**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol e do tempo de confinamento no desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore

Antonio Carlos Ramos dos Santos

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2015**

Antonio Carlos Ramos dos Santos
Zootecnista

Efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol e do tempo de confinamento no desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **DANTE PAZZANESE DUARTE LANNA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Santos, Antonio Carlos Ramos dos

Efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol e do tempo de confinamento no desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore / Antonio Carlos Ramos dos Santos. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.
59 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Agonista beta-adrenérgico 2. *Bos indicus* 3. Suplementação I. Título

CDD 636.291
S237e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

***Dedico este trabalho, com todas as lutas e conquistas,
À DEUS E A MINHA FAMÍLIA.***

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Antonio Ramos e Angelica Dias, exemplos de integridade, amor e dedicação. À Franciellen Ramos e Danieli Perez pelo apoio irrestrito em todos os momentos;

Ao professor Dante Pazzanese Lanna pela confiança e orientação na condução deste trabalho. À Mariana Caetano e Maria Antônia Etchegaray pela orientação, paciência e amizade;

Aos professores Paulo Roberto Leme, Saulo da Luz e Silva e Sérgio Bertelli Pflanze pela colaboração e valiosas sugestões. À FAPESP, CNPQ e MSD Saúde Animal pelo suporte financeiro concedido;

Aos amigos Vitor Augusto, Erika Camporezi, Felipe Marinelli, Daniel Messias, Geovani Feltrin, Tiago Albertini, Marcelo Coutinho, Welder Baldassini, Veridiana Souza, Michele Lopes e Bruna Alves pela colaboração;

Agradeço também a todos que, com ações ou palavras, contribuíram na execução de todas as etapas deste trabalho, em especial aos funcionários da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

***Como é grande aquele que encontrou sabedoria e ciência!
Mas nada é tão grande como aquele que teme ao Senhor.
(ECLE 25, 9 – 16)***

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
Referências	16
2 EFEITOS DO PERÍODO DE ADMINISTRAÇÃO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL E DO TEMPO DE CONFINAMENTO NO DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇA E RENDIMENTO DE CORTES CÁRNEOS COMERCIAIS DE BOVINOS NELORE.....	19
Resumo	19
Abstract	19
2.1 Introdução	20
2.2 Material e Métodos	21
2.2.1 Animais e delineamento experimental.....	21
2.2.2 Dietas experimentais e alimentação.....	21
2.2.3 Pesagem e ultrassonografia.....	23
2.2.4 Abate e avaliação de carça	24
2.2.5 Análise estatística	25
2.3 Resultados	25
2.3.1 Desempenho animal.....	25
2.3.2 Características de carça	28
2.3.3 Cortes cárneos comerciais	30
2.4 Discussão.....	33
2.5 Conclusões.....	35
Referências	35
3 EFEITOS DO PERÍODO DE ADMINISTRAÇÃO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL E DO TEMPO DE CONFINAMENTO NA QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS NELORE	39
Resumo	39
Abstract	39
3.1 Introdução	40
3.2 Material e Métodos.....	41
3.2.1 Animais e dietas experimentais.....	41

3.2.2 Abate e coleta de amostras	42
3.2.3 Cor instrumental e pH	43
3.2.4 Composição da carne	44
3.2.5 Força de cisalhamento.....	44
3.2.6 Análise sensorial.....	45
3.2.7 Análise estatística	46
3.3 Resultados.....	46
3.3.1 Cor instrumental e pH.....	46
3.3.2 Composição da carne	48
3.3.3 Características de palatabilidade.....	51
3.4 Discussão	55
3.5 Conclusões	57
Referências.....	57

RESUMO

Efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol e do tempo de confinamento no desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) e do tempo de confinamento no desempenho, características de carcaça, rendimento de cortes cárneos comerciais e na qualidade de carne de bovinos Nelore. Foram utilizados 96 bovinos machos não castrados da raça Nelore, com peso vivo inicial de $377 \pm 25,1$ kg. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados em esquema fatorial 4×2 , sendo quatro períodos de administração com CZ (0, 20, 30 ou 40 dias) e dois tempos de confinamento (90 ou 117 dias). O período de suplementação com CZ (8,33 mg/kg de matéria seca total) iniciou-se 23, 33 e 43 dias antes do abate. Nos últimos três dias que antecederam o abate todos os animais foram alimentados com a dieta sem CZ, respeitando o período de carência do produto. O contrafilé (músculo *Longissimus thoracis et lumborum*) de todas as meias-carcaças esquerdas foi amostrado para as análises de qualidade de carne. Com exceção da área do olho de lombo obtida por ultrassom ($P = 0,02$) e área do olho de lombo medida na carcaça resfriada ($P = 0,05$), não houve interação entre período de administração de CZ e tempo de confinamento ($P > 0,10$). O aumento do período de suplementação com CZ proporcionou aumento linear da eficiência alimentar ($P < 0,01$), peso de carcaça quente ($P < 0,01$), rendimento de carcaça quente ($P < 0,01$) e rendimento de carne desossada ($P < 0,01$). Os bifes de contrafilé de animais suplementados com CZ apresentaram maior conteúdo percentual de proteína ($P < 0,01$), enquanto que a espessura de gordura subcutânea ($P = 0,04$) e o conteúdo percentual de lipídios intramusculares ($P < 0,01$) diminuíram com administração de CZ. O valor percentual de ácidos graxos poliinsaturados totais aumentou ($P = 0,01$) com a administração de CZ, sendo atribuído principalmente ao aumento percentual do ácido linoleico (18:2 *cis*-9, *cis*-12; $P = 0,01$) e ácido araquidônico (20:4 *n*-6; $P < 0,01$). A força de cisalhamento das amostras de contrafilé aumentou ($P < 0,01$) com a inclusão de CZ na dieta, sendo esse resultado independente do tempo de maturação (7, 14, 21 ou 28 dias *post-mortem*). Observou-se interação entre período de administração de CZ e tempo de maturação (14 ou 28 dias *post-mortem*) para escore de maciez inicial ($P = 0,03$) e escore de tecido conjuntivo ($P < 0,01$), onde o processo de maturação melhorou mais a carne de animais controle do que a carne de animais suplementados com CZ. Mesmo com a diminuição da maciez, os bifes de animais suplementados com CZ foram considerados macios pelos provadores do painel sensorial. O CZ melhora a eficiência de produção de carne de bovinos Nelore, proporcionando aumento na massa muscular dos animais tratados sem alterar o consumo de matéria seca. Por outro lado, o tratamento dos animais com CZ reduz a maciez e a velocidade do processo de amaciamento do contrafilé.

Palavras-chave: Agonista beta-adrenérgico; *Bos indicus*; Suplementação

ABSTRACT

Effects of zilpaterol hydrochloride feeding time and feedlot days on performance, carcass characteristics and meat quality of Nellore bulls

The objective of this research was to evaluate the effects of zilpaterol hydrochloride (ZH) feeding time and feedlot days on performance, carcass characteristics, yield commercial cuts and meat quality of Nellore bulls. Ninety six Nellore bulls with initial body weight of 377 ± 25.1 kg were used in a randomized complete block in 4×2 factorial design, with four periods of ZH feeding (0, 20, 30 or 40 d) and 90 or 117 d in the feedlot. The supplementation period with ZH (8.33 mg/kg of dietary dry matter basis) started 23, 33 or 43 d before slaughter. In the last three days prior to slaughter all the animals were fed the diet without ZH, respecting the product grace period. Strip loin (m. *Longissimus thoracis et lumborum*) of all left-carcasses were sampled for meat quality analysis. With the exception of LM area obtained both by ultrasound ($P = 0.02$) and by refrigerated carcasses ($P = 0.05$), there was no interaction between periods ZH feeding and days in the feedlot ($P > 0.10$). The increase of the supplementation period with ZH linearly increased feed efficiency ($P < 0.01$), hot carcass weight ($P < 0.01$), hot carcass yield ($P < 0.01$) and boning yield ($P < 0.01$). Beef strip loin steaks from animals supplemented with ZH presented a higher percentage of protein content ($P < 0.01$), while the 12th-rib fat ($P = 0.04$) and the percentage content of intramuscular fat ($P < 0.01$) decreased with ZH feeding. The percentage of polyunsaturated fatty acids increased ($P = 0.01$) with the ZH feeding and was mainly attributed to the increase of linoleic acid (18:2 *cis*-9, *cis*-12; $P = 0.01$) and arachidonic acid (20:4 n-6, $P < 0.01$). The Warner-Bratzler shear force ($P < 0.01$) from the strip loin samples increased with the inclusion of dietary ZH and this result was independent of the aging time (7, 14, 21 or 28 d postmortem). There was interaction between ZH feeding period and maturation time (14 or 28 d postmortem) to initial tenderness score ($P = 0.03$) and connective tissue score ($P < 0.01$), showing that the maturation process improved meat tenderness of control animals rather than ZH animals. Despite the initial meat tenderness decrease, strip loin steaks of animals supplemented with ZH were still considered tender by trained evaluators. ZH improves Nellore bulls meat production efficiency, providing an increase in muscle mass of the treated animals with no change in dry matter intake. However, treatment of animals with ZH reduces the tenderness and the speed of the strip loin maturation process.

Keywords: Beta-adrenergic agonist; *Bos indicus*; Supplementation

1 INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte brasileira destaca-se no cenário internacional por possuir o maior rebanho comercial do mundo, com aproximadamente 208 milhões de cabeças e produção de 10,1 milhões de toneladas de equivalente carcaça, sendo exportados 2,09 milhões desse montante, em 2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE - ABIEC, 2015). Por outro lado, a bovinocultura de corte brasileira apresenta baixos índices de produtividade em comparação a outros países com tradição no setor. Em 2014, a bovinocultura de corte nacional apresentou uma taxa de desfrute de apenas 20,1% (ABIEC, 2015), sendo que 11,0% dos 42,1 milhões de animais abatidos foram terminados em confinamento. Portanto, tornam-se necessárias ferramentas que proporcionem melhoria na eficiência produtiva. Neste sentido, o cloridrato de zilpaterol (CZ) tem se destacado por proporcionar melhoria na produção e na produtividade de animais terminados em confinamento (ARP et al., 2014; HALES et al., 2014).

O CZ foi aprovado para uso por diversos órgãos reguladores internacionais, como pelo *Food and Drug Administration* (FDA), órgão que regulamenta o uso de drogas nos Estados Unidos da América, e está sendo usado em diversos países como nos Estados Unidos da América, Canada, México e África do Sul (DELMORE et al., 2010). No Brasil com a publicação da Instrução Normativa nº 55/2011 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e com a revogação da Instrução Normativa nº 10/2001 houve a permissão para o uso desse composto a partir de junho de 2012. Porém, a inexistência temporária de um sistema implementado de produção segregada de bovinos pelo setor produtivo e as restrições ao uso de agonistas de receptores beta-adrenérgicos por mercados importadores, ocasionaram a publicação do Ato nº 1/2012 do MAPA, que suspendeu o uso do CZ no país até ulterior deliberação.

Desde a sua aprovação pelo FDA em 2006, o CZ tem sido alvo de pesquisas de várias universidades norte-americanas, com o objetivo de caracterizar seus efeitos na produção de carne bovina, avaliando o desempenho animal, características de carcaça, rendimento de cortes cárneos e qualidade da carne (DELMORE et al., 2010). De modo geral, os trabalhos têm mostrado que o uso deste composto sintético pertencente ao grupo dos agonistas de receptores beta-adrenérgicos proporciona melhoria no ganho de peso diário, eficiência alimentar,

peso de carcaça, rendimento de carcaça e no rendimento de carne desossada (ARP et al., 2014; HALES et al., 2014). Mostrou-se ainda que esse composto diminui o escore de maciez sensorial e o escore de suculência sensorial do contrafilé, além de proporcionar uma tendência em aumentar a percepção de tecido conjuntivo (GARMYN et al., 2010).

Embora existam inúmeros trabalhos na literatura, as fazendas de terminação brasileiras apresentam características particulares que não foram contempladas nos trabalhos anteriores, as quais poderiam alterar as respostas do CZ. Uma das características é a predominância de animais zebuínos e, em particular, anelorados (COSTA JUNIOR et al., 2013). Outra ocorrência típica nas fazendas de terminação brasileira é a predominância de bovinos não castrados. Além disso, o confinamento corresponde a períodos mais curtos que os utilizados nos trabalhos anteriores. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do período de administração de CZ e do tempo de confinamento no desempenho, características de carcaça, rendimento de cortes cárneos comerciais e qualidade da carne de bovinos Nelore.

