCCZ apresentou menor índice quando comparado com NCC e CCZ, entretanto, não diferiu ($P > 0,05$) do grupo CC.

O tempo de 14 dias de maturação apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para textura e suculência em relação a condição sexual, sendo a carne de animais castrados superior para esses parâmetros em relação aos não castrados. Houve efeito significativo ($P < 0,05$) de interação para sabor e qualidade global, em que animais não castrados suplementados com CZ, apresentaram menor aceitação em relação aos demais tratamentos.

Tabela 5. Comportamento ingestivo e seletividade dos ingredientes da dieta de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol

Item	Tratamentos				Valores de <i>P</i>			
	CC	CCZ	NCC	NCCZ	EPM ¹	S ²	Z ³	I ⁴
<u>Comportamento Ingestivo</u>								
<i>Tempo Alimentação Refeição, min/dia</i>	11,86	8,76	10,78	10,84	0,81	0,54	0,07	0,06
<i>Tempo em ócio, min/dia</i>	923,89	954,72	925,28	887,78	22,6	0,16	0,88	0,14
<i>Tempo de Ruminação, min/dia</i>	355,28	350,56	355,28	395,56	18,8	0,22	0,33	0,22
<i>Tempo de Alimentação, min/dia</i>	160,83	134,72	159,44	156,67	9,8	0,30	0,15	0,24
<i>Idas ao Cocho, n</i>	13,66	15,72	14,88	14,77	0,69	0,84	0,17	0,13
<i>Idas ao Bebedouro, n</i>	7,27	7,16	7,77	8,72	0,69	0,25	0,63	0,55
<i>Ingestão de Massa Seca, kg</i>	9,23 ^a	8,30 ^b	9,28 ^a	9,84 ^a	0,30	0,01	0,55	0,02
<i>Ingestão de Massa Seca por refeição, kg</i>	0,68 ^a	0,53 ^b	0,63 ^a	0,67 ^a	0,04	0,24	0,22	0,03
<i>Eficiência de Alimentação da MS</i>	17,35	16,24	17,34	16,00	1,12	0,91	0,28	0,92
<i>Eficiência de Ruminação da MS</i>	38,64	42,64	38,33	40,66	2,47	0,60	0,16	0,70
<i>Consumo de FDN, kg</i>	2,46	2,39	2,49	2,84	0,11	0,04	0,25	0,08
<i>Eficiência de Alimentação do FDN</i>	65,03	56,93	64,40	56,41	4,63	0,90	0,09	0,99
<i>Eficiência de Ruminação do FDN</i>	143,86	150,15	142,62	142,74	10,1	0,63	0,72	0,73
<u>Seletividade dos Ingredientes da Dieta</u>								
<i>Peneira de 19 mm</i>	0,97	1,05	1,05	1,05	0,03	0,24	0,23	0,30
<i>Peneira de 8 mm</i>	1,00	0,99	1,03	1,04	0,02	0,13	0,96	0,76
<i>Peneira de 0,18 mm</i>	1,00	0,96	0,99	0,99	0,01	0,51	0,26	0,35
<i>Bandeja</i>	0,98	0,90	0,97	0,97	0,01	0,25	0,15	0,15

CC – Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; CCZ – Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; NCC – Não Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; NCCZ – Não Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; ¹ Erro padrão médio; ² Sexo; ³ Zilpaterol; ⁴ Interação; ^{a,b} Médias com letras distintas, diferem ($P \leq 0,05$).

Tabela 6. Rendimento de cortes comerciais de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol

Item	Tratamentos				Valores de P			
	CC	CCZ	NCC	NCCZ	EPM ¹	S ²	Z ³	I ⁴
<i>Paleta, kg</i>	11,89	12,31	11,84	12,44	0,12	0,76	<0,01	0,46
<i>Paleta, %</i>	8,86	8,79	8,78	8,82	0,07	0,75	0,79	0,39
<i>Acem, kg</i>	17,99	18,52	18,94	20,29	0,25	<0,01	<0,01	0,10
<i>Acem, %</i>	13,40	13,20	13,98	14,33	0,18	<0,01	0,65	0,12
<i>Peito, kg</i>	7,44	7,49	7,46	7,66	0,18	0,52	0,24	0,49
<i>Peito, %</i>	5,56	5,36	5,53	5,44	0,12	0,83	0,10	0,53
<i>Musculo D, kg</i>	4,14	4,44	4,47	4,66	0,08	<0,01	<0,01	0,40
<i>Musculo D, %</i>	3,08	3,17	3,33	3,31	0,06	<0,01	0,48	0,27
<i>Cx. Mole, kg</i>	9,75	10,86	9,82	10,70	0,14	0,77	<0,01	0,29
<i>Cx. Mole, %</i>	7,25	7,76	7,29	7,59	0,11	0,50	<0,01	0,14
<i>Cx. Duro, kg</i>	5,88	6,36	5,96	6,23	0,08	0,81	<0,01	0,20
<i>Cx. Duro, %</i>	4,39	4,56	4,41	4,41	0,05	0,29	0,13	0,11
<i>Alcatra, kg</i>	4,37	4,81	4,50	4,80	0,09	0,58	<0,01	0,41
<i>Alcatra, %</i>	3,25	3,45	3,32	3,39	0,07	0,93	0,08	0,39
<i>Patinho, kg</i>	5,88	6,29	5,70	6,39	0,09	0,66	<0,01	0,16
<i>Patinho, %</i>	4,43	4,57	4,17	4,49	0,03	0,41	0,01	0,97
<i>Picanha, kg</i>	2,43	2,65	2,38	2,62	0,05	0,52	<0,01	0,89
<i>Picanha, %</i>	1,80	1,89	1,77	1,86	0,03	0,41	0,01	0,97
<i>Lagarto, kg</i>	2,57	2,79	2,85	2,95	0,05	<0,01	0,07	0,20
<i>Lagarto, %</i>	1,92	2,01	2,10	2,08	0,03	0,01	0,24	0,08
<i>Filé mignon, kg</i>	2,87	3,08	2,75	3,06	0,04	0,13	<0,01	0,15
<i>Filé mignon, %</i>	2,15	2,21	2,03	2,16	0,02	<0,01	<0,01	0,12
<i>Contra filé, kg</i>	11,01	11,66	10,70	11,16	0,15	0,03	<0,01	0,52
<i>Contra filé, %</i>	8,21	8,34	7,91	7,89	0,10	<0,01	0,05	0,45
<i>Musculo T, kg</i>	4,59	4,80	4,66	5,03	0,06	0,06	<0,01	0,17
<i>Musculo T, %</i>	3,43	3,43	3,45	3,56	0,04	0,14	0,13	0,15

