



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

NAYARA ANDREO

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS DURANTE AS FASES DE
CRIA E RECRIA DE BOVINOS:
VARIÁVEIS DE CARCAÇA E CARNE**

Londrina
2017

NAYARA ANDREO

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS DURANTE AS FASES DE
CRIA E RECRIA DE BOVINOS:
VARIÁVEIS DE CARCAÇA E CARNE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal (Área de Concentração Produção
Animal) da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial para a obtenção do título de
doutor.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Bridi.

Londrina
2017

NAYARA ANDREO

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS DURANTE AS FASES DE CRIA E
RECRIA DE BOVINOS:
VARIÁVEIS DE CARCAÇA E CARNE**

Tese apresentada ao Programa de Pós- graduação em
Ciência Animal (Área de Concentração Produção
Animal) da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial para a obtenção do título de
doutor.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula de Souza Fortaleza
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof^ª. Dr^ª. Carolina Amalia S. Dantas Muniz
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Sergio Raposo de Medeiros
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof^ª. Dr^ª. Adriana Lourenço Soares Russo
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
EMBRAPA

Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria Bridi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 23 de fevereiro de 2017.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

Albert Einstein

Dedicação...

*... ao meu pai, **Sérgio Luiz Bettoni Andreo**, pelo apoio durante todos esses anos e por nunca ter medido esforços para que os meus sonhos fossem possíveis.*

*... ao meu irmão, **Igor Luis Andreo**, por sempre ter sido meu orgulho e minha maior inspiração.*

Dedico...

... à quem me deu a vida, e por quem eu a minha daria.

*Minha mãe, **Maria Denise Turetta Andreo.***

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** por me guiar e conceder mais esta conquista;

Agradeço mais uma vez aos meus **pais e irmão**, sem eles nada seria possível;

Aos meus avós **Joraide Bernardi Turetta e Benedicto Turetta** por estarem presentes neste momento;

À professora Dr^a **Ana Maria Bridi** por confiar e acreditar em mim, pelos ensinamentos, pela compreensão em momentos difíceis, pelas conquistas compartilhadas e pelo incentivo. Obrigada por me permitir fazer parte da família GPAC!

Agradeço a **Fazenda Figueira**, a **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, ao **José Renato Gonçalves** e ao Prof. Dr. **Alexandre Vaz** por possibilitarem o desenvolvimento do experimento;

Agradeço ao **Programa de Pós Graduação em Ciência Animal** e a **Universidade Estadual de Londrina**, pela oportunidade concedida;

Ao ex-coordenador e à atual coordenadora do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Prof. Dr. **Amauri Alcindo Alfieri** e Prof^a. Dr^a. **Ana Paula Bracarense**, pela dedicação a Ciência Animal;

A banca examinadora do exame de qualificação, **Valter Harry Dumbieris Junior**, **Rodrigo da Costa Gomes** e **Sandra Galbeiro**, pelas correções e sugestões;

A banca examinadora da defesa, **Ana Paula Fortaleza**, **Adriana L. Soares**, **Carolina Muniz**, **Sério Raposo de Medeiros**, pelo aceite e contribuições que serão deixadas;

Agradeço aos **professores** do Departamento de Zootecnia e Veterinária por todo o conhecimento transmitido e ajuda despendida ao longo desses anos;

Às secretárias **Sandra da Silva** e **Helenice Kieski** pela prontidão em ajudar;

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal, **Fernando Massaro** e **Tânia Milani**;

Às minhas amigas e incentivadoras, **Marina Avena Tarsitano** e **Roberta Abrami Monteiro**. Obrigada amizade e ensinamentos!

Agradeço a amiga **Louise Manha Peres**, por compartilhar comigo dias de luta e dias de glória, por sempre ter me ajudado com muita dedicação, por termos sido muitas vezes o equilíbrio uma da outra;

Sou grata às amigas da pós-graduação, **Ana Paula Barbon, Barbara Giangarelli, Evelyn Rangel e Fernanda Lisboa**. Obrigada pela ajuda, compreensão e por tornarem tudo mais divertido.

À todos os **ex e atuais integrantes** do **GPAC**, que muito me ajudaram no desenvolvimento de todo o projeto. Essa conquista tem um pouquinho de cada um deles.

Obrigada as amigas **Camila Constantino, Cátia Barata e Evelyn Stivaletti**, por esses anos de parceria e vivência;

Sou grata a **CAPES** pela concessão da bolsa de Doutorado Sanduíche no exterior, tornando possível a busca por novos conhecimentos;

Agradeço a **UCDavis** (Universidade da Califórnia – Davis) por ter concedido a oportunidade de pesquisar em seu campus;

Agradeço ao professor Dr. **Roberto Sainz**, por eu ter sido por alguns meses parte do "Bob's team", pelos ensinamentos, pelo suporte e por ter me acolhido tão bem;

Aos amigos do **Bob's team** (**Casey Dyckier, Angela Fresher e Sergio Medeiros**) e a família que a Califórnia me deu: **Lidiane Eloy, Renata Resende, Rebeca Ferraz, Hugo Bonfá, Welder Baldassini, Angelo Heringer, Juliano Bertinatto, Andrea Cominola e Marcelo Wallau**. Com vocês a superação diária foi muito mais leve. Obrigada!

Agradeço ao meu namorado, **Hugo Colombaroli Bonfá**, pela paciência e compreensão durante os dias de dificuldades.

À minha amiga-irmã, **Janaina Fernandes**. Obrigada pela amizade sem fronteiras, pela sinceridade e apoio nestes 28 anos.

Obrigada a todos que se alguma forma fizeram parte desta conquista!

ANDREO, N. **Estratégias nutricionais durante as fases de cria e recria de bovinos:** variáveis de carcaça e carne. 2017. 89f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2017.

RESUMO

Dois estudos foram desenvolvidos com os seguintes objetivos: **Experimento 1** – avaliar as características de carcaça e carne de bovinos submetidos a diferentes estratégias nutricionais nas fases de cria e recria. **Experimento 2** – avaliar o perfil de ácidos graxos da carne de bovinos submetidos ao sistema de pasto ou confinamento na fase de recria. **Experimento 1** – foi conduzido em duas fases: Phase I (Cria) - 80 bezerros ($99,58 \pm 2,72$ dias de idade e $109,73 \pm 2,99$ kg de peso vivo) junto com as suas respectivas mães, foram distribuídos em: suplemento mineral (CM) ou *creep-feeding* (CC); Phase II (Recria) - os mesmos 80 bezerros ($201,20 \pm 2,11$ dias de idade e $190,20 \pm 3,37$ kg de peso vivo) foram redistribuídos em dois sistemas de produção: pasto (SP) ou confinamento (SF). Após isso, todos eles foram alocados em pasto ($290,0 \pm 0,11$ dias) e terminados em sistema de confinamento ($136,5 \pm 2,27$ dias). Após a terminação, eles foram abatidos com $764,26 \pm 3,06$ dias de idade e $499,20 \pm 3,33$ kg de peso vivo final. Foi calculado o ganho médio diário de peso e aferidos os parâmetros de carcaça e carne. Ocorreu interação entre as fases de cria e recria para o grau de conformação da carcaça e diâmetro de fibra. Para os efeitos simples, as maiores influências observadas foram na fase de recria. O grupo SF foi abatido 17 dias mais cedo, com maior peso vivo final (+ 3,8%), peso de carcaça quente (+ 5,7%), ganho médio diário de peso (+ 6,9%), rendimento de carcaça (+ 1,8%), comprimento de carcaça (+ 1,8 %), largura de carcaça (+ 1,5 %), área de olho de lombo (+ 4,8 %) e profundidade de músculo (+ 2.3 %) do que o SP. Para a cor da gordura, SF obteve maior valor de L* e menor de a*. Esses resultados revelam que bovinos em confinamento possuem maior desenvolvimento muscular e que a fase de recria tem o maior potencial de influenciar as características de carcaça e qualidade da carne. **Experimento 2** - foi composto por 80 bezerros Nelore após o desmame ($201,2 \pm 2,11$ dias de idade e $190,2 \pm 3,37$ kg de peso vivo) distribuídos em dois sistemas de produção: pasto (SP) ou confinamento (SF). Após isso, eles foram alocados em pasto ($290,0 \pm 0,11$ dias) e depois terminados em sistema de confinamento ($136,5 \pm 2,27$ dias). Após o período de terminação, eles foram abatidos com $764,26 \pm 3,06$ dias de idade e $499,20 \pm 3,33$ kg de peso vivo final. Posteriormente, 16 animais de cada grupo foram selecionados aleatoriamente e usados para a análise de espessura de gordura da carcaça e perfil de ácidos graxos da carne. Os ácidos graxos C14:0, C18:1 *n*-9, total de ácidos graxos monoinsaturados (AGM) e índices aterogênicos e trombogênicos foram maiores para o grupo confinado, enquanto todos os ácidos graxos poliinsaturados (AGP), o total de AGP, a relação poliinsaturados/saturados (AGP/AGS), ômega 3 (*n*-3) e ômega 6 (*n*-6) foram maiores para o grupo em pasto. É possível apontar que a carne de animais em pasto pode ter melhor composição de ácidos graxos do que dos animais confinados. Em conclusão, adotar o sistema de confinamento, leva a um maior desenvolvimento muscular, enquanto o sistema em pasto, a uma possível melhora na composição de ácidos graxos da carne.

Palavras-chave: Composição de ácidos graxos. *Creep-feeding*. *Longissimus thoracis*. Peso corporal. Pós-desmame. Sistemas de produção.

ANDREO, N. **Nutritional strategies during cow-calf and stocker phases of cattle: carcass and meat variables.** 2017. 89p. Thesis (PhD in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2017.