Referências

ARP, T.S.; HOWARD, S.T.; WOERNER, D.R.; SCANGA, J.A.; MCKENNA, D.R.; KOLATH, W.H.; CHAPMAN, P.L.; TATUM, J.D.; BELK, K.E. Effects of dietary ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride supplementation on performance, carcass traits, and carcass cutability in beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 92, p. 836-843, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Disponível em: <www.abiec.com.br>. Acesso em: 13 abr. 2015.

COSTA JUNIOR, C.; GOULART, R.S.; ALBERTINI, T.Z.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.E.P.; VASCONCELOS, J.T.; BERNOUX, M.; LANNA, D.P.D.; CERRI, C.C. Brazilian beef cattle feedlot manure management: A country survey. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 91, p. 1811-1818, 2013.

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

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

HALES, K.E.; SHACKELFORD, S.D.; WELLS, J.E.; KING, D.A.; HAYES, M.D.; BROWN-BRANDL, T.M.; KUEHN, L.A.; FREETLY, H.C.; WHEELER, T.L. Effects of feeding dry-rolled corn-based diets with and without wet distillers grains with solubles and zilpaterol hydrochloride on performance, carcass characteristics, and heat stress in finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 92, p. 4023-4033, 2014.

2 EFEITOS DO PERÍODO DE ADMINISTRAÇÃO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL E DO TEMPO DE CONFINAMENTO NO DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇA E RENDIMENTO DE CORTES CÂRNEOS COMERCIAIS DE BOVINOS NELORE

Resumo

Este trabalho avaliou os efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) e do tempo de confinamento no desempenho, características de carcaça e rendimento de corte cárneos comerciais de bovinos Nelore. Foram utilizados 96 bovinos machos não castrados da raça Nelore, com peso vivo inicial de $377 \pm 25,1$ kg. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados em esquema fatorial 4×2 , sendo quatro períodos de administração com CZ (0, 20, 30 ou 40 dias) e dois tempos de confinamento (90 ou 117 dias). O período de suplementação com CZ (8,33 mg/kg de matéria seca total) iniciou-se 23, 33 e 43 dias antes do abate para os tratamentos com 20, 30 e 40 dias de CZ, respectivamente. Nos últimos três dias que antecederam o abate todos os animais foram alimentados com a dieta sem CZ, respeitando o período de carência do produto. Com exceção da área do olho de lombo obtida por ultrassom ($P = 0,02$) e área do olho de lombo obtida na carcaça resfriada ($P = 0,05$), não houve interação entre período de administração de CZ e tempo de confinamento ($P > 0,10$). O aumento do período de suplementação com CZ proporcionou aumento linear da eficiência alimentar ($P < 0,01$), peso de carcaça quente ($P < 0,01$), rendimento de carcaça quente ($P < 0,01$), rendimento de traseiro-serrote ($P < 0,01$) e rendimento de carne desossada ($P < 0,01$). Entretanto, o escore de mármore ($P = 0,03$), espessura de gordura subcutânea ($P = 0,04$) e o conteúdo percentual de gordura renal, pélvica e inguinal ($P < 0,01$) diminuíram com a administração de CZ. O *Yield Grade* melhorou e o *Quality Grade* não foi alterado com a suplementação de CZ. A maior parte dos cortes comerciais do traseiro-serrote apresentou aumento linear no rendimento com o aumento do período de administração de CZ. O CZ melhora a eficiência de produção de carne de bovinos Nelore, proporcionando aumento na massa muscular dos animais tratados sem alterar o consumo de matéria seca.

Palavras-chave: Agonista beta-adrenérgico; *Bos indicus*; Suplementação

Abstract

This study evaluated the effects of zilpaterol hydrochloride (HZ) feeding period and feedlot days on performance, carcass characteristics and meat commercial cutting performance of Nellore. Ninety six Nellore bulls with initial body weight of 377 ± 25.1 kg were used in a randomized complete block in 4×2 factorial design, with four periods of ZH feeding (0, 20, 30 or 40 d) and 90 or 117 d in the feedlot. The ZH supplementation period (8.33 mg/kg of dietary dry matter basis) started 23, 33 or 43 d before slaughter for treatments with 20, 30 and 40 d of ZH, respectively. In the last three days prior to slaughter all the animals were fed the diet without ZH, respecting the product grace period. With the exception of LM area obtained both by ultrasound ($P = 0.02$) and by refrigerated carcasses ($P = 0.05$), there was no interaction between

periods ZH feeding and days in the feedlot ($P > 0.10$). The increase of the ZH supplementation period linearly increased feed efficiency ($P < 0.01$), hot carcass weight ($P < 0.01$), hot carcass yield ($P < 0.01$), hindquarter yield ($P < 0.01$) and boneless meat yield ($P < 0.01$). ZH feeding reduced marbling score ($P = 0.03$), 12th-rib fat ($P = 0.04$) and the percentage content of kidney, pelvic and inguinal fat ($P < 0.01$). Yield Grade was improved and Quality Grade has not changed with ZH supplementation. Most of commercial hindquarter cuts showed a linear increase in yield with increasing ZH feeding period. ZH improves Nellore bulls meat production efficiency, providing an increase in muscle mass of the treated animals with no change in dry matter intake.

Keywords: Beta-adrenergic agonist; *Bos indicus*; Supplementation

2.1 Introdução

O cloridrato de zilpaterol (CZ) tem sido usado como aditivo melhorador de desempenho em bovinos terminados em confinamento. Diversos trabalhos têm mostrado que o uso deste composto sintético pertencente ao grupo dos agonistas de receptores beta-adrenérgicos proporciona melhoria no ganho de peso diário, eficiência alimentar, peso de carcaça, rendimento de carcaça e no rendimento de carne desossada (ARP et al., 2014; HALES et al., 2014). Mostrou-se ainda que esse composto, produz modificações na composição corporal dos animais tratados, diminuindo consideravelmente o tecido adiposo, ao mesmo tempo que aumenta a massa proteica muscular (HOWARD et al., 2014).

Embora existam vários trabalhos na literatura, as fazendas de terminação brasileiras apresentam características particulares que não foram contempladas nos trabalhos anteriores, as quais poderiam alterar as respostas do CZ. Uma das características é a predominância de animais zebuínos e, em particular, anelorados (COSTA JUNIOR et al., 2013). Outra ocorrência típica nas fazendas de terminação brasileira é a predominância de bovinos não castrados. Além disso, o confinamento corresponde a períodos mais curtos que os utilizados nos trabalhos anteriores. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do período de administração de CZ e do tempo de confinamento no desempenho, características de carcaça e rendimento de cortes cárneos comerciais de bovinos Nelore. Tais resultados permitirão avaliar o impacto da tecnologia dos agonistas de receptores beta-adrenérgicos em condições típicas de países tropicais.

2.2 Material e Métodos

Os procedimentos adotados com os animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (Protocolo: 2012/13).

2.2.1 Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 96 bovinos da raça Nelore, machos, não castrados, com idade média de dois anos e peso vivo médio inicial de $377 \pm 25,1$ kg. Os animais foram distribuídos em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4×2 , caracterizado por quatro períodos de administração de CZ (0, 20, 30 ou 40 dias) e dois tempos de confinamento (90 ou 117 dias). Os blocos foram formados de acordo com o peso vivo inicial, apresentando 12 unidades experimentais por tratamento. Durante o período experimental, 48 animais foram alojados em baias individuais e os outros 48 animais foram alojados em quatro baias coletivas equipadas com portões eletrônicos do tipo *Calan gates* (American Calan, Northwood, New Hampshire, EUA), permitindo avaliar o consumo alimentar individual. No início do período experimental, os animais foram desverminados (Ivermectina OF, Ourofino Agronegócio, Cravinhos, São Paulo, Brasil), vacinados contra as clostridioses (Sintoxan Polivalente T, Merial Brasil, Campinas, São Paulo, Brasil) e suplementados com vitamina A, D e E (Canter OF, Ourofino Agronegócio, Cravinhos, São Paulo, Brasil).

2.2.2 Dietas experimentais e alimentação

As dietas foram formuladas de acordo com as exigências estimadas pelo *National Research Council* - NRC (1996), sendo que os animais receberam níveis crescentes de concentrado, durante o período de adaptação. O período de adaptação teve duração de 12 dias, os primeiros seis dias os animais receberam uma dieta contendo 50% de concentrado e os seis dias seguintes receberam uma dieta contendo 66% de concentrado. Após esse período, todos os animais foram alimentados com uma dieta contendo 85% de concentrado e sem inclusão de CZ (dieta controle), até iniciar o período de administração de CZ. O período de suplementação com CZ iniciou-se 23, 33 e 43 dias antes do abate para os

tratamentos com 20, 30 e 40 dias de CZ, respectivamente. Durante esse período, foram utilizadas duas dietas: 1) dieta controle; e 2) dieta com inclusão de 8,33 mg de CZ (Zilmax, MSD Saúde Animal, São Paulo, Brasil) por kg de matéria seca total. Nos últimos três dias que antecederam o abate todos os animais foram alimentados com a dieta controle, respeitando o período de carência do produto (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da matéria seca)

	Dietas experimentais			
	Adaptação ¹	Adaptação ²	Controle	CZ ³
Ingredientes				
Silagem de milho	50,00	34,00	15,00	15,00
Milho moído	26,00	48,00	69,66	69,66
Caroço de algodão	15,00	10,78	10,00	10,00
Farelo de soja	6,00	4,00	2,00	2,00
Uréia	0,70	1,00	1,20	1,20
Calcário	1,58	1,48	1,04	1,04
Cloreto de potássio	-	-	0,38	0,38
Cloreto de sódio	0,10	0,12	0,10	0,10
Fosfato bicálcico	0,10	0,10	0,10	0,10
Núcleo ⁴ , controle	0,52	0,52	0,52	-
Núcleo ⁴ , CZ	-	-	-	0,52
Composição química				
Matéria seca	54,50	60,88	72,06	72,10
Proteína bruta	14,44	14,43	14,49	14,30
Extrato etéreo	4,56	4,14	5,58	5,14
Matéria mineral	6,75	5,58	4,22	3,91
Fibra em detergente ácido	20,50	17,19	11,23	11,21
Fibra em detergente neutro	34,86	27,18	22,09	21,79

¹Dieta oferecida entre o primeiro e o sexto dia de confinamento; ²Dieta oferecida entre o sétimo e o décimo segundo dia de confinamento; ³Dieta com inclusão de cloridrato de zilpaterol (CZ; 8,33 mg/kg de matéria seca na dieta total), a qual começou a ser oferecida 23, 33 e 43 dias antes do abate, com período de carência nos últimos três dias, para os tratamentos com 20, 30 e 40 dias de CZ, respectivamente; ⁴Núcleo contendo por quilograma 45,4 g de Ca, 73,4 g de S, 34,9 g de P, 30,9 g de Mg, 213,1 g de Na, 82 mg de Co, 1.871 mg de Cu, 1.000 mg de Fe, 130 mg de I, 3.670 mg de Mn, 26 mg de Se, 5.564 mg de Zn, 290.000 UI de vitamina A e 2.533 mg de Salinomicina equivalente a 13 mg/kg de matéria seca na dieta total

Antes de iniciar o período experimental, os ingredientes de cada dieta experimental foram misturados na fábrica de ração pertencente à Novanis Animal Ltda (Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil), com exceção da silagem de milho, milho moído e caroço de algodão. Estes três últimos foram misturados aos demais ingredientes diariamente, no local do experimento, utilizando a misturadora de ração Unimix 1200 (Casale Equipamentos, São Carlos, São Paulo, Brasil). As dietas foram

fornecidas aos animais duas vezes ao dia, em duas porções iguais, sendo o primeiro fornecimento realizado às 07:00 horas e o segundo às 16:00 horas. No intuito de obter manejo de cocho semelhante ao realizado em confinamentos comerciais, ao em vez de fazer a retirada de sobras diárias, o alimento foi remontado, sendo adotado o escore de cocho de maneira a permitir consumo *ad libitum*.

As amostras dos alimentos fornecidos e das respectivas sobras foram coletadas semanalmente, sendo identificadas e acondicionadas em freezer para posteriores análises laboratoriais. Todas as amostras foram pré-secadas em estufa ventilada a 55°C e, posteriormente, moídas em moinho com peneira de um milímetro e acondicionadas em frascos identificados. As amostras foram analisadas de acordo com *Association of Official Analytical Chemists* - AOAC (1997) para matéria seca (método 934.01), proteína bruta (método 954.01), extrato etéreo (método 920.39), matéria mineral (método 942.05) e fibra em detergente ácido (método 973.18). A fibra de detergente neutro foi determinada de acordo com metodologia proposta por Van Soest et al. (1991). O consumo de matéria seca foi obtido pela diferença entre a quantidade de alimento fornecido e a quantidade de sobra.