CC – Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; CCZ – Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; NCC – Não Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; NCCZ – Não Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; ¹ Erro padrão médio; ² Sexo; ³ Zilpaterol; ⁴ Interação.

Tabela 7. Força de cisalhamento, perdas por cocção e coloração da carne de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol

Item	Tratamentos				Fases				EPM ¹	Valores de <i>P</i>			
	CC	CCZ	NCC	NCCZ	0	7	14	21		S ²	Z ³	F ⁴	I ⁵
<i>Força de cisalhamento, kg</i>	4,56	4,86	4,86	4,96	6,46	4,63	4,19	3,96	0,13	0,21	0,20	<0,01	0,54
<i>Perdas por cocção, g</i>	28,18	29,65	28,40	28,71	30,7	27,2	29,0	27,9	0,48	0,47	0,09	<0,01	0,33
<i>L*</i>	28,55	28,83	29,06	28,91	29,9	21,9	31,7	31,7	0,51	0,59	0,90	<0,01	0,43
<i>a*</i>	13,60	14,55	13,49	13,20	14,9	18,5	11,8	9,6	0,47	0,21	0,56	<0,01	0,46
<i>b*</i>	13,42	13,09	12,98	12,73	9,49	17,5	14,6	10,5	0,32	0,25	0,42	<0,01	0,42

CC – Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; CCZ – Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; NCC – Não Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; NCCZ – Não Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; L* Luminosidade (L* = 0 preto, 100 branco), a* Croma (varia do verde (-) ao vermelho (+)), e b* (azul (-) ao amarelo (+)); ¹Erro padrão médio; ² Sexo; ³ Zilpaterol; ⁴ Fases de maturação; ⁵ Interações.

Tabela 8. Painel sensorial não treinado em três tempos de maturação da carne de bovinos Nelore alimentados com Cloridrato de Zilpaterol

Item	Tratamentos				Valores de P			
	CC	CCZ	NCC	NCCZ	EPM ¹	S ²	Z ³	I ⁴
Tempo 0								
<i>Aroma</i>	6,42	6,34	6,06	6,09	0,16	0,06	0,87	0,73
<i>Textura</i>	6,57 ^a	6,56 ^a	6,73 ^a	6,04 ^b	0,17	0,30	0,04	0,04
<i>Suculência</i>	6,89	6,92	7,01	6,48	0,15	0,30	0,12	0,08
<i>Sabor</i>	7,12	7,18	6,55	7,12	0,15	0,02	0,16	0,07
<i>Qualidade Global</i>	6,88	7,02	6,88	6,46	0,14	0,06	0,33	0,06
Tempo 7								
<i>Aroma</i>	6,70	6,52	6,67	6,21	0,13	0,20	0,01	0,29
<i>Textura</i>	6,52	6,45	6,78	6,23	0,17	0,90	0,07	0,15
<i>Suculência</i>	6,71	6,89	7,07	6,21	0,15	0,58	0,58	0,10
<i>Sabor</i>	6,87 ^{ab}	7,11 ^a	7,07 ^a	6,50 ^b	0,15	0,17	0,26	<0,01
<i>Qualidade Global</i>	6,73	6,82	6,97	6,55	0,19	0,91	0,23	0,07
Tempo 14								
<i>Aroma</i>	6,69	6,68	6,83	6,34	0,14	0,49	0,07	0,09
<i>Textura</i>	7,20	6,97	6,48	6,44	0,15	<0,01	0,40	0,56
<i>Suculência</i>	7,26	7,20	6,97	6,87	0,15	0,04	0,58	0,89
<i>Sabor</i>	7,16 ^a	7,37 ^a	7,28 ^a	6,63 ^b	0,14	0,03	0,13	<0,01
<i>Qualidade Global</i>	7,14 ^a	7,26 ^a	7,07 ^a	6,57 ^b	0,13	<0,01	0,16	0,02

CC – Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; CCZ – Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; NCC – Não Castrado com 0,00 mg/kg/MS de CZ; NCCZ – Não Castrado com 7,5 mg/kg/MS de CZ; ¹ Erro padrão médio; ² Sexo; ³ Zilpaterol; ⁴ Interação.