ABSTRACT

Two studies were carried out with the aim: **Trial 1** - The aim with the study was to evaluate the carcass and meat parameters of bulls submitted to different nutritional strategies on cow-calf and stocker phases. **Trial 2** - The aim with the study was to evaluate beef fatty acid profile of bulls submitted to pasture or feedlot system during stocker phase. **Trial 1** - was conducted in two phases: Phase I (Cow-calf) - 80 calves (99.58 ± 2.72 days of age and 109.73 ± 2.99 kg of body weight) with their respective mothers, were distributed into: mineral supplement (CM) or *creep-feeding* (CC); Phase II (Stocker) - the same 80 calves (201.20 ± 2.11 days of age and 190.20 ± 3.37 kg of body weight) were redistributed into two production systems: pasture (SP) or feedlot (SF). After that, all animals were kept on pasture (290.0 ± 0.11 days) and finished on feedlot system (136.5 ± 2.27 days). At the end of the finishing period, they were harvested with 764.26 ± 3.06 days of age and 499.20 ± 3.33 kg of final body weight. Then, it was calculated the average daily gain and carcass and meat parameters were measured. A Cow-calf by Stocker phases groups interaction occurred for carcass conformation and fiber diameter. For single effects, the greatest influences observed were in stocker phase. SF group was harvested 17 days earlier, with greater final body weight (+ 3.8%), hot carcass weight (+ 5.7%), average daily gain (+ 6.9%), and dressing percentage (+ 1.8%), carcass length (+ 1.8 %), carcass width (+ 1.5 %), ribeye area (+ 4.8 %) and muscle depth (+ 2.3 %) than SP group. SF group also had influence on fat color, showing higher L* and lower b* values. These results reveal that feedlot bulls have higher muscle development and that stocker phase has the greatest potential to influence carcass traits and meat quality. **Trial 2** - was composed by 80 Nelore calves after weaning (201.2 ± 2.11 days of age and 190.2 ± 3.37 kg of body weight) distributed into two production systems: pasture (SP) or feedlot (SF). After that, they were allocated on pasture (290.0 ± 0.11 days) and were finished on feedlot system (136.5 ± 2.27 days). At the end of the finishing period, they were harvest with 764.26 ± 3.06 days of age and 499.20 ± 3.33 kg of final body weight. Then, 16 bulls from each group were randomly selected and used for carcasses backfat and fatty acid analysis. Fatty acids C14:0, C18:1 *n*-9, total of monounsaturated fatty acids (MUFA) and indices of atherogenicity (IA) and thrombogenicity (IT) were higher for SF, whereas all polyunsaturated fatty acids (PUFA), total PUFA, polyunsaturated/saturated (PUFA/SFA) ratio, omega 3 (*n*-3) and omega 6 (*n*-6) were greater for SP. It is possible to point that beef from pasture animals may have a better fatty acid profile than feedlot animals at stocker phase. In conclusion, the adoption of feedlot system at stocker phase, leads to a higher muscle development, while pasture system, leads to a possible improvement in beef fatty acid composition.

Keywords: Fatty acid composition. *Creep-feeding*. *Longissimus thoracis*. Body weight. Post-weaning. Feeding systems.

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1 –	Carcass traits and meat quality of Nellore bulls submitted to different nutritional strategies during cow-calf and stocker phases	44
Figure 1 -	Illustrative diagram of experimental management from phase I until harvest	67
Figure 2 -	Illustrative timeline of experimental management from phase I until harvest	68
Figure 3 -	Days of age and body weight of each group (CM, CC, SP and SF) in the beginning of phase I (cow-calf), phase II (stocker), pasture, feedlot and at harvest	69
Artigo 2 -	Beef fatty acids profile of Nellore bulls submitted to pasture or feedlot system on stocker phase.....	71
Figure 1 -	Illustrative timeline of experimental management from beginning of stocker phase until harvest	88

LISTA DE TABELAS

Artigo 1 -	Carcass traits and meat quality of bulls submitted to different nutritional strategies during cow-calf and stocker phases	44
Table 1 -	Effect of different nutritional strategies during cow-calf (mineral supplement <i>vs.</i> <i>creep-feeding</i> groups) and stocker (pasture <i>vs.</i> feedlot groups) phases on carcass traits of Nellore bulls	63
Table 2 -	Effect of different nutritional strategies during cow-calf (mineral supplement <i>vs.</i> <i>creep-feeding</i> groups) and stocker (pasture <i>vs.</i> feedlot groups) phases on meat quality parameters of Nellore bulls	64
Table 3 -	Interaction effect with cow-calf (mineral supplement <i>vs.</i> <i>creep-feeding</i> groups) by stocker (pasture <i>vs.</i> feedlot groups) phases groups for conformation degree	65
Table 4 -	Interaction effect with cow-calf (mineral supplement <i>vs.</i> <i>creep-feeding</i> groups) by stocker (pasture <i>vs.</i> feedlot groups) phases groups for fiber diameter.....	66
Artigo 2 -	Beef fatty acids profile of Nellore bulls submitted to pasture or feedlot system on stocker phase.....	70
Table 1 -	Carcass backfat and fatty acid composition of <i>longissimus thoracis</i> muscle of Nellore bulls on pasture or feedlot system	86
Table 2 -	Total of saturated, monounsaturated, polyunsaturated, <i>n-3</i> and <i>n-6</i> fatty acids, PUFA/SFA ratio, <i>n-6/n-3</i> ratio and indices of atherogenicity and thrombogenicity of <i>longissimus thoracis</i> muscle of Nellore bulls on pasture or feedlot system	87

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO REBANHO BOVINO BRASILEIRO	15
2.1.1	A Raça Nelore.....	16
2.1.2	O Cenário do Mercado Consumidor de Carne.....	17
2.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE BRASILEIRO	18
2.2.1	Suplemento Mineral.....	21
2.2.2	<i>Creep-feeding</i>	21
2.2.3	Pastagem	22
2.2.4	Confinamento.....	22
2.3	EFEITO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NO DESENVOLVIMENTO DE BOVINOS EM FASE DE CRIA E RECRIA	23
2.3.1	<i>Creep-feeding</i> : influências no desenvolvimento do bezerro	23
2.3.2	Confinamento na Fase de Recria: efeitos no desenvolvimento do animal.....	26
2.4	QUALIDADE DA CARCAÇA E DA CARNE DE BOVINOS	29
2.4.1	Rendimento de Carcaça	30
2.4.2	Composição de Ácidos Graxos da Carne.....	30
	REFERÊNCIAS	33
3	OBJETIVOS	42
3.1	OBJETIVO GERAL	42
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	42
4	ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	43
ARTIGO 1 -	CARCASS TRAITS AND MEAT QUALITY OF NELLORE BULLS SUBMITTED TO DIFFERENT NUTRITIONAL STRATEGIES DURING COW-CALF AND STOCKER PHASES	44
Abstract	44

Introduction	45
Material and methods	46
Results	52
Discussion	53
Conclusion	58
Aknowledgement.....	59
References	59
5 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	70
ARTIGO 2 – BEEF FATTY ACIDS PROFILE OF NELLORE BULLS SUBMITTED TO PASTURE OR FEEDLOT SYSTEM ON STOCKER PHASE.....	71
Abstract	71
Introduction	71
Material and methods	73
Results and discussion.....	76
Conclusion	81
Aknowledgement.....	82
References	82
6 CONCLUSÃO GERAL.....	89

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem o maior rebanho bovino comercial do mundo, com aproximadamente 215 milhões de cabeças (IBGE, 2016a). Cerca de 80% desse rebanho é composto por animais de raças zebuínas (*Bos taurus indicus*), dentre elas destaca-se a raça Nelore, que representa 90% dos animais de origem indiana, estando distribuídos por todo o território nacional (ABIEC, 2016).

Em face da importância da carne bovina como alimento e das mudanças de hábitos alimentares dos consumidores, que a cada dia se tornam mais esclarecidos, exigentes e preocupados com os aspectos relacionados à nutrição, higiene e segurança dos alimentos, a demanda por produtos de qualidade tem aumentado de forma considerável (LUCHIARI FILHO, 2010; PINHEIRO et al., 2011).

De acordo com Moura et al. (2015) são muitos os fatores que influenciam a qualidade da carne, sendo eles intrínsecos e extrínsecos ao animal. As técnicas adotadas no manejo produtivo, a composição genética, a idade, o sexo e a alimentação influenciam direta ou indiretamente a qualidade físico-química e sensorial da carne.

O padrão de crescimento de um animal determina suas exigências nutricionais e, reciprocamente, pela alteração da nutrição, pode-se alterar o padrão de crescimento animal, determinando a composição do produto de crescimento, a carne (MCDONALD et al., 1995).

A bovinocultura de corte brasileira por sua vez tem sua produção concentrada em pasto, deste modo, as chuvas interferem diretamente na produção e qualidade das pastagens, predispondo os animais a desempenhos muito variáveis (ALVES, 2003; SILVA et al., 2014; ABIEC, 2016). Desta forma, o manejo nutricional recebido em cada fase de criação do bovino, terá influência sobre o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, sobre a qualidade da carne.

Na fase de cria, por exemplo, muitos fatores importantes começam a interferir no bom desenvolvimento do bezerro (SAMPAIO et al., 2002). A suplementação exclusiva para o bezerro, denominada *creep-feeding*, pode assumir grande importância e tornar-se indispensável para diminuir o tempo necessário ao acabamento dos animais para abate (ROCHA et al., 1999).

Outra estratégia que vem sendo utilizada é o uso de suplementação no primeiro inverno após a desmama (início da recria), pois tem sido apontado como necessário

para reduzir a idade de abate dos animais e melhorar as características relacionadas à qualidade da carne produzida.

Desta forma, demanda-se intervenção do produtor para que o crescimento do bezerro seja contínuo e progressivo. Fornecer boas pastagens, mineralização e suplementação alimentar são estratégias fundamentais para explorar ao máximo o potencial genético presente em cada indivíduo (SAMPAIO et al., 2002).

Diante disso, há necessidade de pesquisas que revelem qual o tipo de suplementação é mais adequada em cada fase de criação do animal. Desta maneira, o presente estudo tem por objetivo elucidar os efeitos de diferentes estratégias de suplementação em duas fases de criação, cria e recria, sobre a qualidade da carcaça e carne do bovino.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO REBANHO BOVINO BRASILEIRO

O Brasil é o quinto maior país do mundo em território, com 8,5 milhões de km² de extensão, sendo que cerca de 20% da sua área, 174 milhões de hectares, está ocupada por pastagens. Embora seja um país predominantemente tropical, possui grande variabilidade climática, refletindo nos regimes pluviométricos e conseqüentemente nos sistemas de produção pecuários (ABIEC, 2016). Além disso, tem sua produção concentrada em sistemas extensivos, caracterizado por baixos índices zootécnicos, compreendendo valores médios de: 60% de natalidade; 8% de mortalidade até a desmama; 55% taxa de desmama; 4 anos de idade à primeira cria e idade de abate; 20 meses de intervalo d partos; e 53% de rendimento de carcaça (EUCLIDES FILHO, 2000).

Mesmo assim, a bovinocultura é um dos principais destaques do agronegócio brasileiro no cenário mundial (MAPA, 200-). O efetivo de bovinos alcançou a marca de 215,2 milhões de cabeças em 2015, um crescimento de 1,3% em relação ao ano de 2014 (IBGE, 2016a). Com isso, o Brasil manteve-se como segundo colocado no ranking mundial, atrás apenas da Índia com o rebanho de 301,1 milhões de cabeças (IBGE, 2015; USDA, 2016).