2.2.3 Pesagem e ultrassonografia

Os animais foram pesados no início e ao final do período de suplementação com CZ, além de serem pesados a cada 14 dias. As pesagens foram realizadas sempre sem jejum entre 07:00 e 08:00 horas, antes do fornecimento da dieta. O ganho de peso foi determinado por meio de regressão linear do peso vivo sem jejum (FERREIRO; PRESTON, 1976), onde o ganho de peso foi representado pelo coeficiente linear da equação. Essa metodologia foi adotada para diminuir a variação ocasionada pelo enchimento do trato gastrointestinal. Simultaneamente com as pesagens realizadas no início e ao final do período de administração de CZ, foram coletadas imagens ultrassonográficas da área do olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), entre a décima segunda e a décima terceira constelas. As imagens ultrassonográficas foram obtidas do lado esquerdo dos animais, utilizando um equipamento de ultrassom *real-time* (Aloka SSD-500V, Aloka Ltda., Tokyo, Japão). Utilizou-se óleo vegetal para facilitar o contato acústico com o corpo do animal. As imagens foram armazenadas e posteriormente interpretadas

utilizando o *software* Lince (M&S Consultoria Agropecuária Ltda., Pirassununga, São Paulo, Brasil).

2.2.4 Abate e avaliação de carcaça

Ao final do período experimental, os animais foram abatidos em frigorífico comercial (JBS, Lins, São Paulo, Brasil), sendo inicialmente abatidos os 48 animais pertencentes ao período de confinamento de 90 dias. Após 27 dias, os demais animais pertencentes ao período de confinamento de 117 dias foram abatidos. Após a divisão longitudinal da carcaça em meias-carcaças, antes da pesagem, lavagem e resfriamento, foi realizado a toailete que consistiu em retirar os rins, gorduras perirrenal e inguinal, ferida de sangria, medula espinhal, diafragma e seus pilares. Dessa forma, o peso de gordura renal, pélvica e inguinal (RPI) foi determinado durante a toailete e o peso de carcaça quente (PCQ) não incluiu a gordura KPH (*kidney, pelvic and heart*).

Após 24 horas de resfriamento, as meias-carcaças esquerdas foram seccionadas transversalmente entre a décima segunda e a décima terceira costela, expondo o músculo *Longissimus dorsi* para mensuração da AOL e EGS. A AOL foi medida a partir de imagem digital coletada do músculo *Longissimus dorsi*, sendo as imagens interpretadas a partir do *software* Lince (M&S Consultoria Agropecuária Ltda., Pirassununga, São Paulo, Brasil). A EGS foi medida com o auxílio de um paquímetro. As avaliações, tanto as que fazem parte do *Quality Grade*, como do *Yield Grade* (com exceção PCQ e gordura RPI) foram realizadas nas meias-carcaças resfriadas, 24 horas *post-mortem* (AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA, 2001).

As meias-carcaças direitas resfriadas foram divididas em dianteiro (cinco costelas), traseiro-serrote e ponta-de-agulha. Posteriormente, foi realizada a desossa, separando o dianteiro nos cortes comerciais pá (B2110), músculo-do-dianteiro (B2120), pescoço com acém (B2210 + B2211), peito (B2212) e cupim (B2215); o traseiro-serrote nos cortes comerciais contrafilé (B1112), capa-de-filé (B1114), filé-mignon (B1111), picanha (B1122), maminha (B1123), coração-da-alcatra (B1121.1), coxão-mole (B1124), coxão-duro (B1125.2), lagarto (B1126), patinho (B1127), músculo-do-traseiro (B1128 + B1129); e a ponta-de-agulha no corte comercial fraldinha (B1210). Após a separação, cada corte comercial foi pesado

individualmente. Para determinar o rendimento dos cortes cárneos, o peso de cada corte comercial foi calculado em relação ao peso da meia-carcaça direita resfriada correspondente.

2.2.5 Análise estatística

Os dados de desempenho, características de carcaça e rendimentos de cortes cárneos comerciais foram analisados utilizando o procedimento MIXED (SAS Institute, Cary, North Carolina, EUA). Foram considerados como efeitos fixos no modelo o período de administração de CZ, tempo de confinamento e a interação entre os mesmos. A unidade experimental foi o animal. O bloco e o resíduo foram considerados como efeitos aleatórios. As médias dos tratamentos foram determinadas utilizando o LSMEANS. As características avaliadas por ultrassonografia foram analisadas como medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED (SAS Institute, Cary, North Carolina, EUA). Os dados binomiais foram analisados utilizando o procedimento GLIMMIX (SAS Institute, Cary, North Carolina, EUA), adotando o mesmo modelo descrito para desempenho, características de carcaça e cortes cárneos comerciais. Para todas as análises, os contrastes ortogonais foram utilizados para testar 1) controle vs. média dos 3 períodos de administração de CZ 2) efeito linear e quadrático do período de administração de CZ. Testes para os efeitos fixos com valores de probabilidade inferiores ou iguais a 0,05 foram considerados significativos.

2.3 Resultados

2.3.1 Desempenho animal

Com exceção da AOL obtida por ultrassom ($P = 0,02$), não houve interação entre período de administração de CZ e tempo de confinamento para as características de desempenho. A interação observada para AOL não impede a avaliação dos seus efeitos principais, uma vez que ocorreu mudança na magnitude e não na direção da resposta. O peso vivo final, ganho de peso diário e consumo de matéria seca não diferiram entre os períodos de suplementação com CZ (Tabela 2.2). Contudo, a eficiência alimentar ($P < 0,01$) e a AOL por ultrassonografia ($P <$

0,01; Figura 2.1) aumentaram linearmente com o aumento do período de administração de CZ. A EGS obtida por ultrassom apresentou comportamento quadrático ($P < 0,01$; Figura 2.2) com o aumento período de suplementação com CZ, sendo que os animais pertencentes aos tratamentos 0, 20, 30 e 40 dias de CZ depositaram, respectivamente, 2,69, 2,15, 2,45 e 2,24 mm de gordura subcutânea nos últimos 43 dias de confinamento.

Figura 2.1 - Efeito do período de administração de cloridrato de zilpaterol na área do olho de lombo por ultrassonografia nos últimos 43, 33, 23 e 3 dias de confinamento

Figura 2.2 - Efeito do período de administração de cloridrato de zilpaterol na espessura de gordura subcutânea por ultrassonografia nos últimos 43, 33, 23 e 3 dias de confinamento

Tabela 2.2 - Efeitos do tempo de confinamento (TC) e do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) no desempenho de bovinos Nelore

Item	TC, dias		EPM ¹	Valor-P	Administração de CZ, dias				EPM ¹	Valor-P		
	90	117			0	20	30	40		0 vs. CZ	L ²	Q ³
Peso vivo inicial, kg	376	376	10,8	0,93	378	377	377	372	11,1	0,52	0,28	0,58
Peso vivo final, kg	555	580	9,4	< 0,01	561	571	566	571	10,6	0,31	0,43	0,69
Ganho de peso, kg/dia	1,93	1,73	0,043	< 0,01	1,75	1,86	1,81	1,91	0,060	0,11	0,12	0,83
Consumo de matéria seca, kg/dia	10,1	9,9	0,22	0,39	10,2	10,1	9,9	9,8	0,27	0,32	0,18	0,94
Eficiência alimentar ⁴ , kg/kg	0,192	0,174	0,005	< 0,01	0,171	0,184	0,182	0,194	0,006	< 0,01	< 0,01	0,86

¹Erro padrão da média; ²Efeito linear do período de administração de CZ; ³Efeito quadrático do período de administração de CZ; ⁴kg de ganho por kg de matéria seca consumida

Conforme esperado, os animais mantidos por 117 dias em confinamento apresentaram maior peso vivo final ($P < 0,01$), menor ganho de peso diário ($P < 0,01$) e menor eficiência alimentar ($P < 0,01$) em relação aqueles animais mantidos por 90 dias em confinamento. O consumo de matéria seca não alterou com o tempo de confinamento. As imagens ultrassonográficas obtidas de animais confinados por 117 dias demonstraram maior AOL (73,5 vs. 79,1; $P < 0,01$) e maior EGS (3,13 vs. 5,12; $P < 0,01$) quando comparadas as obtidas de animais confinados por 90 dias (dados não apresentados em tabelas ou figuras).

2.3.2 Características de carcaça

Entre as características de carcaça avaliadas observou-se interação entre período de administração de CZ e tempo de confinamento apenas para AOL medida na carcaça resfriada ($P = 0,05$). Esta interação não impede a avaliação dos efeitos principais, uma vez que ocorreu mudança na magnitude e não na direção da resposta. O peso de carcaça ($P < 0,01$), rendimento de carcaça ($P < 0,01$) e AOL medida na carcaça resfriada ($P < 0,01$) aumentaram linearmente com o aumento do período de suplementação com CZ (Tabela 2.3). Em contrapartida, o escore de mármore ($P = 0,03$) e EGS medida na carcaça resfriada ($P = 0,04$) diminuíram com a inclusão de CZ na dieta. Embora tenha ocorrido uma diminuição no escore de mármore, a tipificação das carcaças com base no *Quality Grade* não alterou entre os períodos de suplementação com CZ (dados não apresentados em tabelas ou figuras). Do total de carcaças avaliadas, 91,7% das carcaças foram tipificadas na categoria *Standard*, e apenas 4,17 e 4,17% das carcaças foram tipificadas na categoria *Select* e *Choice*, respectivamente. A porcentagem de gordura RPI ($P = 0,01$) e o *Yield Grade* calculado ($P = 0,03$) apresentaram comportamento quadrático com o aumento do período de administração de CZ.

Os animais mantidos por 117 dias em confinamento apresentaram maior peso de carcaça ($P < 0,01$), maior maturidade óssea ($P < 0,01$), maior EGS medida na carcaça resfriada ($P < 0,01$), maior porcentagem de gordura RPI ($P < 0,01$) e maior *Yield Grade* calculado ($P < 0,01$) quando comparados aos animais confinados por 90 dias. O rendimento de carcaça, escore de mármore e AOL medida na carcaça resfriada não alteraram com o tempo de confinamento.

Tabela 2.3 - Efeitos do tempo de confinamento (TC) e do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) nas características de carcaça de bovinos Nelore

Item	TC, dias		EPM ¹	Valor-P	Administração de CZ, dias				EPM ¹	Valor-P		
	90	117			0	20	30	40		0 vs. CZ	L ²	Q ³
Peso de carcaça quente, kg	311	323	6,3	< 0,01	306	319	319	324	7,1	< 0,01	< 0,01	0,37
Rendimento de carcaça quente, %	56,0	55,8	0,23	0,51	54,6	55,9	56,3	56,7	0,30	< 0,01	< 0,01	0,10
Peso de carcaça resfriada, kg	300	315	6,3	< 0,01	297	310	310	314	7,0	< 0,01	< 0,01	0,34
Rendimento de carcaça resfriada, %	54,0	54,4	0,24	0,13	52,9	54,2	54,7	55,0	0,31	< 0,01	< 0,01	0,07
Maturidade óssea ⁴	61,0	76,2	3,72	< 0,01	67,1	67,1	65,0	75,4	5,24	0,76	0,33	0,32
Escore de mármore ⁵	154	159	12,0	0,76	188	154	148	138	17,0	0,03	0,06	0,50
Área do olho de lombo ⁶ , cm ²	73,4	74,1	1,83	0,64	68,0	73,2	76,8	76,9	2,14	< 0,01	< 0,01	0,11
Espessura de gordura subcutânea ⁶ , mm	4,27	5,42	0,196	< 0,01	5,38	4,63	4,72	4,67	0,275	0,04	0,10	0,20
Gordura renal, pélvica e inguinal, %	3,50	4,17	0,112	< 0,01	4,35	3,64	3,69	3,66	0,145	< 0,01	< 0,01	0,01
<i>Yield Grade</i> calculado, adaptado ⁷	2,54	2,83	0,063	< 0,01	3,04	2,68	2,50	2,53	0,090	< 0,01	< 0,01	0,03

¹Erro padrão da média; ²Efeito linear do período de administração de CZ; ³Efeito quadrático do período de administração de CZ; ⁴0 a 99 = Maturidade A (9 a 30 meses), 100 a 199 = Maturidade B (30 a 42 meses) (AMSA, 2001); ⁵0 a 99 = *Practically Devoid*, 100 a 199 = *Traces*, 200 a 299 = *Slight*, 300 a 399 = *Small* (AMSA, 2001); ⁶Medida obtida na meia-carcaça esquerda resfriada; ⁷YG = 2,5 + (2,5 x EGS, pol) + (0,20 x Gordura KPH, %) + (0,0038 x PCQ, lbs) – (0,32 x AOL, pol²) (AMSA, 2001), onde a gordura KPH (*kidney, pelvic and heart*) foi substituída pela gordura RPI (renal, pélvica e inguinal) e o PCQ não possui a gordura KPH

2.3.3 Cortes cárneos comerciais

Não houve interação entre período de administração de CZ e tempo de confinamento para o peso e rendimento de cortes cárneos ($P > 0,10$). O peso de dianteiro e ponta-de-agulha não alteraram com a inclusão de CZ. Contudo, o peso de traseiro-serrote ($P < 0,01$) e a quantidade de carne desossada ($P < 0,01$) aumentaram linearmente com o aumento do período de fornecimento de CZ (Tabela 2.4). O rendimento de dianteiro não diferiu entre os períodos de administração de CZ, enquanto que o rendimento de traseiro-serrote ($P = 0,05$) e o rendimento de ponta-de-agulha ($P = 0,02$) apresentaram comportamento quadrático. O rendimento de desossa aumentou linearmente ($P < 0,01$) com o aumento do período de suplementação de CZ.