4. DISCUSSÃO

Os principais parâmetros de desempenho dos animais Nelore nesse estudo sofreram influência de sexo, em que melhores índices foram registrados para animais não castrados, com aumento do ganho de peso diário (1,34 kg/dia vs 1,66 kg/dia), peso vivo final (499,99 kg vs 529,10 kg), ingestão de massa seca (9,28 kg/dia vs 9,81 kg/dia), melhora sobre a eficiência alimentar (0,145 vs 0,168) e conversão alimentar (6,94 vs 5,98), quando comparado com animais castrados. Esses resultados foram compartilhados por diversos trabalhos (RESTLE et al., 1996.; FILHO et al., 2001), em que o desempenho em confinamento de bovinos não castrados foi superior (15 à 20%) em relação ao grupo castrado.

A adição de Cloridrato de Zilpaterol (CZ) durante o período de tratamento promoveu aumento de 31% (410 g/dia) no ganho de peso diário, melhora de 33% na eficiência alimentar e 26% na conversão alimentar. Os presentes resultados corroboram com os reportados por McEvers et al. (2014), em que suplementaram bovinos castrados (britânicos x continental) por 20 dias utilizando a dose de 8,33 mg de CZ/kg de MAS encontraram incremento de 26% sobre ganho de peso diário e 30% em relação a eficiência alimentar. Valores semelhantes foram encontrados por diversos autores (MCEVERS et al., 2012; RATHMANN et al., 2012; KORN et al., 2013), em que a inclusão dessa molécula por 20, 30 e 40 dias proporcionou melhora no desempenho de bovinos confinados.

Basicamente as variáveis de seletividade e comportamento ingestivo foram semelhantes na inclusão de CZ. A única constatação foi de menor ingestão de massa seca (IMAS) e tempo de alimentação por refeição (TALREF) para animais castrados que receberam CZ, esse resultado está de acordo com o observado durante toda fase de suplementação, em que houve redução de IMAS para o mesmo grupo.

A redução na IMAS (-880 g/dia/MAS), IMASPV, e aumento de GPD (290 g/dia) durante os 20 dias de tratamento com CZ para animais castrados, pode apresentar grande vantagem em uma escala de confinamento comercial, em que pequenos ajustes podem resultar em melhores índices econômicos da atividade. Resultados de mesma magnitude foram encontrados por Scramlin et al. (2010), trabalhando com bovinos (½

britânicos x $\frac{1}{2}$ continentais) castrados e suplementados por 30 dias com CZ, sendo observado redução de 770 g/dia/MAS para o grupo tratado.

O mecanismo de redução na ingestão dos animais suplementados com CZ ainda não é totalmente conhecido. No presente estudo apenas o grupo de animais castrados com adição de CZ apresentou redução em relação ao controle, ou seja, animais de maior precocidade para deposição de gordura e por consequência de menor peso à maturidade, sofreram redução significativa.

Uma possível hipótese estaria ligado a eficiência energética da dieta, uma vez que animais castrados possuem menor capacidade em converter o alimento em ganho muscular, principalmente durante a fase avaliada. Logo, a potencialização da síntese proteica ocasionada pelo CZ é menos expressiva para essa categoria, o que levaria a redução sobre a ingestão para adequar a exigência de ganho demandada. Em contrapartida, animais não castrados que possuem maior capacidade em ganho muscular, a ingestão não foi alterada.

Freitas et al. (2008) reportaram aumento de EGS para animais castrados em relação a não castrados. Tal comportamento apesar de não ter sido observado significancia no presente estudo, ilustrou que animais castrados apresentavam EGS superior numericamente em relação aos não castrados (4,88 mm vs 4,37 mm) antes do fornecimento de CZ. Assim sendo, podemos predizer que o grupo de animais castrados estavam mais próximos de seu peso a maturidade, com tamanho de adipócitos superiores e por consequência maior ação de hormônios inibidores de consumo, como a leptina.

A leptina em relação ao balanço energético tem como ação primária os neurônios no núcleo hipotalâmico arqueado, onde estimula a expressão de neurotransmissores e hormônios ligados aos mecanismos de inibição da ingestão alimentar e aumento do gasto energético total, via ativação do sistema nervoso simpático (HERMSDORFF e MONTEIRO. 2004). Mc Evers et al. (2014) estudando o efeito de CZ sobre diferentes grupos com expressões de leptina, observaram redução de IMS para o grupo com maior porcentagem de alelos para leptina, ou seja, animais que apresentaram genótipo para potencialização desse hormônio obtiveram consumo reduzido. Nesse contexto, se faz necessário mensurações de enzimas envolvidas na

deposição de tecido adiposo e de leptina, para que se tenha melhor embasamento sobre a redução de ingestão em animais castrados.

Mesmo tendo observado o aumento do ganho de peso e do menor consumo de massa seca em kg durante o período de tratamento para os animais suplementados com CZ, no período total não houve diferenças significativas para essas variáveis. No entanto, foi observado menor consumo de massa seca em peso vivo (2,23% vs 2,19%) e melhora da eficiência alimentar (0,16 vs 0,15) e da conversão (6,64 vs 6,30) alimentar. Os resultados encontrados estão de acordo com Rathmann et al. (2012), os quais avaliando novilhas (britânicas x continentais) tratadas com CZ por 0 ou 20 dias, reportaram melhora da eficiência alimentar para 20 dias durante o período total de confinamento.