Em 2015, foram abatidas 30,6 milhões de cabeças de bovinos sob serviço de inspeção sanitária, representando queda de 9,6% em relação ao ano de 2014 que foi de 33,9 milhões (IBGE, 2016b). Neste mesmo ano, o Brasil ocupou a segunda colocação na produção de equivalente carcaça bovina, com 9,4 milhões de toneladas, representando 16,1% do total mundial produzido, ficando atrás somente dos Estados Unidos que deteve 18,5% da produção mundial, com a produção de 10,8 milhões de toneladas (USDA, 2016).

Desde 2014, a Índia assumiu a liderança nas exportações de carne bovina, com cerca de 1,8 milhões de toneladas (20,8%) em equivalente carcaça. Entretanto, o Brasil ocupa o segundo lugar com cerca de 1,7 milhões de toneladas (19,1%) (USDA, 2016). Além disso, estima-se que no ano de 2015 o país teve um consumo *per capita* de carne bovina de aproximadamente 38 kg (ABIEC, 2016).

2.1.1 A Raça Nelore

Representando a maioria dos bovinos para corte no Brasil, os bovinos com alguma composição zebuína (*Bos taurus indicus*) podem ser encontrados por toda extensão do território nacional e representam cerca de 80% do rebanho brasileiro. Esses animais desempenham papel importante na pecuária brasileira, pois são animais de comprovada rusticidade e adaptação ao ambiente predominante no país (ABIEC, 2016).

Dentre os zebuínos, destaca-se a raça Nelore, que representa 90% desta parcela. O Nelore é um animal extremamente adaptado às condições brasileiras, tanto ao ambiente quanto ao sistema de produção. A criação destes animais é predominantemente em pasto, com suplementação mineral. O uso de suplemento proteico/energético, de consumo reduzido, vem aumentando a cada dia, suprimindo a carência de nutrientes nos pastos durante o período seco do ano (ABIEC, 2016).

Zebuínos em geral apresentam resistência natural aos parasitas, devido às características de seus pelos, que impedem ou dificultam a penetração de pequenos insetos na superfície da pele. A pele escura, fina e resistente, dificulta a ação de insetos sugadores, além de produzir secreção oleosa repelente, que se intensifica quando os animais estão expostos ao calor. São muito resistentes ao calor devido à sua superfície corporal ser maior em relação ao corpo e por possuir maior número de glândulas sudoríparas. As características de seus pelos também facilitam o processo de troca com o ambiente. O trato digestório é 10% menor em relação aos europeus, portanto seu metabolismo é mais baixo e gera menor quantidade de calor (ACNB, 2006).

Além disso, Galvão (1991) cita que animais provenientes do cruzamento com zebuínos apresentam maior rendimento de carcaça que animais europeus, justamente devido ao menor peso relativo de patas, cabeça, couro e trato digestório.

Segundo Bó, Baruselli e Martýnez (2003), os animais *Bos taurus indicus* são superiores em desempenho aos *Bos taurus taurus* quando criados em ambientes tropicais ou subtropicais e quando submetidos a agentes estressantes como altas temperaturas, umidade, ectoparasitos e pasto de baixa qualidade.

2.1.2 O Cenário do Mercado Consumidor de Carne

A bovinocultura de corte brasileira tem passado por extensas transformações devido à competição com outras fontes de proteína animal, tais como aves, suínos, ovinos e caprinos; à adequação da cadeia produtiva às exigências do mercado interno e externo; à problemas de ordem sanitária que envolvem o rebanho (OLIVEIRA et al., 2006), tendo essas transformações afetado sobremaneira o comportamento do consumidor de carnes e o seu padrão de consumo (REGMI; GEHLTHAR, 2001).

No Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento, há um forte interesse por parte do consumidor em ter e manter uma vida saudável, gerando consequentemente uma parcela crescente da população disposta a investir grande parte do seu tempo e de seus recursos para viver mais e melhor (VENTURA, 2009). Cada vez mais os consumidores se interessam por produtos com histórico que transmita confiança e proporcione maior satisfação. Além disso, estão também interessados em saber como os animais foram criados, alimentados e abatidos. Em consequência, há uma crescente demanda por produtos com qualidade assegurada (OLIVEIRA; BORTOLI; BARCELLOS, 2008).

Desta forma, em decorrência da preocupação com os atributos relacionados à saúde e bem estar, a carne está sendo cada vez mais valorizada em todos seus aspectos, principalmente, pela sua qualidade nutritiva e funcional, tornando-se a qualidade uma propriedade de extrema relevância na decisão de compra pelos consumidores (LUCHIARI FILHO, 2006; OSÓRIO et al., 2006; SAAB, 1999). Com isso, faz-se necessário uma nova postura dos agentes da cadeia produtiva da carne bovina frente aos desafios de um mercado cada dia mais competitivo, a fim de adequar e atender as exigências impostas pelos consumidores através da produção sustentável de carne de boa qualidade (PASCOAL, 2008; SOUKI et al., 2003).

No entanto, por muitos anos produziu-se e consumiu-se carne sem preocupação com as funções biológicas do tecido muscular do animal vivo e o quanto elas influenciavam na qualidade da carne. Somente com a compreensão dos eventos bioquímicos que ocorrem no tecido muscular foi possível saber que a carne, como organização complexa de músculo esquelético, tecido conjuntivo e gordura, resulta de uma série de reações físico-químicas que ocorrem no tecido muscular a partir do abate, ou mesmo antes, que podem determinar a qualidade final do produto (RODRIGUES et al., 2008). Deste modo, a qualidade da carne pode ser definida por propriedades físico-químicas traduzidas em maciez, sabor, cor, odor e suculência, as quais são determinadas por fatores inerentes ao indivíduo, como genética, idade e sexo (PARANHOS DA COSTA et al., 2002), e fatores extrínsecos ao

indivíduo, como a nutrição, manejo pré-abate, abate e métodos de processamento da carcaça e da carne (PAULINO; DUARTE; OLIVEIRA, 2013).

Assim, produzir carne de qualidade não pode ser considerada uma atividade simples, dado que é definida pela junção de cada elo da cadeia produtiva, a qual possui peculiaridades determinantes na qualidade ou sua ausência no produto final (PAULINO; DUARTE; OLIVEIRA, 2013). Portanto, diante das exigências impostas pelos consumidores e da importância das funções biológicas do animal e sua influência na qualidade da carne, há necessidade de pesquisas a fim de melhorar os atributos de qualidade do produto final.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE BRASILEIRO

A bovinocultura de corte brasileira tem sua produção concentrada em sistemas extensivos, caracterizada pela criação exclusiva em pastagens como única fonte de alimentos energéticos e proteicos, com baixo uso de tecnologias e máxima exploração dos recursos naturais existentes. Em consequência das suas características, constitui-se na forma mais prática e econômica de alimentação para bovinos. No entanto, devido as deficiências inerentes as pastagens em determinados nutrientes, muitas vezes são fornecidas ao animal suplementação mineral (ALENCAR; POTT, 2003; CEZAR et al., 2005). Devido às características deste sistema, as chuvas interferem diretamente na produção e na qualidade das forragens (SILVA et al., 2014). Como dito anteriormente, a produção de bovinos de corte brasileira concentra-se em sistemas extensivos, sendo somente cerca de 10% do rebanho terminado em sistema intensivo (ABIEC, 2014).

O Brasil, por estar localizado na região tropical, apresenta alto potencial para produção forrageira. O país é caracterizado por apresentar as estações chuvosa e seca bem definidas, sendo a estação seca o período crítico para a produção de bovinos em pasto (MOREIRA et al., 2003; SOUZA, 2015). Nesta época o rebanho bovino alimenta-se de forragem de baixo valor nutritivo, caracterizadas por um elevado teor de fibra indigerível e teores de proteína bruta inferiores ao nível crítico, 6 a 7% na MS, limitando desta forma o seu consumo (REIS et al., 2005).

Deste modo, em consequência das estações chuvosa e seca, a produção do país é marcada por períodos de alta produção, quando se encontra alta disponibilidade e qualidade da forragem, e períodos de baixa produção, quando aliada à baixa disponibilidade de forragem, essa é caracterizada por ser de baixa qualidade nutricional (MOREIRA et al.,

2003), especialmente pelo envelhecimento dos tecidos vegetais, consequência da redução de conteúdo celular e lignificação (GOMES et al., 2015).

Mesmo para baixas taxas de lotação, a combinação de menor oferta e qualidade da forragem resulta em perda de peso dos animais ou taxas de ganho muito baixas (GOMES et al., 2015), pois nutrientes corporais são mobilizados para manutenção (EUCLIDES et al., 1998), podendo resultar em aumento da idade de abate e piora do produto final, deixando como resultado redução na receita do produtor e ineficiência no sistema de produção (KNORR et al., 2005). Segundo Paulino et al. (2004) o animal criado exclusivamente em pastagens tropicais não consegue satisfazer a demanda de nutrientes para manter um perfil ascendente da curva de crescimento, podendo assim, estender a idade de abate e (ou) à primeira cria para além de 36 meses.

Com isso, em um programa de produção contínua de carne, torna-se essencial possibilitar ao animal condições que lhe permita crescimento constante, tanto no período chuvoso quanto no período seco, a fim de que se alcancem condições de abate mais precocemente. Para isto, faz-se necessário manter o suprimento de alimento em equilíbrio com os requerimentos dos animais (EUCLIDES et al., 1998; SOUZA, 2015). Sendo assim, a aplicação de tecnologias que otimizem o desempenho animal é fundamental para a conquista do mercado de forma sustentável e competitiva (FIGUEIREDO et al., 2007).

Deste modo, a suplementação estratégica, principalmente na seca e quando corretamente realizada, faz com que a perda de peso seja revertida para ganhos moderados ou, pelo menos, que haja a manutenção de peso dos animais (GOMES et al., 2015), viabilizando o abate de animais mais jovens, com carcaça de melhor qualidade (EUCLIDES et al., 1998). Entretanto, quando um suplemento é fornecido, o consumo de forragem dos animais mantidos em pastagens pode permanecer inalterado, aumentar ou diminuir, sendo que as respostas, muitas vezes, dependem da quantidade e da qualidade da forragem disponível e características do suplemento, bem como da maneira de seu fornecimento e do potencial de produção dos animais (REIS et al., 2009).

Em virtude da sazonalidade quantitativa e qualitativa das plantas forrageiras de clima tropical e das diferenças marcantes na composição bromatológica e na disponibilidade no período das águas e da seca, a meta principal da suplementação é reduzir as deficiências nutricionais desta forragem, para estimular o consumo e a sua digestibilidade, aumentando o desempenho dos animais (CANESIN et al., 2007). Na prática, segundo Oliveira et al. (2014) o objetivo da suplementação é fechar as lacunas deixadas pela curva sazonal de crescimento das forrageiras.