A meia-carcaça de animais mantidos por 117 dias em confinamento apresentou maior peso de dianteiro ($P < 0,01$), traseiro-serrote ($P = 0,05$) e de carne desossada ($P < 0,01$) quando comparada a meia-carcaça de animais mantidos por 90 dias em confinamento. O rendimento de dianteiro ($P < 0,01$) e de carne desossada ($P < 0,01$) aumentaram com aumento do tempo de confinamento. Embora o peso de traseiro-serrote também tenha aumentado com o aumento do tempo de confinamento, o seu rendimento diminuiu ($P < 0,01$). O peso e rendimento de ponta-de-agulha não alteraram com o tempo de confinamento.

O rendimento de filé-mignon ($P < 0,01$), coração-da-alcatra ($P < 0,01$), coxão-mole ($P < 0,01$), coxão-duro ($P < 0,01$) e músculo-do-traseiro ($P = 0,05$) apresentaram comportamento linear com o aumento do período de inclusão de CZ, enquanto o rendimento de lagarto ($P = 0,01$) e patinho ($P < 0,01$) apresentaram comportamento quadrático (Tabela 2.5). As massas musculares que compõem os sete cortes comerciais citados anteriormente, cresceram proporcionalmente mais que a meia-carcaça com a administração de CZ. O rendimento de pá, músculo-do-traseiro, pescoço com acém, peito, cupim contrafilé, cape-de-filé, picanha, maninha e fraldinha não diferiram entre os períodos de administração de CZ.

Tabela 2.4 - Efeitos do tempo de confinamento (TC) e do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) no dianteiro, traseiro-serrote, ponta-de-agulha e carne desossada da meia-carcaça de bovinos Nelore

Item	TC, dias		EPM ¹	Valor-P	Administração de CZ, dias				EPM ¹	Valor-P		
	90	117			0	20	30	40		0 vs. CZ	L ²	Q ³
Peso de dianteiro, kg	63,8	69,7	1,42	< 0,01	65,0	67,1	66,9	68,1	1,61	0,07	0,08	0,71
Rendimento de dianteiro ⁴ , %	41,5	42,9	0,20	< 0,01	42,5	42,1	42,1	42,1	0,28	0,26	0,26	0,47
Peso de traseiro-serrote, kg	72,8	74,9	1,29	0,05	69,9	74,7	74,6	76,1	1,48	< 0,01	< 0,01	0,12
Rendimento de traseiro-serrote ⁴ , %	47,3	46,1	0,20	< 0,01	45,8	47,0	47,0	47,1	0,28	< 0,01	< 0,01	0,05
Peso de ponta-de-agulha, kg	17,2	17,9	0,52	0,09	17,9	17,3	17,4	17,6	0,61	0,34	0,57	0,36
Rendimento de ponta-de-agulha ⁴ , %	11,2	11,0	0,12	0,34	11,7	10,9	10,9	10,8	0,17	< 0,01	< 0,01	0,02
Carne desossada, kg	115	122	2,3	< 0,01	113	119	119	122	2,7	< 0,01	< 0,01	0,34
Rendimento de carne desossada ⁴ , %	74,6	75,1	0,17	< 0,01	73,9	75,0	75,0	75,4	0,23	< 0,01	< 0,01	0,15

¹Erro padrão da média; ²Efeito linear do período de administração de CZ; ³Efeito quadrático do período de administração de CZ; ⁴Calculado em relação ao peso da meia-carcaça direita resfriada

Tabela 2.5 - Efeitos do tempo de confinamento (TC) e do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) no rendimento de cortes cárneos comerciais da meia-carcaça de bovinos Nelore

Item ¹	TC, dias		EPM ²	Valor-P	Administração de CZ, dias				EPM ²	Valor-P		
	90	117			0	20	30	40		0 vs. CZ	L ³	Q ⁴
Dianteiro, %												
Pá	8,61	8,82	0,053	< 0,01	8,58	8,72	8,73	8,82	0,074	0,07	0,06	0,78
Músculo-do-dianteiro	2,82	2,63	0,038	< 0,01	2,77	2,77	2,72	2,66	0,048	0,36	0,06	0,42
Pescoço com acém	13,7	14,2	0,15	< 0,01	14,1	14,2	13,9	13,8	0,20	0,53	0,17	0,73
Peito	5,34	5,68	0,076	< 0,01	5,61	5,42	5,53	5,48	0,108	0,31	0,59	0,50
Cupim ⁵	3,92	4,45	0,124	< 0,01	4,12	4,16	4,09	4,37	0,175	0,69	0,38	0,51
Traseiro-serrote, %												
Contrafilé	6,89	6,91	0,063	0,74	6,83	6,88	7,02	6,86	0,083	0,36	0,50	0,17
Capa-de-filé	1,67	1,57	0,033	0,02	1,62	1,66	1,59	1,59	0,044	0,94	0,47	0,74
Filé-mignon	2,18	2,09	0,022	< 0,01	2,08	2,11	2,18	2,19	0,029	0,02	< 0,01	0,79
Picanha	1,62	1,54	0,032	0,03	1,57	1,58	1,63	1,55	0,041	0,75	0,93	0,27
Maminha	1,18	1,21	0,017	0,28	1,17	1,18	1,20	1,23	0,024	0,23	0,08	0,74
Coração-da-alcatra	3,26	3,20	0,037	0,28	3,09	3,25	3,25	3,30	0,052	< 0,01	< 0,01	0,52
Coxão-mole	7,39	7,17	0,055	< 0,01	6,95	7,20	7,40	7,56	0,077	< 0,01	< 0,01	0,53
Coxão-duro	4,40	4,45	0,040	0,31	4,26	4,41	4,41	4,56	0,056	< 0,01	< 0,01	0,62
Lagarto	2,05	1,97	0,023	< 0,01	1,91	2,05	2,05	2,03	0,030	< 0,01	< 0,01	0,01
Patinho	4,39	4,20	0,051	< 0,01	4,11	4,35	4,39	4,35	0,061	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Músculo-do-traseiro	3,31	3,25	0,027	0,86	3,18	3,32	3,31	3,30	0,038	< 0,01	0,05	0,06
Ponta-de-agulha, %												
Fraldinha	1,81	1,89	0,048	0,18	1,94	1,83	1,83	1,81	0,065	0,09	0,15	0,56

¹Calculado em relação ao peso da meia-carcaça direita resfriada; ²Erro padrão da média; ³Efeito linear do período de administração de CZ; ⁴Efeito quadrático do período de administração de C; ⁵Peça inteira

Na meia-carcaça de animais confinados por 117 dias os rendimentos de pá ($P < 0,01$), pescoço com acém ($P < 0,01$), peito ($P < 0,01$) e cupim ($P < 0,01$) aumentaram quando comparados aos rendimentos obtidos de animais confinados por 90 dias. Por outro lado, o rendimento de músculo-do-dianteiro ($P < 0,01$), capa-de-filé ($P = 0,02$), filé-mignon ($P < 0,01$), picanha ($P = 0,03$), coxão-mole ($P < 0,01$), lagarto ($P < 0,01$) e patinho ($P < 0,01$) diminuíram com o aumento do tempo de confinamento. O rendimento de contrafilé, maminha, coração-da-alcatra, coxão-duro, músculo-do-traseiro e fraldinha não diferiram com o tempo de confinamento.

2.4 Discussão

A maior eficiência alimentar em animais suplementados com CZ (Tabela 2.2) pode estar relacionada ao menor *turnover* proteico do tecido muscular estriado esquelético. O efeito do CZ no *turnover* proteico muscular tem sido atribuído principalmente ao aumento da atividade da calpastatina, enzima que inibe a ação das calpaínas (μ -calpaína e m-calpaína), diminuindo a degradação proteica (HOPE-JONES et al., 2010; STRYDOM et al., 2011). O processo de reciclagem de proteína no organismo animal consome em torno de 20 a 25% da energia diariamente ingerida (BERGEN, 2008). Neste sentido, uma diminuição do catabolismo proteico poderia tornar os animais mais eficientes na deposição de proteína muscular e, consequentemente no aproveitamento da energia ingerida.

Com os resultados obtidos de AOL por ultrassonografia (Figura 2.1), pode-se observar nos tratamentos com CZ uma acentuada deposição de massa muscular nos primeiros 10 dias de suplementação. Esse crescimento da massa muscular tem sido atribuído principalmente ao aumento do diâmetro das fibras musculares (KELLERMEIER et al., 2009) e aumento da incidência de fibras musculares de contração rápida (BAXA et al., 2010), as quais apresentam diâmetro superior em relação as fibras musculares de contração lenta. Essa figura mostra, ainda, que acima de 20 dias de suplementação com CZ parece ocorrer uma diminuição no crescimento do músculo *Longissimus dorsi*. Essa redução à resposta ao estímulo beta-adrenérgico tem sido atribuída a dessensibilização dos receptores beta-adrenérgicos (MILLER et al., 2012).

A menor deposição de tecido adiposo em animais suplementados com CZ (Figura 2.2 e Tabela 2.3), particularmente no tecido celular subcutâneo e

intramuscular, pode estar relacionado tanto ao aumento da lipólise como à diminuição da lipogênese (BIRKELO, 2003). Nesse sentido, os dados de literatura não são conclusivos e é bem possível que os dois efeitos ocorram simultânea ou sucessivamente. O menor conteúdo de tecido adiposo pode ser atribuído ainda a uma diluição da gordura ocasionada pela elevada taxa de crescimento da massa muscular. Com os resultados obtidos pode-se afirmar que o CZ produz modificações na composição corporal dos animais tratados, diminuindo consideravelmente o tecido adiposo ao mesmo tempo que aumenta a massa proteica muscular. Essa alteração na composição corporal poderia também ter contribuído para a melhor eficiência alimentar dos animais suplementados com CZ.

Curiosamente, constatou-se que mesmo com a diminuição do escore de mármore, a tipificação das carcaças com base no *Quality Grade* não alterou com administração de CZ. Esse achado pode ser atribuído à baixa capacidade da raça Nelore em depositar gordura intramuscular (WHEELER et al., 1996). Do total de carcaças avaliadas, 91,7% apresentaram grau de mármore *practically devoid* ou *traces*. Sendo que ambos os graus de mármore tipificam as carcaças em *standard*, isto é, para animais jovens com maturidade A (até aproximadamente 30 meses). Por outro lado, a tipificação das carcaças com base no *Yield Grade* foi alterada com a administração de CZ. Foi observada uma maior predominância de carcaças dos tipos YG 1 e 2 em animais suplementados com CZ (84,7 vs. 54,2%) (dados não apresentados em tabelas ou figuras). Esse resultado implica em retorno financeiro direto ao frigorífico, já que está diretamente relacionado com a quantidade de carne comercializável.