Com os resultados obtidos no presente estudo, pode-se afirmar que a adição de CZ no período final de confinamento (fase de piores índices para ganho de peso) para bovinos Nelore castrados, proporciona redução sobre a diferença existente no desempenho de bovinos castrados e não castrados, ou seja, tornando-se uma boa alternativa para reduzir a perda de eficiência de animais castrados, aumentando a lucratividade do confinador.

Animais suplementados com CZ apresentaram aumento de 12,56 kg no peso de carcaça quente (PCQ) e 12,53 kg no peso carcaça fria (PCF). Outros resultados de maior magnitude, foram encontrados por Elam et al. (2009), Vasconcelos et al. (2008) e Baxa et al. (2010), em que à adição por 30 dias de CZ (8,33 mg de CZ/kg MAS) na ração de bovinos castrados e anabolizados (britânicos x continental), desencadeou aumento de 17, 16 e 20 kg no PCQ comparado com bovinos recebendo a dieta controle. Dos Santos et al. (2014) trabalhando com bovinos Nelore não castrados por diferentes períodos de suplementação com CZ (0, 20, 30 e 40 dias), reportaram aumento linear para PCQ, entretanto relataram que a inclusão torna-se pouco vantajosa a partir de 20 dias, visto que o ganho em carcaça a partir desse período apresentou-se bastante discreto.

A área de lombo final (AOLF) e o rendimento de carcaça (RC) aumentou 1,54% para os animais alimentados com CZ quando comparado com animais não suplementados, evidenciando a grande eficiência dessa molécula em mobilizar nutrientes para componentes de carcaça em pouco tempo de suplementação. Beckett et al. (2009) observaram aumento na AOL, e no RC (1,56%) de bovinos castrados

holandeses recebendo CZ por 20 dias. Resultados semelhantes foram reportados por outros autores (ELAM et al., 2009 e AVENDAÑO-REYES et al., 2006).

O aumento no RC e no PCQ em conjunto com a redução de ingestão de massa seca em relação ao peso vivo (IMSPV), refletiu em melhora na eficiência biológica durante o período total de confinamento para o grupo suplementado com CZ. O consumo de massa seca para ganho de uma arroba para o grupo controle foi de 149,12 kg, enquanto que para o grupo suplementado com CZ foi de 133,14 kg, evidenciando o impacto na conversão do alimento em ganho de carcaça com apenas 20 dias de suplementação.

Os resultados reportados para espessura de gordura subcutânea (EGS), em que não se observou alteração entre os animais alimentados com CZ e controle (5,50 mm vs 5,24 mm), estão de acordo com os encontrados por McEvers et al. (2012) e Beckett et al. (2009) que não encontraram mudanças sobre essa característica para bovinos holandeses tratados com CZ por 0 ou 20 dias. Consolo et al. (2014a) compartilhou os mesmos resultados (5,2 vs 4,8 mm para controle e grupo com CZ) trabalhando com novilhas Nelore alimentadas por 30 dias (8,33 mg de CZ/kg MAS).

A inclusão de CZ não proporcionou redução ou estabilização sobre a EGS, apenas tornou-se a deposição de gordura mais lenta, o que não refletiu em alteração na EGS final entre os tratamentos. Essa afirmação está diretamente correlacionada a condição durante o início de suplementação, ou seja, é primordial que nessa fase os animais apresentem cobertura de carcaça desejável ou próximo disso. Nessas condições é possível terminar bovinos Nelore alimentados com CZ com espessura de gordura de contra filé adequada, sem prejudicar a qualidade da carcaça.

Alguns efeitos em animais *Bos taurus* no peso de carcaça são maximizados com uso prolongado de CZ por 30 ou 40 dias (MONTGOMERY et al., 2009), entretanto, ao aumentar o período de suplementação o incremento do custo de produção é inevitável, além de prejudicar características qualitativas do produto final. Conforme relatado por Elam et al. (2009), que observaram redução linear para escore de marmoreio e EGS com o aumento do período de suplementação (0; 20; 30 e 40 dias) para bovinos ½ britânico x ½ continental.

Os incrementos no rendimento de carcaça e peso de carcaça quente mencionado acima está diretamente correlacionado aos maiores pesos de cortes comerciais

registrados. O maior impacto nos cortes comerciais está direcionado a região do quarto traseiro, reportando aumento de 3,79 kg, enquanto que o dianteiro foi menos expressivo com média de 1,82 kg.

Entre os cortes do quarto dianteiro podemos destacar aumento de acém (940 g) e paleta (510 g), enquanto que para o quarto traseiro região de cortes mais nobres, houve incremento para os animais suplementados com CZ em relação ao grupo controle de coxão mole (990 g), coxão duro (380 g), patinho (550 g), alcatra (370 g), contra filé (560 g), picanha (230 g) e filé mignon (260 g).

Shook et al. (2009) em estudo similar com bovinos $\frac{1}{2}$ britânicos x $\frac{1}{2}$ continentais, encontraram efeito significativo para os principais cortes comerciais, principalmente para os cortes da região do traseiro, onde o impacto no incremento de peso foi mais expressivo. Resultados semelhantes foram reportados por Lawrence et al. (2011) trabalhando com vacas de descarte por 20 dias de suplementação.