Mesmo havendo disponibilidade de fibra potencialmente digestível nos pastos, no período seco a proteína é o nutriente que mais limita o desempenho animal. Dessa forma, o propósito de suplementação nesta fase é adequar os níveis de nitrogênio deficientes nas dietas dos animais, de tal forma a aumentar a eficiência de degradação da fração fibrosa e, conseqüentemente, a taxa de passagem e o consumo de matéria seca da forragem (REIS et al., 2009).

Segundo Paulino et al. (2004), a suplementação de bovinos em pasto é uma das principais estratégias para a intensificação dos sistemas primários regionais. Esta tecnologia permite corrigir dietas desequilibradas, aumentar a eficiência de conversão das pastagens, melhorar o ganho de peso dos animais, encurtar os ciclos reprodutivos, de crescimento e engorda dos bovinos e aumentar a capacidade de suporte dos sistemas produtivos, incrementando a eficiência de utilização das pastagens em seu pico de produção e elevando o nível de produção por unidade de superfície (kg/ha/ano).

É imprescindível, portanto, definir com clareza os objetivos da suplementação dentro do sistema de produção. Assim, o aporte de nutrientes via suplementação durante as fases de criação, pode visar níveis diferenciados de desempenho dos animais (PAULINO et al., 2003). Deste modo, tem-se a possibilidade de fazer uso de diferentes estratégias nutricionais, que poderão atender o requerimento de categorias específicas de acordo com os níveis de ganho pré-estabelecidos (REIS et al., 2009). Na fase de cria, por exemplo, uma alternativa ao uso do suplemento mineral é a suplementação em *creep-feeding*; já no pós desmame, ou seja, na fase de recria, um sistema estratégico que pode ser utilizado em detrimento do sistema em pastagem é o confinamento.

2.2.1 Suplemento Mineral

O suplemento mineral é caracterizado por possuir na sua composição macro e/ou micro elemento mineral, podendo apresentar, um valor menor que 42% de equivalente proteico (BRASIL, 2004).

O fornecimento de minerais para bovinos de corte é uma das práticas nutricionais mais importantes na atividade. Isso se deve ao fato dos minerais apresentarem várias funções no organismo e participarem diretamente no crescimento animal. Por exemplo, o conteúdo mineral do osso bovino compreende cerca de 40% do seu peso, com importantes participações de elementos como cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e fósforo (P). Mesmo no

músculo, composto em grande parte por água e proteína, tem-se elementos como potássio (K), sódio (Na), ferro (Fe), zinco (Zn), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Hormônios, fluídos intra e extracelulares e enzimas, peças importantes para o bom funcionamento do metabolismo, podem ter em sua composição elementos minerais (GOMES et al., 2015).

Contudo, o nível de minerais encontrado em análises de forrageiras é muito variável de acordo com cada região, sendo assim, antes de realizar a suplementação mineral deve-se buscar saber a composição da forragem (SILVA et al., 2014).

De acordo com Gomes et al. (2015), tem-se um cenário onde a maioria das pastagens brasileiras são pobres em algum elemento mineral. Em levantamento realizado por pesquisadores da Embrapa Gado de Corte, as concentrações em pastagens de importantes minerais como Na, Zn, Cu e P estiveram abaixo do necessário para cumprimento dos requerimentos nutricionais de um bovino em mais de 70% das amostras coletadas. Este fato, aliado à importância no crescimento e produtividade animal, justificam a suplementação mineral nas condições brasileiras de produção.

2.2.2 *Creep-feeding*

O *creep-feeding* consiste em fornecimento, em cocho privativo, de alimentos suplementares aos bezerros criados ao pé das matrizes, sem que estas tenham acesso ao suplemento (PAULINO; DETMANN; ZERVOUDAKIS, 2001). A palavra *creep-feeding* vem do inglês, onde "*creep*" significa rastejar ou "engatinhar", sendo uma alusão ao movimento que o bezerro necessita fazer para entrar no cercado e ter acesso ao cocho privativo, e "*feeding*" significa alimentação (TAYLOR; FIELD, 1999).

Segundo Oliveira et al. (2006) com a utilização do *creep-feeding* é possível aumentar os ganhos de peso pré desmame e peso ao desmame, além da redução da mortalidade de bezerros nessa fase. Além disso, a adoção desta técnica pode ser vantajosa, pois permite que o animal tenha acesso a suplementos antes da desmama, fazendo com que ele se torne menos dependente do leite da vaca, sofra menos estresse com o desmame, se adapte mais facilmente a programas de confinamento e recupere peso mais rapidamente após estresse (OLIVEIRA et al., 2006).

2.2.3 Pastagem

As pastagens representam a principal e mais barata fonte de alimentos para os ruminantes, mas nem sempre são manejadas de forma adequada, muitas vezes devido à

falta de conhecimento sobre suas condições fisiológicas de crescimento e composição nutricional (COSTA, 2004). Quando bem manejada pode ser a opção mais moderna e eficiente para assegurar ganhos econômicos e de produtividade na exploração. Com isso, a exploração animal em pastagens tem potencial para ser competitiva devido à possibilidade de redução de custo de produção e de agregação de valor ao produto produzido de maneira sustentável (SALMAN, 2007).

Todavia, de acordo com Detmann et al. (2004) o pasto deve ser entendido como um componente do sistema de produção com elevada complexidade, uma vez que este fornece substratos aos animais e é passível de apresentar uma variação qualitativa e quantitativa ao longo do ano, influenciada principalmente por fatores abióticos (e.g., precipitação, temperatura e radiação solar). Sendo assim, a criação em pasto é altamente influenciada pelos efeitos climáticos, visto que estes promovem uma estacionalidade na produção de forrageiras concentrando aproximadamente 80% da produção no período das águas e 20 % no período seco, podendo variar com o nível de intensificação adotado no manejo do pasto e da cultivar (EUCLIDES et al., 2007).

2.2.4 Confinamento

O confinamento de bovinos de corte é uma atividade crescente na pecuária brasileira, apesar de ainda ser reduzida quando comparada à pecuária desenvolvida em pasto. Esse crescimento tem ocorrido ao longo do tempo em função do aumento de tecnologias disponíveis, maior disponibilidade de grãos e, é claro, devido às diversas vantagens que traz ao sistema de produção de carne bovina (GOMES et al., 2015).

Confinamento é o sistema de criação de bovinos em que lotes de animais são encerrados em piquetes ou currais com área restrita, e onde os alimentos e água necessários são fornecidos em cochos. É mais propriamente utilizado para a terminação de bovinos, que é a fase da produção que imediatamente antecede o abate do animal, ou seja, envolve o acabamento da carcaça que será comercializada (CARDOSO, 2000). No entanto, esse sistema pode ser adotado em qualquer etapa do ciclo de produção (CANELLAS, 2014).

De acordo com Gomes et al. (2015), os principais benefícios trazidos pelo confinamento são: aliviar pastos na época seca; tirar animais mais pesados das pastagens, liberando-as para categorias com menor exigência nutricional; aumentar a produtividade e a qualidade da carne; reduzir o tempo de terminação; programar abates ao longo do ano todo e intensificar o giro de capital. Esses atributos fazem do confinamento uma atividade quase

obrigatória dentro de sistemas de produção intensivos. Contudo, a intensificação sempre traz consigo maiores demandas gerenciais, devido ao maior risco de insucesso. Dentro dessas necessidades, considera-se que o trabalho em estratégia nutricional seja um dos mais importantes. Por isso, o aconselhamento técnico adequado na área nutricional exerce papel fundamental e de grande responsabilidade.

2.3 EFEITO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NO DESENVOLVIMENTO DE BOVINOS EM FASE DE CRIA E RECRIA

2.3.1 *Creep-feeding*: influências no desenvolvimento do bezerro

A criação do bezerro, que em muitos casos dura cerca de 200 dias, é sempre motivo de especial atenção por parte do produtor de gado de corte, pois nesta fase do sistema de produção muitos fatores interferem no desenvolvimento do bezerro (BRITO et al., 2002). De acordo com Moojen et al. (1994) uma melhor alimentação e um manejo adequado do rebanho de cria são fundamentais para aumentar os índices de produtividade do rebanho. Segundo Brito et al. (2002) fornecer boas pastagens, suplementação mineral e suplementação proteica/energética é fundamental para explorar ao máximo o potencial genético do animal (BRITO et al., 2002).

Ao nascer, o trato digestório dos bezerros assemelha-se fisiologicamente ao dos não ruminantes. Esta semelhança ocorre devido ao tipo de alimento que é oferecido ao bezerro a partir do nascimento, o qual apresenta grande influência no estado transitório de pré-ruminante para ruminante pleno (OLIVEIRA; ZANINE; SANTOS, 2007). Nessa fase de transição, o alimento básico é o leite, sendo a atividade gástrica digestiva exercida pelo abomaso (ÍTAVO et al., 2007). Ao ser ingerido, o leite é interceptado por uma estrutura chamada goteira esofágica. A goteira esofágica constitui uma continuação do esôfago formando um tubo que evita que o leite passe pelo retículo-rúmen, permitindo sua passagem diretamente do esôfago para o omaso, chegando ao abomaso rapidamente (CHURCH, 1993). Segundo Ítavo et al. (2007) esta é a fase mais crítica do ponto de vista nutricional, pois, devido às limitações enzimáticas e à ausência de síntese microbiana, o animal apresenta dificuldades em utilizar alimentos grosseiros, como volumosos.

Além das mudanças no trato gastrintestinal do bezerro, o período coincide com a redução da produção de leite da vaca, colocando o bezerro em situação desfavorável, por apresentar baixa disponibilidade dos nutrientes, ou seja, o leite e o pasto podem não

satisfazer às demandas do animal para seu pleno crescimento (PORTO et al., 2009). Quando os bezerros se aproximam do desmame suas exigências nutricionais aumentam. Contudo, sendo o requerimento nutricional maior que os nutrientes disponíveis no leite e/ou pasto, obviamente, o crescimento desses animais será restringido (OLEIVEIRA et al., 2006). Logo, deve-se proporcionar aos bezerros condições de manutenção e taxas constantes de crescimento e de produção (DANTAS et al., 2010).

De acordo com Oliveira et al. (2006) é durante fase de cria que ocorrem as maiores perdas na bovinocultura de corte, podendo chegar a 15%. Entretanto, é neste período que se apresentam as mais altas taxas de ganho de peso, alcançando, em apenas sete meses, de 25 a 35% do peso final de abate (EMBRAPA, 1995). Assim, uma suplementação estratégica dos bezerros neste período poderia otimizar a eficiência dos animais e, portanto, melhorar o seu desempenho (VALENTE et al., 2012). Obter animais mais pesados ao desmame é interessante, pois permite que estes possam ser abatidos jovens (PAULINO et al., 2012). Desta forma, é possível à adoção de novas técnicas de produção para viabilizar de maneira mais eficiente a obtenção de bezerros com peso elevado ao desmame, e conseqüentemente a produção de novilhos precoces ou superprecoces (NOGUEIRA et al., 2006; DANTAS et al., 2010).