O maior rendimento de carne desossada em meia-carcaça de animais suplementados com CZ (Tabela 2.4) pode ser atribuído principalmente ao aumento do traseiro-serrote. Os cortes comerciais filé-mignon, coração-da-alcatra, coxão-mole, coxão-duro, lagarto, patinho e músculo-do-traseiro que constituem a maior parte do traseiro-serrote apresentaram aumento no rendimento com a inclusão de CZ (Tabela 2.5). Dessa forma, as massas musculares que constituem esses sete cortes cárneos do traseiro-serrote são aparentemente mais responsivas ao CZ. Outro aspecto importante é o alto valor agregado destes cortes que responderam mais ao CZ, algo que aumenta o valor por unidade de peso da carcaça, sendo, portanto, um aumento de renda independente do aumento da quantidade de músculo. O menor rendimento de ponta-de-agulha em meia-carcaça de animais

suplementados com CZ, por sua vez pode estar relacionado ao efeito de diluição dos outros cortes.

O maior tempo de confinamento também proporcionou aumento no rendimento de carne desossada (Tabela 2.4). Entretanto, esse aumento foi associado ao maior desenvolvimento do dianteiro. Dessa maneira, animais mantidos por 117 dias em confinamento apresentaram maior rendimento de cortes comerciais do dianteiro (menos valorizados) e menor rendimento de cortes nobres do traseiro-serrote (Tabela 2.5). Este último é um problema associado ao macho não castrado utilizado nesta pesquisa. O maior tempo de confinamento proporcionou também carcaças mais pesadas, as quais possibilitam cortes cárneos que atendem as exigências de certos mercados em termos de tamanho. Além disso, carcaças maiores reduzem o custo operacional do frigorífico, incluindo o frete, custos operacionais de abate e desossa da carcaça.

Com os resultados obtidos nesta pesquisa pode-se afirmar que o CZ proporciona melhoria na eficiência alimentar, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça quente e no rendimento de carne desossada de bovinos Nelore. Entretanto, a resposta ao estímulo beta-adrenérgico parece diminuir após um período de 20 dias de administração de CZ, resultando em pequenos acréscimos na produção após esse período.

2.5 Conclusões

O cloridrato de zilpaterol melhora a eficiência de produção de carne de bovinos Nelore, proporcionando aumento na massa muscular dos animais tratados sem alterar o consumo de matéria seca. O cloridrato de zilpaterol aumenta também a eficiência da indústria frigorífica ao aumentar o peso de carcaça e o rendimento de cortes cárneos. Esse aumento ocorre principalmente no traseiro-serrote, e em especial nos cortes comerciais de alto valor relativo.

Referências

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat evaluation handbook**. Savoy, 2001. 161p.

ARP, T.S.; HOWARD, S.T.; WOERNER, D.R.; SCANGA, J.A.; MCKENNA, D.R.; KOLATH, W.H.; CHAPMAN, P.L.; TATUM, J.D.; BELK, K.E. Effects of dietary

ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride supplementation on performance, carcass traits, and carcass cutability in beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 92, p. 836-843, 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg. 1997. v.2, cap. 32, p.1-43.

BAXA, T.J.; HUTCHESON, J.P.; 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 of Animal Science**, Savoy, v. 88, p.330-337, 2010.

BERGEN, W.G. Measuring in vivo intracellular protein degradation rates in animal systems. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. E3-E12, 2008.

BIRKELO, C.P. Pharmaceuticals, direct-fed microbials, and enzymes for enhancing growth and feed efficiency of beef. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Davis, v. 19, p. 599-624, 2003.

COSTA JUNIOR, C.; GOULART, R.S.; ALBERTINI, T.Z.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.E.P.; VASCONCELOS, J.T.; BERNOUX, M.; LANNA, D.P.D.; CERRI, C.C. Brazilian beef cattle feedlot manure management: A country survey. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 91, p. 1811-1818, 2013.

FERREIRO, H.M.; PRESTON, T.R. Fattening cattle with sugar cane: the effect of different proportions of stalk and tops. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 3, p. 31-38, 1976.

HALES, K.E.; SHACKELFORD, S.D.; WELLS, J.E.; KING, D.A.; HAYES, M.D.; BROWN-BRANDL, T.M.; KUEHN, L.A.; FREELY, H.C.; WHEELER, T.L. Effects of feeding dry-rolled corn-based diets with and without wet distillers grains with solubles and zilpaterol hydrochloride on performance, carcass characteristics, and heat stress in finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 92, p. 4023-4033, 2014.

HOPE-JONES, M.; STRYDOM, P.E.; FRYLINCK, L.; WEBB, E.C. The efficiency of electrical stimulation to counteract the negative effects of β -agonists on meat tenderness of feedlot cattle. **Meat Science**, Barking, v. 86, p. 699-705, 2010.

HOWARD, S.T.; WOERNER, D.R.; VOTE, D.J.; SCANGA, J.A.; ACHESON, R.J.; CHAPMAN, P.L.; BRYANT, T.C.; TATUM, J.D.; BELK, K.E. Effects of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride supplementation on carcass cutability of calf-fed Holstein steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 92, p. 369-375, 2014.

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 of Animal Science**, Savoy, v. 87, p. 3702-3711, 2009.

MILLER, E.K.; CHUNG, K.Y.; HUTCHESON, J.P.; YATES, D.A.; SMITH, S.B.; JOHNSON, B.J. Zilpaterol hydrochloride alters abundance of β -adrenergic receptors in bovine muscle cells but has little effect on de novo fatty acid biosynthesis in bovine subcutaneous adipose tissue explants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 90, p. 1317-1327, 2012.

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

STRYDOM, P.E.; HOPE-JONES, M.; FRYLINCK, L.; WEBB, E.C. The effects of a beta-agonist treatment, vitamin D₃ supplementation and electrical stimulation on meat quality of feedlot steers. **Meat Science**, Barking, v. 89, p. 462-468, 2011.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; CROUSE, J.D. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 1023-1035, 1996.

3 EFEITOS DO PERÍODO DE ADMINISTRAÇÃO DE CLORIDRATO DE ZILPATEROL E DO TEMPO DE CONFINAMENTO NA QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS NELORE

Resumo

Este trabalho avaliou os efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) e do tempo de confinamento na qualidade de carne de bovinos Nelore. Foram utilizados 96 bovinos machos não castrados da raça Nelore, com peso vivo inicial de $377 \pm 25,1$ kg. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados em esquema fatorial 4×2 , sendo quatro períodos de administração com CZ (0, 20, 30 ou 40 dias) e dois tempos de confinamento (90 ou 117 dias). O período de suplementação com CZ (8,33 mg/kg de matéria seca total) iniciou-se 23, 33 e 43 dias antes do abate para os tratamentos com 20, 30 e 40 dias de CZ, respectivamente. Nos últimos três dias que antecederam o abate todos os animais foram alimentados com a dieta sem CZ, respeitando o período de carência do produto. O contrafilé (músculo *Longissimus thoracis et lumborum*) de todas as meias-carcaças esquerdas foram amostrados para as análises de qualidade de carne. O índice de luminosidade (valor L^*) das amostras de contrafilé de animais suplementados com CZ aumentou ($P < 0,01$), enquanto que a intensidade de vermelho (valor a^*) diminuiu ($P < 0,01$). Com aumento do período de administração de CZ o conteúdo percentual de lipídios intramusculares diminuiu linearmente ($P < 0,01$) e o conteúdo percentual de proteína aumentou linearmente ($P < 0,01$). O valor percentual de ácidos graxos poliinsaturados totais aumentou ($P = 0,01$) com a administração de CZ, sendo atribuído principalmente ao aumento do ácido linoleico (18:2 *cis*-9, *cis*-12; $P = 0,01$) e ácido araquidônico (20:4 *n*-6; $P < 0,01$). A força de cisalhamento das amostras de contrafilé aumentou ($P < 0,01$) com a inclusão de CZ na dieta, sendo esse resultado independente do tempo de maturação (7, 14, 21 ou 28 dias *post-mortem*). Houve interação entre período de administração de CZ e tempo de maturação (14 ou 28 dias *post-mortem*) para escore de maciez inicial ($P = 0,03$) e escore de tecido conjuntivo ($P < 0,01$), onde o processo de maturação melhorou a carne de animais controle mais do que a carne de animais suplementados com CZ. Mesmo com a diminuição da maciez, os bifes de animais suplementados com CZ foram considerados macios pelos membros do painel sensorial. O escore de suculência inicial ($P < 0,01$) e suculência sustentada ($P < 0,01$) diminuíram linearmente com aumento do período de suplementação com CZ, enquanto que o sabor de carne não foi alterado.

Palavras-chave: Agonista beta-adrenérgico; *Bos indicus*; Maciez da carne

Abstract

This study evaluated the effects of zilpaterol hydrochloride (ZH) feeding and the feedlot days in meat quality of Nelore. Ninety six Nelore bulls with initial body weight of 377 ± 25.1 kg were used in a randomized complete block in 4×2 factorial design, with four periods of ZH feeding (0, 20, 30 or 40 d) and 90 or 117 d in the feedlot. The supplementation period with ZH (8.33 mg/kg of dietary dry matter basis) started 23, 33 and 43 d before slaughter for treatments with 20, 30 and 40 d of ZH, respectively. In the last three days prior to slaughter all the animals were fed the diet

without ZH, respecting the product grace period. Strip loin (m. *Longissimus thoracis et lumborum*) of all left-carcases were sampled for meat quality analysis. The lightness (L^* value) of the beef strip loin steak samples of animals supplemented with ZH increased ($P < 0.01$), while the redness (a^* value) decreased ($P < 0.01$). The percentage content of intramuscular fat decreased linearly ($P < 0.01$) and the percentage content of protein increased linearly ($P < 0.01$) as ZH feeding period increased. The percentage of polyunsaturated fatty acids increased ($P = 0.01$) with the ZH feeding and was mainly attributed to the increase of linoleic acid (18:2 *cis*-9, *cis*-12; $P = 0.01$) and arachidonic acid (20:4 n-6, $P < 0.01$). The Warner-Bratzler shear force ($P < 0.01$) from the strip loin samples increased with the inclusion of dietary ZH and this result was independent of the aging time (7, 14, 21 or 28 d postmortem). There was interaction between ZH feeding period and aging time (14 or 28 d postmortem) to initial tenderness score ($P = 0.03$) and connective tissue score ($P < 0.01$), showing that the maturation process improved meat tenderness of control animals rather than ZH animals. Despite the initial meat tenderness decrease, strip loin steaks of animals supplemented with ZH were still considered tender by trained evaluators. Initial juiciness score ($P < 0.01$) and sustained juiciness ($P < 0.01$) decreased linearly with increasing ZH supplementation period, while beef flavor was not changed.

Keywords: Beta-adrenergic agonist; *Bos indicus*; Meat tenderness

3.1 Introdução

O cloridrato de zilpaterol (CZ) tem sido usado como aditivo melhorador de desempenho em bovinos terminados em confinamento. Diversos trabalhos têm mostrado que o uso deste composto sintético pertencente ao grupo dos agonistas de receptores beta-adrenérgicos produz modificações nas características de qualidade de carne, sendo observada diminuição no conteúdo percentual de lipídios intramusculares, aumento no conteúdo percentual de proteína e na força de cisalhamento (KELLERMEIER et al., 2009; RATHMANN et al., 2009). Mostrou-se ainda que esse composto diminui o escore de maciez sensorial e o escore de suculência sensorial do contrafilé, além de proporcionar uma tendência em aumentar a percepção de tecido conjuntivo (GARMYN et al., 2010).

Embora existam inúmeros trabalhos na literatura, as fazendas de terminação nos trópicos apresentam características particulares que não foram contempladas nos trabalhos anteriores, as quais poderiam alterar as respostas do CZ. Uma destas características é a predominância de animais zebuínos (COSTA JUNIOR et al., 2013), bem como a grande presença de bovinos não castrados. Além disso, o confinamento geralmente contempla períodos de alimentação bem mais curtos que

os utilizados nos trabalhos com raças europeias e em áreas temperadas. Neste sentido, esta pesquisa procurou avaliar os efeitos do período de administração de CZ e do tempo de confinamento nas características de qualidade de carne de bovinos Nelore não castrados.

3.2 Material e Métodos

Os procedimentos adotados com os animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (Protocolo: 2012/13).