Segundo Kirchofer et al. (2002) existem variações entre os tipos de fibra muscular para cada musculo, sendo que acém e coxão mole são compostos por maiores quantidades de fibras musculares glicolíticas (fibras brancas). Esse tipo de fibra, chamado também de fibra tipo II, possui maior respostas a estímulos de beta agonistas em relação aos demais (SMITH et al., 1995). Essas afirmações podem explicar as variações de respostas, onde músculos representados por maior proporção de fibras tipo II, obtiveram maiores repostas, por sua capacidade de hipertrofia.

Entre os parâmetros de maior impacto sobre a qualidade de carne está a maciez, onde a inclusão de CZ não proporcionou maior força de cisalhamento da carne para nenhum período de maturação avaliado (0, 7, 14 e 21). Esses resultados corroboram com os encontrados por Claus et al. (2010) e Brooks et al. (2010), que não encontraram diferenças na força de cisalhamento da carne de bovinos taurinos suplementados por 20 dias com CZ, com dosagens de 7,56 e 6,8 mg/kg/MS, ou seja, próximas da utilizada no presente estudo.

Consolo et al. (2014b) suplementando CZ na dose 8,33 mg de CZ/kg MAS na ração de novilhas Nelore por 30 dias, observaram redução na maciez para 7 e 14 dias de maturação, no entanto para 0 e 21 dias não houve diferença em relação ao grupo controle. Diversos estudos com animais *Bos taurus*, ilustram que a inclusão dessa molécula levou ao maior valor de força de cisalhamento da carne independente do

período de maturação (RATHMANN et al., 2009; LEHESKA et al., 2009; HOLMER et al., 2009). No entanto, diferenças notáveis são observados sobre a qualidade de carne entre *Bos taurus* e *Bos indicus*. Segundo Whipple et al. (1990) essa diferença ocorre em virtude da proteólise reduzida das proteínas miofibrilares, associada a alta atividade da calpastatina nos músculos de animais zebuínos. Ibrahim et al. (2008) relataram aumento na força de cisalhamento para o grupo zebuínio em relação ao taurino, sendo explicado pela maior atividade de calpastatina *pos mortem* para animais zebu.

Os resultados de painel sensorial ilustraram um leve endurecimento da carne de animais não castrados suplementados com CZ para o tempo zero de maturação, fato que não foi observado após sete dias de maturação. Hilton et al. (2009) e Brooks et al. (2010) trabalhando com provadores treinados, observaram menor aceitação para textura na carne de bovinos suplementados com CZ em relação ao grupo controle (5,7 vs. 5,3), entretanto Leheska et al. (2009) não encontraram diferença para esse parâmetro entre o grupo suplementado com CZ e controle.

Animais não castrados e suplementados com CZ apresentaram carne com qualidade inferior em relação ao sabor para 7 e 14 dias de maturação e qualidade global aos 14 dias. Esses resultados estão de acordo com os abordados por Brooks et al. (2010) para 21 dias de maturação, onde a carne de bovinos suplementados com CZ reduziu a aceitação para sabor e qualidade global.

As diferenças observadas na análise sensorial de carne para o grupo de animais não castrados suplementados com CZ em relação aos demais tratamentos foram abaixo de um ponto, ou seja, apesar de valores inferiores estão dentro de uma escala aceitável para o paladar humano. Vale ressaltar que o uso de provadores é uma análise subjetiva, tornando-se ainda mais discutível quando utilizado painel não treinado, modelo do presente estudo.

Em relação à condição sexual, poucos são os trabalhos que mostram não existir diferenças na qualidade da carne de animais não castrados e castrados (SEIDEMAN et al., 1982; GERRARD et al., 1987) e quase inexistentes aqueles que indicam melhor qualidade para animais não castrados, ainda assim, quando ocorrem, referem-se a animais abatidos até aos 14 meses (VAZ et al., 1999). O fato é que a grande maioria dos trabalhos que avaliaram castrados e não castrados mostram carne de melhor qualidade para animais castrados (MULLER e RESTLE, 1983; RESTLE et al., 1996).

Nesse contexto, os resultados de painel sensorial observados no presente estudo com bovinos Nelore estão de acordo com os abordados pela literatura, em que animais não castrados geram carne de pior aceitação, e que quando adicionado CZ na ração essa piora é ainda mais significativa. Já animais castrados mesmo com a inclusão de CZ a qualidade do produto final permaneceu intacta.

5. CONCLUSÕES

Para bovinos Nelore castrados ou não castrados terminados em confinamento, a adição de 7,5 mg/kg de MS de Cloridrato de Zilpaterol por 20 dias, evidencia aumento do ganho de peso diário, melhora de eficiência alimentar e incremento no peso de carcaça quente.

A inclusão desta molécula não proporcionou maior força de cisalhamento da carne, bem como não alterou a espessura de gordura subcutânea (*longissimus dorsi*) para o grupo genético avaliado. Em que, a carne de bovinos castrados obteve melhor aceitação pelos provadores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVENDANO-REYES, L., TORRES-RODRIGUEZ, V., MERAZ-MURILO, F.J., PÉREZ-LINRES, C., FIGUEROA-SAAVEDRA, F., ROBINSON, P.H. Effects of two beta-adrenergic agonists on finishing performance carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. **Journal Animal Science**, v. 84, p. 3259-3265, 2006.