Nesse contexto, a técnica do *creep-feeding* pode assumir grande importância e, conforme as circunstâncias tornar-se quesito indispensável para reduzir o tempo necessário para atingir o peso de abate (DANTAS et al., 2010). Esta técnica tem por finalidade não reduzir o ímpeto de crescimento dos bezerros, o que normalmente ocorre após os dois meses de idade pela queda na produção de leite da mãe (PAULINO; DETMANN; ZERVOUDAKIS, 2001).

Deste modo, o *creep-feeding* tem como vantagem aumentar o ganho médio diário e o peso ao desmame do bezerro (NOGUEIRA et al., 2006), pois é nesse período que ocorre o máximo crescimento muscular e uma continuação no crescimento ósseo no animal (OLEIVEIRA et al., 2006). Outra vantagem expressiva do *creep-feeding* está na produção de novilhos precoce e superprecoce, devido ao ajustamento no período de recria e terminação, que podem ser reduzidos, uma vez que o peso ao desmame atinge 240 kg ou mais. Além das vantagens em desempenho, o *creep-feeding* pré-condiciona o animal ao tipo de alimentação que irá receber na terminação (PAULINO; DETMANN; ZERVOUDAKIS, 2001). De acordo com Oliveira et al. (2006) bezerros que estão no sistema de *creep-feeding* sofrem menos estresse na desmama, se adaptam mais facilmente a programas de confinamento e recuperam peso mais rapidamente após estresse. Entretanto, algumas das desvantagens do *creep-feeding*

se evidenciarão após o desmame caso os bezerros tenham recebido suplementação com excesso de energia e/ou apresentem consumo excessivo ($> 1,5$ kg/animal/dia) do suplemento neste período, pois, com isso podem depositar tecido adiposo em detrimento do tecido muscular, podendo resultar em ganhos mais lentos e onerosos durante o período subsequente (OLIVEIRA et al., 2006).

Em estudo avaliando os efeitos do *creep-feeding* no desempenho e características de carcaça de novilhos, pesquisadores observaram que os bezerros que não receberam nenhum tipo de suplementação ganharam menos peso ($P = 0,001$), tiveram menor peso de carcaça quente ($P = 0,01$) e obtiveram maior porcentagem ($P=0,03$) de Yield Grade 3 (medida americana de rendimento de carcaça), representando uma menor porcentagem de porção comestível na carcaça em relação aos animais em *creep-feeding*. No entanto, o marmoreio da carne não diferiu entre os tratamentos citados (SHIKE et al., 2007).

Contudo, apesar de pouco se saber a respeito dos efeitos do sistema de *creep-feeding* sobre características de carcaça e carne, existem evidências de que esses parâmetros sejam influenciados por este sistema. Deste modo, torna-se interessante o estudo desta fase tão importante no ciclo produtivo de bovinos de corte, em razão da dificuldade em encontrar pesquisas neste sentido.

2.3.2 Confinamento na Fase de Recria: efeitos no desenvolvimento do animal

A fase de recria de bovinos de corte é uma prática tradicional na produção de carne bovina brasileira, geralmente, constitui a fase mais longa do ciclo de produção (MILLEN et al., 2011) e seu início coincide com o desmame do bezerro.

O desmame consiste na separação dos bezerros de suas mães, ocorrendo, normalmente, no início da estação seca. Além do estresse causado pelo procedimento, o animal jovem é privado do leite que, apesar de pouco, ainda corresponde a um alimento de alta digestibilidade e com relativa concentração de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2006). Este procedimento é realizado entre os sete e oito meses de idade, momento no qual o bezerro já é considerado ruminante funcional, tendo plena condição de utilizar forragens, como única fonte de energia e dos nutrientes que necessita (EMBRAPA, 1996).

Após o desmame, usualmente os bezerros tem à sua disposição um pasto amadurecido, com baixa disponibilidade, pobre em nutrientes e reduzida digestibilidade. O esforço distendido na adaptação a esse tipo de pastagem provoca um estado de estresse físico, com considerável prejuízo para o seu desenvolvimento (OLIVEIRA et al., 2006).

Ainda segundo Oliveira et al. (2006), os bezerros que durante o aleitamento tiveram acesso à suplementação alimentar através do sistema de *creep-feeding*, estarão mais adaptados a alimentação recebida após o desmame, bem como às técnicas de fornecimento, seja através de pastagens diferenciadas ou de fornecimento em cocho de ração concentrada.

Mesmo com as adversidades encontradas no pós desmame, a fase de recria caracteriza-se em um período de ganho eficiente, uma vez que o animal tem menor exigência de manutenção e alto potencial de crescimento muscular, com baixa deposição de gordura (MEDEIROS; ALMEIDA; LANNA, 2010). Ao final desta fase, o bovino estará com o esqueleto totalmente formado e seu tamanho corporal estará definido. O sucesso nesta fase está na alimentação, a qual é essencial e deve ser tratada com muito cuidado para que o animal não ultrapasse as medidas da formação considerada ideal (CORRÊA et al., 2009).

No Brasil, os sistemas de produção são mais extensivos, baseados em pastagens e com custos mais baixos, resultando não apenas em ganhos de peso baixo durante a fase de aleitamento, mas também, durante a fase de recria e terminação (VAZ; RESTLE, 2003). A maior dificuldade para a produção de carne em pasto, em condições tropicais e subtropicais, é a ocorrência da estacionalidade de produção das plantas forrageiras. Isto reflete em oscilações na produtividade e na qualidade das forrageiras durante o ano (MANELLA; LOURENÇO; LEME, 2002).

Desta forma, em regiões onde a parcela mais significativa da exploração de bovinos ocorre em condições de pastagens, a sazonalidade de produção qualitativa e quantitativa das forrageiras predispõe os animais a desempenhos muito variáveis. Sendo este, o grande entrave da natureza imposto à exploração de bovinos em condições de pastagens (ALVES, 2003). No entanto, segundo Mateus et al. (2011) o ganho de peso durante esta fase é considerado de grande importância na exploração de animais destinados ao abate, pois são de baixo custo e mais econômicos que aqueles obtidos em idades mais avançadas.

Desta forma, para atender as expectativas de demanda da população por produtos cárneos, práticas que reduzam o número de animais em recria e o tempo de duração desta fase tornam-se importantes para o desenvolvimento de uma bovinocultura de corte com menor ciclo de produção. Portanto, a intensificação da produção de gado de corte implica, entre outros fatores, em acelerar o crescimento e a terminação dos bovinos, de modo a promover o abate em idade cada vez mais precoce (HOFFMAN et al., 2014). De acordo com Detmann et al. (2009) na busca da antecipação da idade de abate, deve-se explorar o potencial de ganho de peso dos animais durante a recria, período no qual o animal apresenta boa conversão alimentar. Cervieri e Carvalho (2013) apontam que a falta de planejamento durante

esta fase tem levado a redução do peso de entrada do confinamento, fato este não desejável, porém observado de forma crescente, pelos autores durante os últimos anos.

Buscando contornar as consequências da sazonalidade de produção das forrageiras, há necessidade de sistemas estratégicos a fim de eliminar os pontos negativos da fase de recria (MANELLA; LOURENÇO; LEME, 2002; ALVES, 2003). Desta forma a adoção da recria em confinamento pode ser uma alternativa viável para evitar os problemas encontrados durante esta fase.

O confinamento é um dos mais reconhecidos meios de produção intensiva de carne bovina, devido ao alto nível de alimentação e controle sobre a produção que essa tecnologia proporciona. Embora esteja mais relacionado com a terminação dos animais, o confinamento pode ser realizado em qualquer etapa do ciclo produtivo, assim como na recria (CANELLAS, 2014), sendo os animais confinados logo após o desmame.

Embora o número de projetos ainda seja restrito, o confinamento de bezerros apenas na seca, com retorno ao pasto no período das águas antes da terminação intensiva, começa a ganhar espaço no Brasil. Nos Estados Unidos, por exemplo, após o desmame, o bezerro vai direto para o confinamento, onde permanece até o abate. Seguir essa receita, que elimina a recria do gado em pasto, sempre pareceu inadequado em um país farto de pastagens e com grandes áreas de pecuária como o Brasil (CAETANO, 2016). Entretanto, pesquisadores brasileiros estão quebrando esse paradigma, e já começaram a pesquisar sobre o sistema de confinamento na recria (MAGNABOSCO et al., 2009).

Segundo Flores (1997), é possível a produção de animais superprecoces com pesos de carcaça superior a 230 kg aos 14 meses em sistema de confinamento a partir dos oito meses, por ocasião do desmame, mesmo não tendo recebido alimentação suplementar durante o aleitamento.

Magnabosco et al. (2009), em estudo avaliando dois sistemas alternativos de recria para bovinos Nelore, observaram que animais confinados na recria obtiveram maiores taxas de ganho de peso quando comparados aos animais que permaneceram em pasto. Como consequência, a diferença de peso que existia no início do período experimental, que era de +10 kg, passou a ser 70 kg superior no grupo de animais confinados em relação aos em pasto.

Contudo, mesmo havendo trabalhos que mostram melhor desempenho para animais recriados em confinamento, segundo Lima et al. (2013), é necessária uma atenção especial para este sistema, pois em geral o ganho extra nesta fase pode ser diluído na fase subsequente em pasto e o alto custo da ração pode tornar o uso da recria confinada uma alternativa economicamente desfavorável.

Mesmo existindo evidências de que a recria confinada traz resultados favoráveis ao desempenho do bovino, são escassos os trabalhos que avaliam os efeitos deste sistema nas características de carcaça e carne. No entanto, se existe um efeito positivo deste sistema no desempenho do animal, é possível que as características de carcaça também sejam influenciadas e talvez melhoradas com o uso de confinamento nesta fase. Segundo Krehbiel et al. (2012), durante a fase de recria, ocorre significativo crescimento muscular e as estruturas primárias da deposição de marmoreio são desenvolvidas. Com isso, influenciando o desenvolvimento de tecido adiposo durante esta fase há uma enorme oportunidade de melhorar os atributos de qualidade da carcaça.

Desta forma, trabalhos que avaliem os efeitos dos diferentes sistemas de produção na fase de recria sobre os parâmetros de carcaça e carne, são necessários, assim como, estudos que avaliem as características de carcaça e carne nas fases de produção e suas inter-relações, abrangendo a cria, a recria e o abate.

2.4 QUALIDADE DA CARÇAÇA E DA CARNE

O estudo de carcaça e da carne bovina tem como finalidade avaliar os parâmetros que podem ser objetiva e subjetivamente medidos e que possam ser relacionados aos aspectos quantitativos e qualitativos, uma vez que aliados a preferência do consumidor determinarão o seu valor comercial (RODRIGUES FILHO, 2011).