3.2.1 Animais e dietas experimentais

Foram utilizados 96 bovinos da raça Nelore, machos, não castrados, com idade média de dois anos e peso vivo médio inicial de $377 \pm 25,1$ kg. Inicialmente os animais foram pesados e identificados, sendo posteriormente distribuídos em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4×2 , caracterizado por quatro períodos de administração de CZ (0, 20, 30 ou 40 dias) e dois tempos de confinamento (90 ou 117 dias). Os blocos foram formados de acordo com o peso vivo inicial, apresentando 12 unidades experimentais por tratamento. Durante o período experimental, 48 animais foram alojados em baias individuais e os outros 48 animais foram alojados em quatro baias coletivas equipadas com portões eletrônicos do tipo *Calan gates* (American Calan, Northwood, New Hampshire, EUA).

As dietas foram formuladas de acordo com as exigências estimadas pelo *National Research Council* - NRC (1996), sendo que os animais receberam níveis crescentes de concentrado, durante o período de adaptação. O período de adaptação teve duração de 12 dias. Os primeiros seis dias os animais receberam uma dieta contendo 50% de concentrado e os seis dias seguintes receberam uma dieta contendo 66% de concentrado. Após esse período todos os animais foram alimentados com uma dieta contendo 85% de concentrado e sem inclusão de CZ (dieta controle), até iniciar o período de administração de CZ. O período de suplementação com CZ iniciou-se 23, 33 e 43 dias antes do abate para os tratamentos com 20, 30 e 40 dias de CZ, respectivamente. Durante esse período, foram utilizadas duas dietas: 1) dieta controle; e 2) dieta com inclusão de 8,33 mg de

CZ (Zilmax, MSD Saúde Animal, São Paulo, Brasil) por kg de matéria seca total. Nos últimos três dias que antecederam o abate todos os animais foram alimentados com a dieta controle, respeitado o período de carência do produto (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da matéria seca)

	Dietas experimentais			
	Adaptação ¹	Adaptação ²	Controle	CZ ³
Ingredientes				
Silagem de milho	50,00	34,00	15,00	15,00
Milho moído	26,00	48,00	69,66	69,66
Caroço de algodão	15,00	10,78	10,00	10,00
Farelo de soja	6,00	4,00	2,00	2,00
Uréia	0,70	1,00	1,20	1,20
Calcário	1,58	1,48	1,04	1,04
Cloreto de potássio	-	-	0,38	0,38
Cloreto de sódio	0,10	0,12	0,10	0,10
Fosfato bicálcico	0,10	0,10	0,10	0,10
Núcleo ⁴ , controle	0,52	0,52	0,52	-
Núcleo ⁴ , CZ	-	-	-	0,52
Composição química				
Matéria seca	54,50	60,88	72,06	72,10
Proteína bruta	14,44	14,43	14,49	14,30
Extrato etéreo	4,56	4,14	5,58	5,14
Matéria mineral	6,75	5,58	4,22	3,91
Fibra em detergente ácido	20,50	17,19	11,23	11,21
Fibra em detergente neutro	34,86	27,18	22,09	21,79

¹Dieta oferecida entre o primeiro e o sexto dia de confinamento; ²Dieta oferecida entre o sétimo e o décimo segundo dia de confinamento; ³Dieta com inclusão de cloridrato de zilpaterol (CZ; 8,33 mg/kg de matéria seca na dieta total), a qual começou a ser oferecida 23, 33 e 43 dias antes do abate, com período de carência nos últimos três dias, para os tratamentos com 20, 30 e 40 dias de CZ, respectivamente; ⁴Núcleo contendo por quilograma 45,4 g de Ca, 73,4 g de S, 34,9 g de P, 30,9 g de Mg, 213,1 g de Na, 82 mg de Co, 1.871 mg de Cu, 1.000 mg de Fe, 130 mg de I, 3.670 mg de Mn, 26 mg de Se, 5.564 mg de Zn, 290.000 UI de vitamina A e 2.533 mg de Salinomicina equivalente a 13 mg/kg de matéria seca na dieta total

3.2.2 Abate e coleta de amostras

Ao final do período experimental, os animais foram abatidos em frigorífico comercial (JBS, Lins, São Paulo, Brasil), sendo inicialmente abatidos os 48 animais pertencentes ao período de confinamento de 90 dias. Após 27 dias, os demais animais pertencentes ao período de confinamento de 117 dias foram abatidos. Os dois abates foram realizados de acordo com as boas práticas de bem-estar animal,

sendo os procedimentos realizados de acordo com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). As meias-carcaças foram acondicionadas em câmara fria a 2°C e resfriadas por 48 horas, sendo posteriormente desossadas. O contrafilé (músculo *Longissimus thoracis et lumborum*) de todas as meias-carcaças esquerdas foi identificado, embalado a vácuo, acondicionado em caixa isotérmica e transportado para o Laboratório de Carnes e Derivados da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil. No laboratório, 4 dias *post-mortem*, os contrafilés foram processados para a determinação da cor instrumental, pH, composição química, perfil de ácidos graxos, força de cisalhamento, perda por cocção e para análise sensorial.

3.2.3 Cor instrumental e pH

Foi retirado uma amostra de sete centímetros de cada contrafilé para a determinação da cor instrumental e pH. As amostras foram embaladas individualmente a vácuo e armazenadas em câmara fria a 2°C até completar 7 dias *post-mortem*. Após o término do primeiro tempo de maturação (7 dias *post-mortem*), a embalagem foi aberta expondo aproximadamente 1,5 cm para amostrar um bife de contrafilé, sendo o restante da amostra imediatamente reembalada a vácuo e armazenada em câmara fria para completar o último tempo de maturação (14 dias *post-mortem*). Os bifos foram expostos ao ar atmosférico por 30 minutos, sendo posteriormente determinada a cor instrumental inicial, caracterizando o primeiro tempo de exposição em “display” (0 dias).

Os bifos foram então embalados em bandeja de poliestireno recoberta com filme de policloreto de vinila e mantidos em “display” (gôndolas) por cinco dias. A determinação da cor instrumental em “display” foi realizada a cada 24 horas, durante os cinco dias de exposição. As leituras foram realizadas em três pontos distintos de cada bife, sendo utilizado o colorímetro Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japão). O sistema de avaliação utilizado foi o CIELAB, onde o L* representa o índice de luminosidade, variando de 0 = preto a 100 = branco; a* intensidade da cor vermelha que varia de verde (-60) a vermelho (+60); e b* intensidade da cor amarela que varia de azul (-60) ao amarelo (+60). No final do período de exposição em “display”, os bifos foram retirados das bandejas de poliestireno para

determinação do pH com auxílio do peagâmetro SevenGo Duo (Mettler Toledo, Greifensee, Suíça).

3.2.4 Composição da carne

Para determinar a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne foi retirado um bife de cada contrafilé (4 dias *post-mortem*), com espessura de 2,5 cm, livre de epimísio e tecido adiposo subcutâneo. As amostras foram analisadas para conteúdo percentual de lipídios intramusculares de acordo com metodologia proposta por Bligh e Dyer (1959) e para conteúdo percentual de proteína e umidade (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1980). Os ácidos graxos foram extraídos de acordo com os procedimentos estabelecidos por Hara e Radin (1978) e foram metilados de acordo com métodos descritos por Christie (1982). As amostras foram analisadas em cromatografia gasosa (Finnigan Focus GC, Thermo Fisher Scientific, São José, Califórnia, EUA) com detector de ionização de chama e coluna capilar (CP-Sil 88, Varian, Palo Alto, Califórnia, EUA) com cerca de 100 m de comprimento por 0,25 µm de diâmetro interno e 0,20 µm de espessura (Supelco, Bellefonte, Pensilvânia, EUA). O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste, numa vazão de 1,8 mL por minuto. A temperatura inicial do forno foi de 70°C, aumentando gradativamente 13°C por minuto até atingir 175°C, permanecendo, assim, por 27 minutos. A temperatura foi então aumentada 4°C por minuto até atingir 215°C, onde foi mantida durante nove minutos, seguido por outro aumento de 7°C por minuto até 230°C, onde permaneceu por mais cinco minutos. A temperatura utilizada para o vaporizador foi de 250°C e para o detector de 300°C. A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção com padrões de ácidos graxos de manteiga e os valores percentuais de ácidos graxos foram obtidos através do *software* Chromquest 4.1 (Thermo Electron, Milão, Itália).

3.2.5 Força de cisalhamento

Foram retirados quatro bifos de cada contrafilé, no sentido cranial-caudal, com espessura de 2,5 cm. Para evitar diferenças de maciez dentro do músculo, os bifos foram balanceados, de modo que em cada tempo de maturação se teve bifos

provenientes de locais distintos do músculo. Todos os bifes foram identificados e embalados individualmente a vácuo, sendo posteriormente armazenados em câmara fria a 2°C, a fim de completar os tempos de maturação (7, 14, 21 ou 28 dias *post-mortem*). À medida que completavam o tempo de maturação, os bifes eram armazenados em freezer a -18°C. Após completar todos os tempos de maturação, os bifes foram descongelados em refrigerador a 4°C por 24 horas, sendo posteriormente pesados e assados em forno elétrico Imequi (modelo 8.4000W, São Paulo, Brasil) pré-aquecido a 170°C. As temperaturas internas dos bifes foram monitoradas individualmente utilizando termopar metálico Testo (modelo 0602.5792, Campinas, São Paulo, Brasil), inserido no centro geométrico dos bifes e conectado a um monitor digital. Os bifes foram virados após atingir a temperatura interna de 40°C e retirados do forno elétrico ao atingirem 71°C internamente. Após os bifes atingirem a temperatura ambiente, eles foram novamente pesados para a determinação da perda por cocção, sendo então embalados e armazenados em refrigerador a 4°C. Após uma noite sob refrigeração, foram retirados, de cada bife, seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro cortados paralelamente à orientação longitudinal das fibras musculares. A força de cisalhamento foi medida individualmente, de forma que cada cilindro foi colocado no sentido perpendicular às fibras musculares na célula Warner-Bratzler com lâmina de 1 mm, acoplada ao texturômetro TA-XT 2i (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, Reino Unido).

3.2.6 Análise sensorial

Para avaliar os atributos sensoriais foram retirados de cada contrafilé dois bifes com espessura de 2,5 cm. Os bifes foram identificados e embalados individualmente a vácuo, sendo posteriormente armazenados em câmara fria a 2°C, a fim de completar os tempos de maturação (7 ou 14 dias *post-mortem*). À medida que completavam o tempo de maturação, os bifes eram armazenados em freezer a -18°C. Nas últimas 24 horas que antecederam a análise sensorial, os bifes foram descongelados em refrigerador a 4°C, sendo posteriormente pesados e assados seguindo a mesma metodologia descrita para a determinação da perda por cocção da força de cisalhamento. Os bifes foram então cortados em cubos de 1,5 cm e colocados em frascos de vidro com tampas de metal e mantidos em recipiente com termostato regulado para 40°C, mantendo as amostras quentes até a avaliação. As

avaliações foram realizadas em cabines individuais com luz e temperatura ambiente controlada. Para avaliação dos atributos, foi estruturada escala de oito pontos para maciez inicial (8 = extremamente macio; 1 = extremamente duro), tecido conjuntivo (8 = imperceptível; 1 = extremamente perceptível), suculência inicial (8 = extremamente suculento; 1 = extremamente seco), suculência sustentada (8 = extremamente suculento; 1 = extremamente seco), sabor da carne (8 = extremamente forte; 1 = extremamente fraca) (AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA, 1995), sendo os atributos medidos por um painel sensorial composto por dez membros treinados.

3.2.7 Análise estatística

Os dados de composição química e perfil de ácidos graxos foram analisados utilizando o procedimento MIXED (SAS Institute, Cary, North Carolina, EUA). Foram considerados como efeitos fixos no modelo o período de administração de CZ, tempo de confinamento e a interação entre os mesmos. A unidade experimental foi o animal. O bloco e o resíduo foram considerados como efeitos aleatórios. As médias dos tratamentos foram determinadas utilizando o LSMEANS. Os dados de cor instrumental, pH, força de cisalhamento, perda por cocção e de atributos sensoriais foram analisados como medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED (SAS Institute, Cary, North Carolina, EUA). Para todas as análises, os contrastes ortogonais foram utilizados para testar 1) controle vs. média dos 3 períodos de administração de CZ 2) efeito linear e quadrático do período de administração de CZ. Testes para os efeitos fixos com valores de probabilidade inferiores ou iguais a 0,05 foram considerados significativos.