BAKER, G. A., GUILBERT, H. R. Non-randomness of variations in daily weights of cattle. **Journal of Animal Science**. v. 1, p. 293-299, 1942.

BAXA, T. J., HUTCHESON, J. T., MILLER, M. F., BROOKS, J. C., NICHOLS, W. T., STREETER, M. N., YATES, D. A., JOHNSON, B. J. 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 Animal Science**, v.88, p.330–337. 2010.

BECKETT, J. L., DELMORE, R. J., DUFF, G. C., YATES, D. A., ALLEN, D. M., LAWRENCE D, E., ELAM, N. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 4092-4100. 2009.

BIGHAM, M. L., McMANUS, W. R. Whole wheat grain feeding of lambs. Effects of roughage and wheat grain mixtures. **Australian Journal Agricultural Research**. Vol. 26, p. 1053-1062, 1975.

BRINK, D.R. et al. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**. v.68, p.1201-1207, 1990.

BROOKS, J. C., MEHAFFEY, J. M., COLLINS, J. A., ROGERS, H. R., LEGAKO, J., JOHNSON, B. J., LAWRENCE, T., ALLEN, D. M., STREETER, M. N., NICHOLS, W. T., HUTCHESON, J. P., YATES, D. A., MILLER, M F. Moisture enhancement and blade tenderization effects on the shear force and palatability of strip loin steaks from

beef cattle fed zilpaterol hydrochloride. **Journal Animal Science**, v. 88, p. 1809–1816. 2010.

CARVALHO, S., RODRIGUES, M. T., BRANCO, R. H., RODRIGUES, C. A. F. Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 562-568, 2006.

CLAUS, H. L., DIKEMAN, M. E., MURRAY, L., BROOKS, J. C., SHOOK, J., HILTON, G. G., LAWRENCE, T. E., MEHAFFEY, J. M., JOHNSON, B. J., ALLEN, D. M., STREETER, M. N., NICHOLS, W. T., HUTCHESON, J. P., YATES, D. A., MILLER, M. F., HUNT, M. C., KILLEFER, J. Effects of supplementing feedlot steers and heifers with zilpaterol hydrochloride on Warner- Bratzler shear force interrelationships of steer and heifer 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.

CONSOLO, N. R. B., GOULART, R. S., RODRIGUES, F., FRASSETO, M. O., MACIEL, R. A. P., PENSO, J. F., SILVA, L. S. P. Effect of zilpaterol hydrochloride on carcass composition, subprimal yield, and meat quality of Nellore heifers. In: ADSA-ASAS Joint Annual Meeting, Kansas. **Journal of Animal Science**, v 92, p. 312, 2014b.

CONSOLO, N. R. B., GOULART, R. S., RODRIGUES, F., FRASSETO, M. O., SOUZA, J. M., SILVA, L. F. P., FERRARI, V. B. Performance and carcass attributes of Nellore heifers fed with zilpaterol hydrochloride. In: ADSA-ASAS Joint Annual Meeting, Kansas. **Journal of Animal Science**, v 92, p. 816, 2014a.

DOS SANTOS, A. C. R., CAETANO, M., GOULART, R. S., PFLANZER, S. B., LUZ E SILVA, S., LANNA, D. P. D. Effects of zilpaterol hydrochloride feeding time on Nellore Bulls performance and carcass characteristics. In: ADSA-ASAS Joint Annual Meeting, Kansas. **Journal of Animal Science**, v 92, p. 454, 2014.

ELAM, N. A., VASCONCELOS, J.T., HILTON, G., VANOVERBEKE, D.L., LAWRENCE, T.E., MONTGOMERY, T.H., NICHOLS, W.T., STREETER, M.N., HUTCHESON, J.P., YATES, D.A., GALYEAN, M.L. Effect of zilpaterol hydrochloride duration of feeding on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. **Journal Animal Science**, v.87, p.2133–2141, 2009.

FILHO, K. E., FEIJO, G. L. D., FIGUEIREDO, G. R., EUCLIDES, V. P. B., SILVA, L. O. C., CUSINATO, V. Q. Efeito de Idade à Castração e de Grupos Genéticos sobre o Desempenho em Confinamento e Características de Carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 71-76, 2001.

GARMYN, A.J., SHOOK, J.N., VANOVERBEKE, J. L., BECKETT, J.L., DELMORE, R.J., YATES, D.A., ALLEN, D.M., HILTON, J.R. The effects of zilpaterol hydrochloride on carcass cutability and tenderness of calf-fed Holstein steers. **Journal Animal Science**, v.88, p. 2476-2485, 2010.

GERRARD, D.E.; JONES, S.J.; ABERLE, E.D. Collagen stability, testosterone secretion and meat tenderness in growing bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v. 65, n. 5, p. 1236-1242, 1987.

HEINRICHS, J. In evaluating particle Size of Forages and TMRs using the Penn State Particle Size Separator. Pennsylvania: Pennsylvania State University, State College, p. 9, 1996.

HERMSDORFF, H. H. M., MONTEIRO, J. B. R. Gordura Visceral, subcutânea ou intramuscular: Onde está o problema?. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 48, nº 6, 2004.