A qualidade da carcaça e da carne bovina é uma característica multifatorial avaliada por um conjunto de variáveis que expressam seu peso, rendimento composição e seus atributos sensoriais (maciez, suculência, cor e sabor), tecnológicos (pH e capacidade de retenção de água), nutricionais (umidade, proteína bruta, cinzas e gordura – porcentagem e composição), dentre outras, acrescida dos aspectos éticos e ambientais sobre os quais foram produzidas (RODRIGUES FILHO, 2011).

Como é sabido, a nutrição exerce grande influência no crescimento e desenvolvimento do animal, sendo possível controlar a taxa de crescimento e desenvolvimento de diferentes tecidos e partes do corpo, alterando o nível nutricional do animal em momentos específicos (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2013). A seguir são citadas duas variáveis, rendimento de carcaça e composição de ácidos graxos da carne, que são fortemente influenciadas pela alteração da nutrição do animal e que são indicadores de qualidade da carcaça e da carne, respectivamente.

2.4.1 Rendimento de Carcaça

O rendimento da carcaça está diretamente relacionado à qualidade da carne comercializável e implica o retorno financeiro direto ao frigorífico. O termo rendimento em carcaça, usado comercialmente pelos abatedouros, refere-se ao confronto entre o peso vivo do animal e o peso de carcaça quente obtido logo após o abate, sendo expresso percentualmente (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2014).

Diversos fatores influenciam o rendimento de carcaça, alguns deles afetam o peso vivo e outros afetam o peso de carcaça. O peso do trato digestivo é um desses fatores, sendo afetado pelo conteúdo de forragem da dieta, desta forma animais em pasto possuem trato digestivo maior (HALFMAN; SHAEFER, 2015), resultando em menor rendimento de carcaça do que os bovinos em dietas de confinamento. Outro fator que afeta o rendimento de carcaça é a proporção de músculo: osso no animal vivo e também na carcaça, animais com maior peso muscular apresentam maior rendimento de carcaça quando comparados aos mais leves (MCKIERNAN; GADEN; SUNDSTROM, 2007; HALFMAN; SHAEFER, 2015). Além desses fatores, o rendimento de carcaça aumenta conforme há um aumento no peso do animal ou no conteúdo de gordura da carcaça (MCKIERNAN; GADEN; SUNDSTROM, 2007).

2.4.2 Composição de Ácidos Graxos da Carne

Os lipídeos são compostos químicos cuja definição é a propriedade de serem insolúveis em água e solúveis em solventes apolares. São encontrados em todos os tecidos, principalmente nas membranas celulares e nos adipócitos. As gorduras e os óleos são as suas principais formas de armazenamento de energia em diversos organismos sob a forma de triglicerídeos, enquanto os fosfolipídeos e esteróis são elementos estruturais das membranas biológicas (NELSON; COX, 2011).

A maior parte dos ácidos graxos encontra-se esterificada com o glicerol, formando os triglicerídeos (VIANNI; BRAZ-FILHO, 1996), que é a principal classe lipídica no tecido adiposo (> 90%), já no músculo uma proporção significativa é o fosfolipídio (WOOD et al., 2008).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas, classificados segundo o comprimento da cadeia de carbonos e a presença e número de duplas ligações (saturados e insaturados). Nos ácidos graxos saturados, os átomos de carbono estão ligados entre si por ligações simples. Já os ácidos graxos insaturados são aqueles que contêm uma ou mais duplas ligações, podendo ser monoinsaturados (apenas uma dupla ligação) ou poliinsaturados (duas ou mais insaturações) (VIANNI; BRAZ-FILHO, 1996; RAPOSO et al., 2010).

Os ácidos graxos poliinsaturados são os mais importantes componentes dos fosfolipídeos que formam as membranas das células. Eles podem ser sub-divididos em duas classes de acordo com a posição da primeira insaturação da cadeia carbônica, sendo então chamados de ômega 3 (n-3) e ômega 6 (n-6), tendo como principais representantes os ácidos graxos linolênico e linoleico, respectivamente (RUSSO, 2009).

De acordo com Vianni e Braz-Filho (1996) os ácidos graxos saturados são mais estáveis diante do processo degradativo da rancidez autoxidativa. Em contrapartida, os ácidos graxos insaturados são mais propensos à oxidação, afetando o odor, o sabor, a cor e a toxicidade do alimento (WOOD et al., 2003).

Segundo Wood et al. (2003) tem havido um interesse crescente em formas de manipular a composição de ácidos graxos da carne, isto porque a carne é vista como uma importante fonte de gordura na dieta e especialmente fonte de ácidos graxos saturados, que são associados a diversos cânceres e doenças coronarianas.

Por outro lado, os principais representantes dos ácidos graxos poliinsaturados, o ácido linoleico e linolênico, são considerados essenciais para a saúde humana, pois os mamíferos não são capazes de sintetizá-los endogenamente, desta forma, a dieta é a única fonte desses ácidos graxos (SIMOPOULOS, 1991; SMITH et al., 2009; SIMOPOULOS; DINICOLANTONIO, 2016).

O ácido linoleico dá origem ao ácido araquidônico, que é normalmente o principal precursor da síntese de eicoisanoídeos que estão envolvidos em modular a intensidade e duração das respostas inflamatórias e imunes (CALDER; GRIMBLE, 2002). Já o ácido linolênico, pode ser convertido em ácido eicosapentaenoico (EPA) e decosahexaenoico (DHA), que estão envolvidos na formação dos eicosanoídeos que agem como agentes anti-inflamatórios e anti-agregatórios (SINN et al., 2012). Além disso, a composição dos ácidos graxos exerce influência sobre os resultados do lipidograma do sangue, sendo os ácidos graxos poliinsaturados associados a diminuição do nível sanguíneo de colesterol, enquanto os saturados tendem a elevar esse nível (SOUZA; MATSUSHITA; VISENTAINER, 1998).

As variações nas concentrações de ácidos graxos na carne de bovinos estão relacionadas à dieta do animal, à biohidrogenação ruminal, aos métodos de análise e corte da carne e influências genéticas (MULVIHILL, 2001). No entanto, segundo Scollan et al. (2014) a nutrição é o fator que exerce maior influência na composição dos ácidos graxos.

De acordo com Shingfield, Bonnet and Scollan (2013) a alimentação com forragem em comparação com concentrados é frequentemente associada com a diminuição na concentração de ácidos graxos saturados no músculo. Além disso, as forragens estão também associadas a altas porcentagens de ácidos graxos linolênico (C18:3), precursor dos ômega 3 e os concentrados, ao alto teor de ácido linoléico (C18:2), precursor dos ômega 6 (DÍAZ et al., 2002).

A fim de estabelecer a relação entre a composição de ácidos graxos e a saúde, existem alguns cálculos e índices que podem ser utilizados, sendo eles a relação poliinsaturados/saturados, a relação ômega 6/ômega 3 e os índices aterogênicos e trombogênicos.

Devido ao efeito benéfico dos ácidos graxos poliinsaturados (AGP) e ao efeito negativo dos saturados (AGS) para a saúde humana, recomenda-se que a dieta tenha uma relação AGP/AGS maior que 0,4. Contudo, para a relação ômega 6/ômega 3, recomenda-se que seja menor que 4,0 (WOOD et al., 2003), pois a alta ingestão de ômega 6 tem sido associada a alterações na resposta imune à células cancerígenas (LARSSON et al., 2004). Além dessas duas relações, existem os índices aterogênicos e trombogênicos, que indicam o grau de aterogenicidade e trombogenicidade da dieta (ULBRICHT; SOUTHGATE, 1991), ou seja, a probabilidade em aumentar a incidência de fenômenos patogênicos (GARAFFO et al., 2011).

Diante dessas informações, o conhecimento de todas as características dos ácidos graxos é de extrema importância, pois conferem a eles diferentes propriedades químicas, nutricionais e funcionais.

REFERÊNCIAS

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadora de Carne. **Rebanho bovino brasileiro**. 2016. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadora de Carne. Confinamento de gado de corte em 2014: pesquisador dá dicas. **Clipping**, n. 750, 2014. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/news/textoBlackBerry.asp?idN=804&id=17648#.WJyUp_nF9vI>. Acesso em: 09 fev. 2017.
- ACNB. Associação dos criadores de nelore do Brasil. **Caracterização racial**. 2006. Disponível em: <<http://www.nelore.org.br/Raca/Caracterizacao>>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- ALENCAR, M. M.; POTT, E. B. **Criação de bovinos de corte na região sudeste**. Embrapa Pecuária Sudeste, 2003.
- ALVES, D. D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 98, n. 546, p. 61–67, 2003.
- BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MARTÍNEZ, M. F. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos Taurus indicus* cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 78, n.3–4 p. 307–326, 2003.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa, nº 12 de 30 de Novembro de 2004. Aprova o regulamento técnico sobre fixação de parâmetros e das características mínimas dos suplementos destinados a bovinos. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=2062798598>>. Acesso em: 8 set. 2016.
- BRITO, R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; CRUZ, G. M.; ALENCAR, M. M.; BARBOSA, P. F.; BARBOSA, R. T. Comparação de Sistemas de Avaliação de Dietas para Bovinos no Modelo de Produção Intensiva de Carne . II – Creep feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 1002–1010, 2002.
- CAETANO, M. No cocho, desde o princípio. **Revista Dinheiro Rural**, v.134, n.1, 2016. Disponível em: <<http://dinheirorural.com.br/secao/agronegocios/no-cocho-desde-o-principio>>. Acesso em: 18 set. 2016.
- CALDER, P. C.; GRIMBLE, R. F. Polyunsaturated fatty acids , inflammation and immunity. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, n. 3, p.14–19, 2002.
- CANELLAS, L. C. Modelagem e simulação para análise de sistemas de recria-terminação de bovinos de corte. 2014. 104 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- CANESIN, R. C.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; REIS, R. A. Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim- marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 411–420, 2007.