3.3 Resultados

3.3.1 Cor instrumental e pH

Com o propósito de avaliar a cor da carne nas mesmas condições encontradas pelo consumidor no momento da aquisição, as amostras foram avaliadas em condições de “display”. Para as características instrumentais de cor não foram observadas interações entre período de administração de CZ, tempo de

confinamento, tempo de maturação e tempo de exposição em display ($P > 0,10$). Não houve também interações para pH ($P > 0,10$), sendo que para essa variável não foi avaliado o tempo de exposição em display. Observou-se que a luminosidade das amostras aumentou de forma quadrática ($P < 0,01$) com aumento do período de administração de CZ (Tabela 3.2), enquanto que a intensidade de vermelho diminuiu de forma quadrática ($P < 0,01$). Os valores de b^* e pH da carne não alteram com a administração de CZ.

Tabela 3.2 - Efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) e do tempo de confinamento na cor instrumental e pH do contrafilé de bovinos Nelore

	L*	a*	b*	pH
Administração de CZ, dias				
0	40,2	20,4	16,8	5,55
20	41,3	19,2	16,4	5,54
30	40,8	19,8	16,5	5,54
40	40,8	19,6	16,7	5,54
EPM ¹	0,35	0,19	0,23	0,018
Linear ²	0,02	< 0,01	0,96	0,72
Quadrático ³	< 0,01	< 0,01	0,06	0,96
Controle vs. CZ ⁴	< 0,01	< 0,01	0,09	0,68
Confinamento, dias				
90	40,8	19,4	16,6	5,55
117	40,8	20,2	16,7	5,53
EPM ¹	0,34	0,17	0,22	0,013
Probabilidade	0,67	< 0,01	0,76	0,41
Maturação, dias				
7	40,5	20,6	17,3	5,60
14	41,0	19,0	16,0	5,48
EPM ¹	0,34	0,16	0,21	0,013
Probabilidade	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Exposição, dias				
0	40,0	20,4	17,1	-
1	40,8	21,3	17,0	-
2	41,0	20,3	16,6	-
3	41,0	19,6	16,5	-
4	40,9	18,9	16,3	-
5	40,9	18,2	16,2	-
EPM ¹	0,36	0,21	0,24	-
Linear ²	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
Quadrático ³	< 0,01	< 0,01	0,77	-

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade do efeito linear; ³Probabilidade do efeito quadrático;

⁴Probabilidade do contraste ortogonal: animais não suplementados com CZ versus animais suplementados com CZ

As amostras provenientes de animais confinados por 117 dias apresentaram maior intensidade de vermelho ($P < 0,01$) em relação às aquelas amostras provenientes de animais confinados por 90 dias. Os valores de L^* , b^* e pH não alteraram com o tempo de confinamento. Os bifes maturados por 14 dias *post-mortem* apresentaram maior luminosidade ($P < 0,01$), menor intensidade de vermelho ($P < 0,01$), menor intensidade de amarelo ($P < 0,01$) e menor pH ($P < 0,01$) quando comparados aos bifes maturados por 7 dias *post-mortem*. Com aumento do tempo de exposição da carne em display a intensidade de amarelo diminuiu linearmente ($P < 0,01$), enquanto que a luminosidade ($P < 0,01$) e a intensidade de vermelho ($P < 0,01$) apresentaram comportamento quadrático com aumento do tempo de exposição, sendo a carne mantida em sistema tradicional de embalagem (PVC).

3.3.2 Composição da carne

Não houve interação entre período de administração de CZ e tempo de confinamento para composição química e perfil de ácidos graxos da carne ($P > 0,10$). Nesse sentido, observou-se que o conteúdo percentual de lipídios intramusculares diminuiu linearmente ($P < 0,01$) com aumento do período de suplementação com CZ (Tabela 3.3). Por outro lado, o conteúdo percentual de proteína aumentou linearmente ($P = 0,02$) com aumento do período de administração de CZ. O teor de umidade da carne, por sua vez, não alterou com a inclusão de CZ na dieta. Observou-se também que os valores percentuais de lipídios, proteína e umidade da carne não alteraram com aumento de 27 dias no tempo de alimentação em confinamento.

O perfil de ácidos graxos dos lipídios intramusculares tem uma relação importante com qualidade da carne. Nesse contexto, observou-se aumento quadrático na concentração de ácidos graxos poliinsaturados totais ($P = 0,01$) com aumento do período de administração de CZ (Tabela 3.4). Os valores percentuais de ácidos graxos saturados e monoinsaturados totais não alteraram com a inclusão de CZ na dieta. A participação percentual de ácido linoleico (18:2 *cis*-9, *cis*-12; $P = 0,01$), ácido eicosatrienóico (20:3 *n*-6; $P < 0,01$), ácido araquidônico (20:4 *n*-6; $P < 0,01$) e ácido clupanodônico (22:5 *n*-3; $P = 0,04$) aumentou de forma quadrática com aumento do período de suplementação com CZ, enquanto que a participação percentual de ácido eicosenóico (20:1 *cis*-9) diminuiu de forma linear ($P = 0,02$).

Tabela 3.3 - Efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) e do tempo de confinamento na composição química do contrafilé de bovinos Nelore

	Lipídios, %	Proteína, %	Umidade, %
Administração de CZ, dias			
0	2,73	22,0	73,9
20	2,43	22,3	74,0
30	2,13	22,4	74,1
40	2,03	22,6	74,1
EPM ¹	0,132	0,17	0,18
Linear ²	< 0,01	0,02	0,46
Quadrático ³	0,45	0,17	0,63
Controle vs. CZ ⁴	< 0,01	< 0,01	0,40
Confinamento, dias			
90	2,21	22,4	74,1
117	2,45	22,2	74,0
EPM ¹	0,094	0,12	0,14
Probabilidade	0,08	0,08	0,55

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade do efeito linear; ³Probabilidade do efeito quadrático;

⁴Probabilidade do contraste ortogonal: animais não suplementados com CZ versus animais suplementados com CZ

Os teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados totais não alteram com o tempo de confinamento. Entretanto, a proporção entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 aumentou ($P < 0,01$) com aumento do tempo de confinamento. As amostras de carne provenientes de animais confinados por 117 dias apresentaram menor concentração de ácido cáprico (10:0; $P = 0,01$), maior concentração de ácido miristoleico (14:1 *cis*-9; $P < 0,01$), menor concentração de ácido α -linolênico (18:3 *n*-3; $P < 0,01$), menor concentração de ácido timnodônico (20:5 *n*-3; $P < 0,01$), menor concentração de ácido clupanodônico ($P = 0,01$) e menor concentração de ácido cervônico (22:6 *n*-3; $P < 0,01$) em relação àquelas amostras de carne provenientes de animais confinados por 90 dias.

Tabela 3.4 - Efeitos do tempo de confinamento (TC) e do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) no perfil de ácidos graxos do contrafilé de bovinos Nelore

	TC, dias		EPM ¹	Valor-P	Administração de CZ, dias				EPM ¹	Valor-P		
	90	117			0	20	30	40		0 vs. CZ	L ²	Q ³
Saturados totais, %	47,6	46,8	0,81	0,50	47,6	46,9	47,0	47,3	1,15	0,68	0,87	0,66
10:0	0,18	0,10	0,026	0,01	0,12	0,14	0,17	0,14	0,035	0,44	0,62	0,42
12:0	0,16	0,12	0,016	0,14	0,12	0,14	0,16	0,14	0,023	0,30	0,34	0,71
14:0	3,35	3,50	0,103	0,30	3,33	3,57	3,40	3,41	0,141	0,40	0,92	0,40
16:0	25,9	25,7	0,53	0,80	26,4	25,7	25,5	25,6	0,75	0,34	0,42	0,60
17:0	1,26	1,18	0,046	0,09	1,28	1,19	1,20	1,21	0,057	0,15	0,38	0,26
18:0	15,6	15,1	0,36	0,32	15,3	15,0	15,5	15,7	0,50	0,83	0,47	0,65
Monoinsaturados totais, %	42,5	43,6	0,72	0,29	43,8	42,5	42,6	43,4	1,01	0,41	0,84	0,29
14:1 <i>cis</i> -9	0,65	0,77	0,026	< 0,01	0,70	0,76	0,67	0,71	0,037	0,66	0,81	0,72
16:1 <i>cis</i> -9	2,69	2,87	0,069	0,07	2,74	2,87	2,72	2,78	0,098	0,68	0,92	0,71
17:1	0,80	0,76	0,039	0,27	0,79	0,78	0,77	0,77	0,047	0,73	0,69	0,92
18:1 <i>cis</i> -9	34,5	35,4	0,68	0,30	35,7	34,4	34,6	34,9	0,91	0,30	0,61	0,37
20:1 <i>cis</i> -9	0,16	0,17	0,008	0,25	0,19	0,16	0,15	0,15	0,011	< 0,01	0,02	0,08
Poliinsaturados totais, %	9,84	9,56	0,444	0,66	8,59	10,6	10,4	9,25	0,622	0,04	0,52	0,01
18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	6,95	7,06	0,319	0,80	6,22	7,55	7,53	6,71	0,437	0,03	0,45	0,01
18:3 n-3	0,20	0,13	0,009	< 0,01	0,16	0,18	0,17	0,17	0,013	0,32	0,49	0,57
18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,22	0,21	0,020	0,52	0,21	0,21	0,20	0,24	0,025	0,59	0,21	0,28
20:3 n-6	0,23	0,20	0,017	0,27	0,18	0,26	0,24	0,20	0,027	0,11	0,85	< 0,01
20:4 n-6	1,27	1,23	0,077	0,72	1,06	1,42	1,38	1,13	0,109	0,05	0,74	< 0,01
20:5 n-3	0,21	0,13	0,012	< 0,01	0,16	0,20	0,16	0,15	0,017	0,63	0,46	0,24
22:5 n-3	0,67	0,54	0,034	0,01	0,53	0,67	0,65	0,57	0,049	0,09	0,63	0,04
22:6 n-3	0,07	0,04	0,005	< 0,01	0,04	0,07	0,06	0,05	0,007	0,12	0,71	0,07
Relação insaturados/saturados	1,12	1,16	0,029	0,35	1,14	1,14	1,14	1,13	0,041	0,88	0,82	0,92
Relação ômega-6/ômega-3	7,69	10,2	0,329	< 0,01	8,78	8,94	9,33	8,78	0,576	0,29	0,37	0,10

¹Erro padrão da média; ²Efeito linear do período de administração de CZ; ³Efeito quadrático do período de administração de CZ

3.3.3 Características de palatabilidade

Houve interação entre período de administração de CZ e tempo de maturação para escore de maciez inicial ($P = 0,03$) e tecido conjuntivo ($P < 0,01$). Para as demais características sensoriais, força de cisalhamento e perda por cocção não foram observadas interações entre período de administração de CZ, tempo de confinamento e tempo de maturação ($P > 0,10$). Nesse sentido, observou-se aumento quadrático na força de cisalhamento ($P < 0,01$) com aumento do período de suplementação com CZ (Tabela 3.5). Como se pode constatar na tabela anterior, o valor percentual de perda por cocção não alterou com a inclusão de CZ na dieta. O tempo de confinamento, por sua vez, não alterou os valores de força de cisalhamento e perda por cocção. Com aumento do tempo de maturação a força mecânica necessária para cortar a carne diminuiu linearmente ($P < 0,01$), enquanto que o valor percentual de perda por cocção não alterou.

A interação observada para escore de maciez inicial (Figura 3.1) e tecido conjuntivo (Figura 3.2) não impede a avaliação dos efeitos principais, uma vez que ocorreu mudança na magnitude e não na direção da resposta. Neste contexto, verificou-se diminuição linear na maciez sensorial ($P < 0,01$) com aumento do período de suplementação com CZ. Embora tenha ocorrido diminuição no escore de maciez com administração de CZ, todos os bifes foram considerados macios pelos provadores treinados (isto é, escore sensorial acima de cinco). O escore de tecido conjuntivo diminuiu linearmente ($P < 0,01$) com aumento do período de suplementação com CZ, ou seja, a percepção da massa cárnea formada após um período de mastigação aumentou com administração de CZ. Verificou-se também, que o escore de suculência inicial ($P < 0,01$) e suculência sustentada ($P < 0,01$) diminuíram linearmente com aumento do período de suplementação com CZ (Tabela 3.6), enquanto que o escore de sabor de carne e a perda por cocção sensorial não diferiram.