HILTON, G. G., MONTGOMERY, J. L., KREHBIEL, C.R., YATES, D.A., HUTCHESON, J.P., NICHOLS, W.T., STREETER, M.N., BLANTON, J.R., MILLER, M.F. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin

on carcass cutability and meat palatability of beef steers. **Journal Animal Science**, v.87, p.1394–1406, 2009.

HOLMER, S. F., FERNANDEZ-DUENAS, D. M., SCRAMLIN, S. M., SOUZA, C. M., BOLER, D. D., MCKEITH, F. K., KILLEFER, J., DELMORE, R. J., BECKETT, J. L., LAWRENCE, T. E., VANOVERBEKE, D. L., HILTON, G. G., DIKEMAN, M. E., BROOKS, J. C., ZINN, R. A., STREETER, M. N., HUTCHESON, J.P., NICHOLS, W. P., ALLEN, D. M., YATES, D. A. The effect of zilpaterol hydrochloride on meat quality of calffed Holstein steers. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 3730–3738. 2009.

IBRAHIM, R.M., GOLL, D.E., MARCHELLO, J.A. et al. Effect of two dietary concentrate levels on tenderness, calpain and calpastatin activities, and carcass merit in Waguli and Brahman steers. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1426- 1433, 2008.

JOHNSON, T. R., COMBS, D. K. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 74, n. 3, p. 933-944, 1991.

KIRCHOFER, K. S., CALKINS, C. R., GWARTNEY, B. L. Fibertype composition of muscles of the beef chuck and round. **Journal Animal Science**, v. 80, p. 2872–2878, 2002.

KORN, K. T., LEMENAGER, R. P., CLAEYS, M. C., ENGSTROM, M., SCHOONMAKER, J. P. Supplemental vitamin D3 and zilpaterol hydrochloride. I. Effect on performance, carcass traits, tenderness, and vitamin D metabolites of feedlot steers. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 3322-3331, 2013.

LAWRENCE, T. E., GASCH, C. A., HUTCHESON, J. P., HODGEN, J. M. Zilpaterol improves feeding performance and fabrication yield of concentrate-finished cull cows. **Journal Animal Science**, v. 89, p. 2170-2175, 2011.

LEONARDI, C., ARMENTANO, L. E. Effect of Quantity, Quality, and Length of Alfalfa Hay on Selective Consumption by Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 02, p.557-564, 2003.

LEHESKA, J. M., MONTGOMERY, J. L., KREHBIEL, C. R., YATES, D. A., HUTCHESON, J. P., NICHOLS, W. T., STREETER, M., BLANTON, J. R., MILLER, M. F. Dietary zilpaterol hydrochloride. II. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 1384 – 1393, 2009.

MCEVERS, T. J., WALTER, L. J., DEFOOR, P. J., SWINGLE, R. S., HUTCHESON, J. P., LAWRENCE, T. E. The effect of supplementing zilpaterol hydrochloride on feeding performance and carcass characteristics of steers sorted by leptin genotype. **Journal Animal Science**, v. 02, p. 332-338, 2014.

MCEVERS, T. J., NICHOLS, W. T., HUTCHESON, J. P., EDMONDS, M. D., LAWRENCE, T. E. Feeding performance, carcass characteristics, and tenderness attributes of steers sorted by the Igenity tenderness panel and fed zilpaterol hydrochloride. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 4140-4147, 2012.

MILLEN, D. D., PACHECO, R. D. L., ARRIGONI, M. D. B. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal Animal Science**, v.87, p.3427-3439, 2009.

MONTGOMERY, J. L., KREHBIEL, C. R., CRANSTON, J. J., YATES, D. A., HUTCHESON, J. P., NICHOLS, W. T., STREETER, M. N., BECHTOL, D. T., JOHNSON, E., TERHUNE, T., MONTGOMERY, T. H. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. **Journal Animal Science**, v. 87, p.1374-1383, 2009a.

MULLER, L.; RESTLE, J. Carcass characteristics of steers and young bulls. In: EUROPEAN CONGRESS OF MEAT RESEARCHER WORKERS, 29., 1983, Parma. **Proceedings...** Parma: CERCA, 1983. p. 530-535.

PARR, S. L., CHUNG, K.Y., GALYEAN, M. L., HUTCHESON, J. P., DILORENZO, N., HALES, K. E., MAY, M. L., QUINN, M. J., SMITH, D. R., JOHNSON, B. J. Performance of finishing beef steers in response to anabolic implant and zilpaterol hydrochloride supplementation. **Journal Animal Science**, v. 89, p. 560-570. 2011.

PERKINS, T.L. **The use of real-time, linear-array ultrasound techniques to predict final carcass composition in beef cattle**. Ames: Texas Tech University, 1992. Tese (PhD) – TexasTech University, 1992.

RATHMANN, R. J., BERNHARD, B. C., SWINGLE, R. S., LAWRENCE, T. E., NICHOLS, W. T., YATES, A., HUTCHESON, J. P., STREETER, M. N., BROOKS, J. C., MILLER, M. F., JOHNSON, B. J. Effects of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness in beef heifers. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 3301–3311. 2009.

RATHMANN, R. J., BERNHARD, B. C., SWINGLE, R. S., LAWRENCE, T. E., NICHOLS, W. T., YATES, A., HUTCHESON, J. P., STREETER, M. N., BROOKS, J. C., MILLER, M. F., JOHNSON, B. J. Effects of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness in beef heifers. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 3301–3311. 2012.