- CARDOSO, E. G. **Confinamento de bovinos**. 2000. Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~freitasjaf/artigos/CONFINAMENTO.htm>>. Acesso em: 8 set. 2016.
- CERVIERI, R. C.; CARVALHO, J. C. F. Estratégias nutricionais para maximização das fases de crescimento e terminação. In: VIII ENCONTRO CONFINAMENTO: GESTÃO TÉCNICA E ECONÔMICA, 2013, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: COAN, 2013, p. 247-260.
- CEZAR, I. M.; QUEIROZ, H. P.; THIAGO, L. R. L. S.; CASSALES, F. L. G.; COSTA, F. P. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande: EMBRAPA, 2005.
- CHURCH, D. C. **Fisiologia digestiva y nutrición de los ruminantes**. 3. ed. Zaragoza: Acríbia, 1993. p. 64.
- CORRÊA, C. C.; VELOSO, A. F.; LIMA, B. M.; COTA, R. G.; FIGUEIREDO NETO, L. F. Gerenciamento da pecuária de corte no Brasil: cria, recria e engorda de bovinos a pasto. In: 47^o CONGRESSO SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009. p. 1–18.
- COSTA, N. L. **Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. p. 1–219.
- DANTAS, C. C. O.; NEGRÃO, F. M.; GERON, J. V.; MEXIA, A. A. O uso da técnica do creep-feeding na suplementação de bezerros. **PUBVET**, v. 4, n. 28, 2010.
- DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; MANTOVANI, H. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SAMPAIO, C. B.; SOUZA, M. A.; LAZZARINI, Í.; DETMANN, K. S. C. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science**, v. 126, n. 1, p. 136–146, 2009.
- DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; GONÇALVES, L. C.; CABRAL, L. S.; MELO, A. J. N. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiços em pastejo durante a época da seca: desempenho produtivo e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 169–180, 2004.
- DÍAZ, M. T.; VELASCO, S.; CAÑEQUE, V.; LAUZURICA, S.; HUIDOBRO, F. R.; PÉREZ, C.; GONZÁLEZ, J.; MANZANARES, C. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**, v. 43, n. 1, p. 257–268, 2002.
- EMBRAPA. Desmama em bovinos de corte. **Gado de Corte Divulga**. 1996. Disponível em: <<http://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD16.html>>. Acesso em: 18 set. 2016.
- EMBRAPA. Suplementação de bezerros de corte. **Gado de Corte Divulga**. 1995. Disponível em: <<http://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD11.html>>. Acesso em: 15 set. 2016.
- EUCLIDES FILHO, K. **Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo-ambiente-mercado**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000.

EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K.; ARRUDA, Z. J. de; FIGUEIREDO, G. R. Desempenho de novilhos em pastagens de brachiaria decumbens submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 246–254, 1998.

EUCLIDES, V. P. B.; FLORES, R.; MEDEIROS, R. N.; OLIVEIRA, M. P. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu, na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 273–280, 2007.

FIGUEIREDO, D. M. de; OLIVEIRA, A. S. de; SALES, M. F. L.; PAULINO, M. F.; VALE, S. M. L. R. do. Análise econômica de quatro estratégias de suplementação para recria e engorda de bovinos em sistema pasto-suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1443–1453, 2007.

FLORES, J. L. C. **Desempenho em confinamento de terneiros inteiros de diferentes grupos genéticos na fase do desmame ao abate aos 14 meses**. 1997. 136 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

GALVÃO, J. G. C. **Estudo da eficiência nutritiva, características e composição física da carcaça de bovinos de três grupos raciais, abatidos em três estágios de maturidade**. 1991. 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

GARAFFO, M. A.; VASSALO-AGIUS, R.; NENGAS, Y.; LEMBO, E.; RANDO, R.; MAISANO, R.; DUGO, D.; GIUFFRIDA, D. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus l.*) and their salted product “Bottarga”. **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, n. 7, p. 736–743, 2011. <http://doi.org/10.4236/fns.2011.27101>

GOMES, R. C.; NUÑEZ, A. J. C.; MARINO, C. T.; MEDEIROS, S. R. de. Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. In: MEDEIROS, S. R. de.; GOMES, R. DA C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 121–139.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. Tipificação e rendimento de carne. In: GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 219–233.

HALFMAN, B; SHAEFER, D. Common factors that affect dressing percentage of beef carcasses. 2015. Disponível em: <<http://fyi.uwex.edu/wbic/2015/07/09/common-factors-that-affect-dressing-percentage-of-beef-carcasses/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

HOFFMANN, A.; MORAES, E. H. B. K. .; MOUSQUER, C. J.; SIMIONI, T. A.; GOMES, F. J.; FERREIRA, V. B.; MEZZOMO, H. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período seco. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 119–130, 2014.

IBGE. **PPM 2014: rebanho bovino alcança 212,3 milhões de cabeças**. Comunicação Social de 8 de outubro de 2015. 2015. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3006&busca=1&t=ppm-2014-rebanho-bovino-alcanca-212-3-milhoes-cabecas>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

IBGE. **PPM: rebanho bovino alcança a marca recorde de 215,2 milhões de cabeças, mas produção de leite cai 0,4%**. Comunicação Social de 29 de setembro de 2016. 2016a.

Disponível em:

<<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3268&busca=1&t=ppm-rebanho-bovino-alcanca-marca-recorde-215-2-milhoes-cabecas-producao-leite>>.

Acesso em: 15 dez. 2016.

IBGE. **Em 2015, abate de suínos e de frangos bate recorde, mas o abate de bovinos e as aquisições de leite e couro recuam**. Comunicação Social de 17 de março de 2016. 2016b.

Disponível em:

<<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3124&busca=1&t=2015-abate-suinos-frangos-bate-recorde-bovinos-aquisicoes-leite-couro-recuam>>.

Acesso em: 18 ago. 2016.

ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; SOUZA, S. R. M. B. O.; DIAS, A. M.; COELHO, E. M.; MORAIS, M. G.; SILVA, F. F. Avaliação da produção de bezerros em confinamento ou em suplementação exclusiva. **Arquivo Brasileiro de Medicina de Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 948–954, 2007.

KNORR, M.; PATINO, H. O.; SILVEIRA, A. L. F. da; MÜHLBACH, P. R. F.; MALLMANN, G. M.; MEDEIROS, F. S. Desempenho de novilhos suplementados com sais proteínados em pastagem nativa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 8, p. 783–788, 2005.

KREHBIEL, C. R.; LANCASTER, P. A.; SHARMAN, E. D.; HORN, G. W.;

VANOVERBEKE, D. L. Effects of nutrition and management during the stocker phase on marbling score and Quality Grade. In: 65th ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 2012, North Dakota. **Proceedings...** North Dakota: American Meat Science Association, 2012. p. 1–7.

LARSSON, S. C.; KUMLIN, M.; INGELMAN-SUNDBERG, M.; WOLK, A. Dietary long-chain n-3 fatty acids for the prevention of cancer : a review of potential mechanisms. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 1, p. 935–945, 2004.

LIMA, J. M. S.; MONTOSI, F.; BANCHERO, G.; BALDI, F.; FERNÁNDEZ, E. Hacia la ganadería de precisión: análisis económico de diferentes combinaciones de sistemas de recría y terminación. **Revista INIA**, 2013.

LUCHIARI FILHO, A. **A importância da carne bovina na alimentação**. 2010. Disponível em: <<https://menuexperimental.blogspot.com.br/2011/04/artigo-importancia-da-carne-bovina-na.html>>. Acesso em: 19 set. 2016.

LUCHIARI FILHO, A. Produção de carne bovina no Brasil: qualidade, quantidade ou ambas? In: II SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: SIMBOI, 2006. p. 2–10.

MAGNABOSCO, C. U.; MUNIZ, L. C.; TROVO, J. B. F.; ROSADO, M. L.; TOLEDO, D. L.; BARBOSA, V.; VIU, M. A. O.; MAMEDE, M. M. S.; FIGUEIREDO, R. S. Avaliação econômica de duas estratégias de recría de bovinos nelore utilizando pastagens renovadas em sistema de integração lavoura pecuária. **Comunicado Técnico – Embrapa**, n. 159, 2009.

MANELLA, M. Q.; LOURENÇO, A. J.; LEME, P. R. Recria de bovinos Nelore em pastos de Brachiaria brizantha com suplementação proteica ou com acesso a banco de proteína de Leucaena leucocephala. Desempenho Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2274–2282, 2002.

MAPA. **Bovinos e bubalinos**. 200-. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MATEUS, R. G.S; SILVA, F. F.; ÍTAVO, L. C. V.; PIRES, A. J. V.; SIVA, R. R.; SCHIO, A. R. Suplementos para recria de bovinos Nelore na época seca: Desempenho, consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 87–94, 2011.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. **Animal Nutrition**. 5.ed. New York: Longman Group, 1995. 607 p.

MCKIERNAN, B; GADEN, B.; SUNDSTROM, B. Dressing percentages for cattle. **Prime Facts**, v. 340, p. 1-3, 2007.

MEDEIROS, S. R.; ALMEIDA, R.; LANNA, D. P. D. Manejo da recria - Eficiência do crescimento da desmama à terminação. In: PIRES, A. V. **Bovinocultura de corte**, Piracicaba: FEALQ, 2010. p. 159–170.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; MEYER, P. M.; RODRIGUES, P. H. M.; ARRIGONI, M. B. Current outlook and future perspectives of beef production in Brazil. **Animal Frontiers**, v. 1, n. 2, p. 46–52, 2011.

MOOJEN, J. G.; RESTLE, J.; MOOJEN, E. L.; SILVA, J. H. S.; SANTOS, G. L. Efeito de época da desmama e da pastagem no desempenho de vacas e terneiros de corte. 2-Desempenho de terneiros. **Ciência Rural**, v. 24, n. 2, p. 399–403, 1994.

MOREIRA, F. B.; PRADO, I. N.; CECATO, U.; SOUZA, N. E. de; IWAYAMA, P. T. Suplementação com sal mineral proteinado para bovinos de corte mantidos em pastagem de estrela roxa no final do verão. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 25, n. 1, p. 185–191, 2003.

MOURA, J. W. F.; MEDEIROS, F. M.; ALVES, M. G. M.; BATISTA, A. S. M. Fatores influenciadores na qualidade da carne suína. **Revista Científica de Produção Animal**, v.17, n.1, p.18–29, 2015.

MULVIHILL, B. Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA). **Nutritional Bulletin**, v. 26, n. 1, p. 295–299, 2001.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Lipídeos. In: NELSON, D.L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 343-370. 2011.

NOGUEIRA, E.; MORAIS, M. G.; ANDRADE, V. J.; ROCHA, E. D. S.; SILVA, A. S.; BRITO, A. T. Efeito do creep-feeding sobre o desempenho de bezerros e a eficiência reprodutiva de primíparas Nelore, em pastejo. **Arquivo Brasileiro de Medicina de**

Veterinária e Zootecnia, v. 58, n. 4, p. 607–613, 2006.

OLIVEIRA, C. B.; BORTOLI, E. C.; BARCELLOS, J. O. J. Diferenciação por qualidade da carne bovina: a ótica do bem-estar animal. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 2092–2096, 2008.

OLIVEIRA, J. S.; ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Fisiologia, manejo e alimentação de bezerros de corte. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 10, n. 1, p. 39–48, 2007.

OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F.; LADEIRA, M. M.; SILVA, M. M. P.; ZIVIANI, A. C.; BAGALDO, A. R. Nutrição e manejo de bovinos de corte na fase de cria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 7, n. 1, p. 57–86, 2006.