Os bifes provenientes de animais confinados por 117 dias proporcionaram maior suculência sustentada ($P < 0,01$) e maior intensidade de sabor de carne ($P = 0,03$) quando comparados aos bifes provenientes de animais confinados por 90 dias, sendo que a suculência depende da sensação de umidade nos movimentos mastigatórios, isto é, da liberação de líquidos pela carne. Os valores de maciez inicial, tecido conjuntivo, suculência inicial e perda por cocção sensorial não

alteraram com o tempo de confinamento. Os bifes maturados por 14 dias *post-mortem* proporcionaram maior escore de maciez sensorial ($P < 0,01$) e maior escore de tecido conjuntivo ($P < 0,01$) quando comparados aos bifes maturados por 7 dias *post-mortem*, ou seja, a resistência do corte e a percepção da massa formada após um período de mastigação diminuíram com aumento do tempo de maturação da carne. Os valores de suculência inicial, suculência sustentada, sabor de carne e perda por cocção sensorial não diferiram entre os tempos de maturação.

Tabela 3.5 - Efeito do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) e do tempo de confinamento na força de cisalhamento e perda por cocção do contrafilé de bovinos Nelore

	Força de cisalhamento, kg	Perda por cocção, %
Administração de CZ, dias		
0	4,26	19,0
20	5,60	19,2
30	5,43	19,5
40	5,63	19,0
EPM ¹	0,195	0,51
Linear ²	< 0,01	0,87
Quadrático ³	< 0,01	0,30
Controle vs. CZ ⁴	< 0,01	0,55
Confinamento, dias		
90	5,19	19,3
117	5,27	19,0
EPM ¹	0,166	0,44
Probabilidade	0,58	0,43
Maturação, dias		
7	6,15	19,8
14	5,46	18,7
21	4,92	18,7
28	4,39	19,5
EPM ¹	0,195	0,51
Linear ²	< 0,01	0,43
Quadrático ³	0,56	0,08

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade do efeito linear; ³Probabilidade do efeito quadrático;

⁴Probabilidade do contraste ortogonal: animais não suplementados com CZ versus animais suplementados com CZ

Figura 3.1 - Interação entre período de administração de cloridrato de zilpaterol e tempo de maturação para escore de maciez inicial ($P = 0,03$). ¹Escala estruturada de oito pontos variando de (8) extremamente macio a (1) extremamente duro

Figura 3.2 - Interação entre período de administração de cloridrato de zilpaterol e tempo de maturação para escore de tecido conjuntivo ($P < 0,01$). ¹Escala estruturada de oito pontos variando de (8) imperceptível a (1) extremamente perceptível

Tabela 3.6 - Efeitos do período de administração de cloridrato de zilpaterol (CZ) e do tempo de confinamento nas características sensoriais do contrafilé de bovinos Nelore

	Suculência inicial ¹	Suculência sustentada ¹	Sabor de carne ²	Perda por cocção, %
Administração de CZ, dias				
0	5,91	5,85	5,77	20,9
20	5,72	5,54	5,77	21,7
30	5,54	5,39	5,81	21,9
40	5,35	5,35	5,78	20,9
EPM ³	0,099	0,089	0,074	0,42
Linear ⁴	< 0,01	< 0,01	0,84	0,89
Quadrático ⁵	0,99	0,12	0,87	0,08
Controle vs. CZ ⁶	< 0,01	< 0,01	0,92	0,13
Confinamento, dias				
90	5,67	5,41	5,70	21,4
117	5,60	5,65	5,86	21,3
EPM ³	0,070	0,069	0,053	0,32
Probabilidade	0,48	< 0,01	0,03	0,89
Maturação, dias				
7	5,61	5,46	5,78	21,2
14	5,65	5,60	5,78	21,6
EPM ³	0,067	0,070	0,049	0,31
Probabilidade	0,73	0,10	0,93	0,23

¹Escala estruturada de oito pontos variando de (8) extremamente suculento a (1) extremamente seco; ²Escala estruturada de oito pontos variando de (8) extremamente forte a (1) extremamente fraco; ³Erro padrão da média; ⁴Probabilidade do efeito linear; ⁵Probabilidade do efeito quadrático; ⁶Probabilidade do contraste ortogonal: animais não suplementados com CZ versus animais suplementados com CZ

3.4 Discussão

O maior índice de luminosidade (valor L^*) e menor intensidade de cor vermelha (valor a^*) em amostras de contrafilé (músculo *Longissimus thoracis et lumborum*) de animais suplementados com CZ (Tabela 3.2) podem estar relacionados aos mecanismos responsáveis pelo aumento da massa muscular. O efeito do CZ na hipertrofia muscular tem sido atribuído tanto ao aumento do diâmetro das fibras musculares (KELLERMEIER et al., 2009) como ao aumento da incidência de fibras musculares de contração rápida (BAXA et al., 2010). Este último poderia explicar os resultados encontrados para cor instrumental, uma vez que os autores observaram uma transição de fibras de contração lenta (fibra vermelha) para fibras de contração rápida (fibra branca) com a administração de CZ. De modo geral, quanto maior a incidência de fibras musculares de contração rápida, menos vermelha (menor conteúdo de mioglobina) será a coloração da carne (HUNT; HEDRICK, 1977).

O menor conteúdo percentual de lipídios intramusculares e maior conteúdo percentual de proteína em amostras de contrafilé de animais suplementados com CZ (Tabela 3.3) podem estar associados a um acréscimo da deposição de proteína muscular. O efeito do CZ na deposição de proteína muscular tem sido atribuído principalmente ao aumento da atividade da calpastatina, enzima que inibe a ação das calpaínas (μ -calpaína e m-calpaína), diminuindo a degradação proteica (HOPE-JONES et al., 2010; STRYDOM et al., 2011). Dessa forma, o menor conteúdo percentual de lipídios intramusculares pode ser atribuído a uma diluição da fração lipídica ocasionada pelo aumento da deposição de proteína muscular. Essa alteração na composição química da carne poderia estar associada ainda a uma diminuição da deposição de tecido adiposo (BIRKELO, 2003). Nesse sentido, os dados de literatura não são conclusivos e é bem possível que os dois efeitos ocorram simultaneamente.

O maior valor percentual de ácidos graxos poliinsaturados totais em amostras de animais suplementados com CZ (Tabela 3.4) pode estar associado a uma diminuição da participação de lipídios neutros (triacilgliceróis) e, conseqüente, aumento da participação percentual de lipídios de membrana (fosfolipídios). Esta interpretação dos resultados corrobora com a observação que na carne bovina os ácidos graxos poliinsaturados são encontrados quase que exclusivamente na fração

fosfolipídica (WOOD et al., 2003). Curiosamente, constatou-se que mesmo não alterando o conteúdo percentual de lipídios intramusculares com aumento do tempo de confinamento, o valor percentual dos ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 diminuiu com aumento do tempo de confinamento e, conseqüentemente, a relação entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 aumentou. Neste sentido, dados da literatura demonstram que a maior participação de ácidos graxos poliinsaturados e a menor relação entre ômega-6 e ômega-3 proporcionam uma alimentação mais saudável (WOOD et al., 2003; MCAFEE et al., 2010). Dessa forma, carne de animais suplementados com CZ e confinados por menos tempo parece contribuir para uma alimentação mais saudável.

A menor maciez instrumental (maior força de cisalhamento) e sensorial em amostras de contrafilé de animais suplementados com CZ (Tabela 3.5; Figura 3.1) também pode estar relacionada aos mecanismos responsáveis pelo aumento da massa muscular. Conforme discutido anteriormente, o CZ aumenta a incidência de fibras musculares de contração rápida (BAXA et al., 2010), as quais apresentam maior diâmetro, promovendo um aumento da massa muscular. Entretanto, fibras musculares de contração rápida apresentam uma relação entre calpastatina e calpaínas desfavorável para o processo de maturação da carne (KOOHMARAIE et al., 1988). Este último poderia explicar a interação encontrada para maciez sensorial, onde o processo de maturação melhorou mais a maciez da carne de animais controle do que a maciez da carne de animais suplementados com CZ. Com os resultados obtidos nesta pesquisa pode-se constatar que a carne de animais suplementados com CZ, após 21 dias de maturação, apresenta a força de cisalhamento semelhante ao da carne de animais não suplementados com maturação de 7 dias (dados não apresentados em tabelas ou figuras).

Tem sido demonstrado uma diminuição da desestruturação das proteínas miofibrilares com a administração de CZ (STRYDOM et al., 2011; RODAS-GONZÁLEZ et al., 2012), sendo atribuída principalmente ao aumento da atividade da calpastatina (HOPE-JONES et al., 2010; STRYDOM et al., 2011), embora outros autores tenham relatado que a atividade da calpastatina, μ -calpaína e m-calpaína não altera com a administração de CZ (HILTON et al., 2009). Neste sentido, a maior percepção de massa cárnea formada durante o processo mastigatório (menor escore de tecido conjuntivo) em amostras de contrafilé de animais suplementados com CZ (Figura 3.2), pode estar relacionada a uma menor desestruturação das

proteínas miofibrilares durante o processo de maturação e, consequente, aumento da resistência à mastigação e deglutição. Já o menor escore sensorial de suculência em amostras de animais suplementados com CZ (Tabela 3.6), pode ser atribuído ao menor conteúdo percentual de lipídios intramusculares, uma vez que a suculência depende da sensação de umidade nos movimentos mastigatórios, ou seja, da liberação de líquidos pela carne e, são os lipídios que estimulam a salivação e lubrifica o bolo mastigatório.

3.5 Conclusões

O cloridrato de zilpaterol permite produzir carne mais magra, com menor teor de lipídios intramusculares e com maior teor de proteína. Além do menor teor total de lipídios intramusculares, estes lipídios apresentaram maior composição de ácidos graxos poliinsaturados. O tratamento dos animais com cloridrato de zilpaterol reduz a maciez e a velocidade do processo de amaciamento.

Mesmo com a diminuição da maciez, os bifes de bovinos Nelore suplementados com cloridrato de zilpaterol são considerados macios. Estes resultados de qualidade, em conjunto com dados que demonstram aumentos na eficiência de produção, permitem simular o efeito global do uso desta tecnologia nas condições de produção típicas da América do Sul.

Referências

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat evaluation handbook**. Savoy, 2001. 161p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13.ed. Washington. 1980. p.858.

BAXA, T.J.; HUTCHESON, J.P.; 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 of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 330-337, 2010.

BIRKELO, C.P. Pharmaceuticals, direct-fed microbials, and enzymes for enhancing growth and feed efficiency of beef. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Davis, v. 19, p. 599-624, 2003.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Edmonton, v. 37, p. 911-917, 1959.

CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, New York, v. 23, p. 1072-1075, 1982.

COSTA JUNIOR, C.; GOULART, R.S.; ALBERTINI, T.Z.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.E.P.; VASCONCELOS, J.T.; BERNOUX, M.; LANNA, D.P.D.; CERRI, C.C. Brazilian beef cattle feedlot manure management: a country survey. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 91, p. 1811-1818, 2013.

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

HARA, A.; RADIN, N.S. Lipid extraction of tissues with low-toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 90, p. 420-426, 1978.

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 dietary zilpaterol hydrochloride on carcass cutability and meat palatability of beef steers fed with and without monensin and tylosin. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 87, p. 1394-1406, 2009.

HOPE-JONES, M.; STRYDOM, P.E.; FRYLINCK, L.; WEBB, E.C. The efficiency of electrical stimulation to counteract the negative effects of β -agonists on meat tenderness of feedlot cattle. **Meat Science**, Barking, v. 86, p. 699-705, 2010.

HUNT, M.C.; HEDRICK, H.B. Profile of fiber types and related properties of five bovine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, p. 513-517, 1977.

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 of Animal Science**, Savoy, v. 87, p. 3702-3711, 2009.

KOOHARAIE, M.; SEIDEMAN, S.C.; SCHOLLMAYER, J.E.; DUTSON, T.R.; BABIKER, A.S. Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 407-410, 1988.

MCAFEE, A.J.; MCSORLEY, E.M.; CUSKELLY, G.J.; MOSS, B.W.; WALLACE, J.M.W.; BONHAM, M.P.; FEARON, A.M. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. **Meat Science**, Barking, v. 84, p. 1-13, 2010.

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

RATHMANN, R.J.; MEHAFFEY, J.M.; BAXA, T.J.; NICHOLS, W.T.; YATES, D.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 of Animal Science**, Savoy, 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 of Animal Science**, Savoy, v. 90, p. 3584-3595, 2012.

STRYDOM, P.E.; HOPE-JONES, M.; FRYLINCK, L.; WEBB, E.C. The effects of a beta-agonist treatment, vitamin D₃ supplementation and electrical stimulation on meat quality of feedlot steers. **Meat Science**, Barking, v. 89, p. 462-468, 2011.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21-32, 2003.