RESTLE, J., GRASSI, C., FEIJÓ, G. L. D. Desenvolvimento e rendimento de carcaça de bovinos inteiros ou submetidos a duas formas de castração, em condições de pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.2, p.324-333, 1996.

SEIDEMAN, S.C.; CROSS, H.R.; OLTJEN, R.R. Utilization of the intact male for red meat production: a review. **Journal of Animal Science**, v. 55, n. 4, p. 826-840, 1982.

SCRAMLIN, S.M., PLATTER, W.J., GOMEZ, R.A., CHOAT, W.T., MCKEITH, F.K., KILLEFER, J. Comparative effects of ractopamine hydrochloride and zilpaterol

hydrochloride on growth performance, carcass traits, and longissimus tenderness of finishing steers. **Journal Animal Science**, v.88, p.1823-1829, 2010.

SHOOK, J. N., VANOVERBEKE, D. L., KINMAN, L. A., KREHBIEL, C. R., HOLLAND, B. P., STREETER, M. N., YATES, D. A., HILTON, G. G. Effects of zilpaterol hydrochloride and zilpaterol hydrochloride withdrawal time on beef carcass cutability, composition, and tenderness. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 3677–3685. 2009.

SMITH, S. B., DAVIS, S. K., WILSON, J. J., STONE, R. T., WU, F. Y., GARCIA, D. K., LUNT, D. K., SCHIAVETTA, A. M. Bovine fast-twitch myosin light chain 1: Cloning and mRNA amount in muscle of cattle treated with clenbuterol. **American Journal Physiology**, v. 268: p. 858–865, 1995.

SOARES, L. **Composição, rendimento de carcaça e desempenho de bovinos inteiros e castrados em diferentes idades, recriados a pasto e terminados em confinamento**. Dissertação (Mestrado), 74p, Universidade Federal de Lavras. 2005.

STACKHOUSE-LAWSON, K. R., CALVO, M. S., PLACE, S. E., ARMITAGE, T. L., PAN, Y., ZHAO Y., MITLOEHNER, F. M. Growth promoting technologies reduce greenhouse gas, alcohol, and ammonia emissions from feedlot cattle. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 5438-5447, 2013.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell university Press, 1994. 476p.

VASCONCELOS, J. T., RATHMANN, R. J., REUTER, R. R., LEIBOVICH, J., MCMENIMAN, J. P., HALES, K. E., COVEY, T. L., MILLER, M. F., NICHOLS, W. T., GALYEAN, M.L. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle performance and carcass traits. **Journal Animal Science**, v. 86, p. 2005–2015, 2008.

VAZ, F. N., RESTLE, J., FEIJO, G. L. D. Qualidade e composição química de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 518 – 525. 2001.

WHEELER, T. L., SHACKELFORD, S.D., JOHNSON, L.P., et al. A comparison of Warner- Bratzler shear force assessment within and among institutions. **Journal of Animal Science**. v. 75, p. 2423-2432, 1997.

WHIPPLE, G., KOOHMARAIE, M., DIKEMAN, M.E. et al. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science** 68, 2716–2728, 1990.

CAPITULO 3

IMPLICAÇÕES

O sistema de confinamento é realidade nos dias de hoje dentro da bovinocultura de corte brasileira, com crescimento anualmente da atividade. Dentro desse modelo de produção os pequenos ajustes podem representar melhora sobre a eficiência e lucratividade do sistema.

Os resultados do presente estudo ilustram que essa tecnologia sobre animais *Bos indicus*, castrados e não castrados, contribui para melhora sobre a fase final de confinamento e por consequência incremento de eficiência para todo período confinado. Outro ponto importante do presente estudo foi o uso desta molécula pelo menor período recomendado (20 dias) em conjunto com a administração em dosagem (7,5 mg de CZ/kg de MAS) inferior da comumente utilizada em demais estudos (8,3 mg de CZ/kg de MAS), o qual demonstrou os mesmos resultados positivos.

Considerando confinamentos comerciais, que trabalham com grande escala de animais, o aumento médio de 12,60 kg sobre o peso de carcaça quente pode representar elevado retorno econômico para a atividade. A superioridade na produção de carne com as mesmas quantidades de recursos naturais faz-se desta tecnologia uma importante aliada pela busca da sustentabilidade.

O uso de CZ em animais Nelore castrados torna-se uma alternativa viável para atenuar a perda de eficiência desta categoria dentro de uma situação de terminação intensiva. No presente estudo a redução de IMS e aumento do GPD sofrido por essa categoria, proporcionou eficiência alimentar superior ao grupo de não castrados controle durante a fase de tratamento e reduziu a diferença para o período total de confinamento. Outro ponto positivo com relação a bovinos Nelore castrados suplementados com CZ, foi a melhor aceitação da carne pelos provadores de acordo com a análise sensorial.

A implantação desta tecnologia na produção de bovinos Nelore confinados, não levou ao aumento da força de cisalhamento da carne produzida, gerando a possibilidade de que raças zebuínas pela menor capacidade em produzir carne macia podem apresentar efeito reduzido para essa característica quando comparado com raças taurinas. Se faz necessário mais pesquisas com relação a esse parâmetro, bem como avaliação de fibras musculares e dosagem de enzimas chave para esse processo (calpaínas, calpastatinas etc) para validação desta afirmação no cenário nacional.