OLIVEIRA, Z. F.; SANTANA JÚNIOR, H. A.; SANTANA, E. O. C.; FERREIRA, A. H. C.; MACIEL, M. S.; CARDOSO, E. S.; FIGUEIREDO, C. B.; BARBOSA JÚNIOR, M. A. Suplementação de bovinos em pastejo de gramíneas tropicais: recentes estudos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 6, p. 3770–3790, 2014.

OSÓRIO, M. T. M.; OSÓRIO, J. C. S.; JARDIM, R.; HASHIMOTO, J.; BONACINA, M. Qualidade nutritiva e funcional da carne ovina. In: V SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA BRASILEIRAS, 2006, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa Caprinos, 2006. p. 1–32.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; COSTA E SILVA, E. V.; CHIQUITELLI NETO, M.; ROSA, M. S. Contribuição dos estudos de comportamento de bovinos para implementação de programas de qualidade de carne. In: XX ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 2002, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Etologia, 2002. p. 71–89.

PASCOAL, L. L. **Rendimento de cortes preparados de carcaças de bovinos e formação do preço de venda**. 2008. 144 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2008.

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J. T. Suplementos múltiplos para recria e engorda. In: II SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2001. p. 187 - 222.

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; SILVA, A. G.; ALMEIDA, D. M.; VALENTE, E. E. L.; MACIEL, I. F. S.; NASCIMENTO, J. L. M.; BITTENCOURT, J. A.; MARTINS, L. S.; BARROS, L. V.; PAULA, N. F.; MENDES, R. K. V.; LOPES, S. A.; CARVALHO, V. V. Bovinocultura de alto desempenho com sustentabilidade. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2012, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2012. p. 183-196.

PAULINO, M. F.; FIGUEIREDO, D. M.; MORAES, E. H. B. K.; ACEDO, T. S. Suplementação como estratégia de manejo das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: ENESP, 2003. p. 87–120.

PAULINO, M. F.; FIGUEIREDO, D. M.; MORAES, E. H. B. K.; PORTO, M. O.; SALES, M. F. L.; ACEDO, T. S.; SEVERINO, D. J. V.; VALADARES FILHO, S. C. Suplementação de

bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2004. p. 93–144.

PAULINO, P. V. R.; DUARTE, M. S.; OLIVEIRA, I. M. O. Aspectos zootécnicos determinantes da qualidade de carne. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 2013, Itapetinga. **Anais...** Itapetinga: UESB, 2013. p. 8–37.

PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, W. S.; CHAVES, K. F.; OLIVEIRA, A. S. B.; RIOS, S. A. Perfil de consumidores em relação à qualidade de alimentos e hábitos de compras. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 13, n. 2, p. 95–102, 2011.

PORTO, M. O.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; SALES, M. F. L.; COUTO, V. R. M. Fontes de energia em suplementos múltiplos para bezerros Nelore em creep-feeding: desempenho produtivo, consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1329–1339, 2009.

RAPOSO, H. F. Efeito dos ácidos graxos n-3 e n-6 na expressão de genes do metabolismo de lipídeos e risco de aterosclerose. **Revista de Nutricao**, v. 23, n. 5, p. 871–879, 2010.
REGMI, A.; GEHLHAR, M. Consumer preferences and concerns shape global food trade. **Food Review**, v. 24, n. 3, p. 2–8, 2001.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; CASAGRANDE, D. R.; PÁSCOA, A. G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, supl. esp., p. 147–159, 2009.

REIS, R. A.; MELO, G. M. P.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; OLIVEIRA, A. P. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 2005, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 2005. p. 25-60.

ROCHA, E. O.; FONTES, C. A. A.; PAULINO, M. F.; PEREIRA, J. C.; LADEIRA, M. M. Influência da idade de desmama e de início do fornecimento do volumoso a bezerros sobre a digestibilidade de nutrientes e o balanço de nitrogênio, pós-desmama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.143–147, 1999.

RODRIGUES, E.; ARRIGONI, M. B.; JORGE, A. M.; BIANCHINI, W.; HADLICH, J. C.; MOREIRA, P. S. A.; MARTINS, C. L. Características físicas e químicas da carne de novilhas de diferentes grupos genéticos no modelo biológico superprecoce. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 3, p. 594–604, 2008.

RUSSO, G. L. Dietary n - 6 and n - 3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. **Biochemical Pharmacology**, v. 77, n. 1, p. 937–946, 2009.

SAAB, M. S. B. L. M. **Valor percebido pelo consumidor: um estudo de atributos da carne bovina**. 154 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, São Paulo, 1999.

SALMAN, A. K. D. **Conceitos de manejo de pastagem ecológica**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. p. 1–19.

SAMPAIO, A. A. M.; BRITO, R. M. de; CRUZ, G. M. da; ALENCAR, M. M. de; BARBOSA, P. F.; BARBOSA, R. T. Utilização de NaCl no suplemento como alternativa para viabilizar o sistema de alimentação de bezerros em creep-feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 164–172, 2002.

SCOLLAN, N. D.; DANNENBERGER, D.; NUERNBERG, K.; RICHARDSON, I.; MACKINTOSH, S.; HOCQUETTE, J. F.; MOLONEY, A. P. Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v. 97, n. 1, p. 384–394, 2014. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.015>

SHIKE, D. W.; FAULKNER, D. B.; CECAVA, M. J.; PARRETT, D. F.; IRELAND, F. A. Effects of weaning age, *creep-feeding*, and type of creep on steer performance, carcass traits, and economics. **The Professional Animal Scientist**, v. 23, n. 1, p. 325–332, 2007.

SHINGFIELD, K. J.; BONNET, M.; SCOLLAN, N. D. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. **Animal**, v. 7, n. 1, p. 132–162, 2013. <http://doi.org/10.1017/S1751731112001681>

SILVA, A. L. da; SANTANA JÚNIOR, H. A. de; BARBOSA JÚNIOR, M. A.; FIGUEIREDO, C. B.; FERREIRA, A. H. C.; SANTANA, E. O. C.; MACIEL, M. S. Suplementação de bovinos de corte terminados em pastagens tropicais: revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 3, p. 3482–3493, 2014.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 1, p. 438–463, 1991.

SIMOPOULOS, A. P.; DINICOLANTONIO, J. J. The importance of a balanced ω -6 to ω -3 ratio in the prevention and management of obesity. **Open Heart**, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2016. <http://doi.org/10.1136/openhrt-2015-000385>

SINN, N.; MILTE, C. M.; STREET, S. J.; BUCKLEY, J. D.; COATES, A. M.; PETKOV, J.; HOWE, P. R. C. Effects of n-3 fatty acids, EPA v. DHA, on depressive symptoms, quality of life, memory and executive function in older adults with mild cognitive impairment: a 6-month randomised controlled trial. **British Journal of Nutrition**, v. 107, n. 1, p. 1682–1693, 2012. <http://doi.org/10.1017/S0007114511004788>

SMITH, S. B.; GILL, C. A.; LUNT, D. K.; BROOKS, M. A. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. **Asian Australian Journal of Animal Science**, v. 22, n. 9, p. 1225–1233, 2009.

SOUKI, G. Q.; SALAZAR, G. T.; ANTONIALLI, L. M.; PEREIRA, C. A. Atributos que afetam a decisão de compra dos consumidores de carne bovina. **Organizações Rurais & Agroindustriais - Revista de Administração da UFLA**, v. 5, n. 2, p. 36–51, 2003.

SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. Ácidos Graxos: estrutura, classificação, nutrição e saúde. **Arquivos da Apadec**, v. 2, n. 2, p. 102–107, 1998.

SOUZA, S. O. **Estratégias de suplementação para produção de novilhos mestiços recriados e terminados em pastagens**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade

Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2015.

TAYLOR, R. E.; FIELD, T. G. **Beef production and management decisions**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 714 p.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **The Lancet**, v. 338, n. 1, p. 985–992, 1991. [http://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)

USDA. **Livestock and poultry: world markets and trade**. 2016. 25 p. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.PDF>. Acesso em: 18 ago. 2016.

VALENTE, E. E. L.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; BARROS, L. V.; CABRAL, C. H. A.; SILVA, A. G.; DUARTE, M. S. Strategies of supplementation of female suckling calves and nutrition parameters of beef cows on tropical pasture. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, n. 7, p. 1803–1811, 2012.

VAZ, F. N.; RESTLE, J. Ganho de peso antes e após os sete meses no desenvolvimento e nas características de carcaça e carne de novilhos charolês abatidos aos dois anos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 699–708, 2003.

VENTURA, R. Mudanças no perfil do consumo no Brasil : principais tendências nos próximos 20 anos. **Macroplan – Prospectiva, Estratégia e Gestão**, p. 1–14, 2009.

VIANNI, R.; BRAZ-FILHO, R. Ácidos graxos naturais: importância e ocorrência em alimentos. **Química Nova**, v. 19, n. 4, p. 400–407, 1996.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Effects of fatty acids on meat quality : a review. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 21–32, 2003.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.; ENSER, M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v. 78, n. 1, p. 343–358, 2008.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com o estudo, elucidar os efeitos de diferentes estratégias nutricionais em duas fases de produção, cria e recria, sobre o desenvolvimento e a qualidade da carcaça e carne de bovinos Nelore.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar as características de carcaça e carne de novilhos que receberam suplementação com sal mineral ou foram submetidos ao sistema de *creep-feeding* na fase de cria;
- b) Verificar as características de carcaça e carne de novilhos que foram submetidos ao sistema de pasto ou confinamento na fase de recria;
- c) Determinar qual fase de criação do animal exerce maior influência nas características de carcaça e carne;
- d) Determinar a composição de ácidos graxos da carne de bovinos submetidos ao sistema de pasto ou confinamento na fase de recria.

4 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

ARTIGO 1 – CARCASS TRAITS AND MEAT QUALITY OF NELLORE BULLS SUBMITTED TO
DIFFERENT NUTRITIONAL STRATEGIES DURING COW-CALF AND STOCKER PHASES ¹

¹Artigo científico redigido segundo normas para publicação na revista *Animal*.

1 **Carcass traits and meat quality of Nellore bulls submitted to different**
2 **nutritional strategies during cow-calf and stocker phase**

3
4 **Abstract**

5 The aim with the study was to evaluate the carcass and meat variables of bulls
6 submitted to different nutritional strategies during two phases. The trial was
7 conducted in two phases: Phase I (Cow-calf) – 80 calves (on average with $99.58 \pm$
8 2.72 days of age and 109.73 ± 2.99 kg of body weight) with their mothers, were
9 distributed into: mineral supplement (CM) or *creep-feeding* (CC); Phase II (Stocker)
10 – the same 80 calves (on average with 201.20 ± 2.11 days of age and 190.20 ± 3.37
11 kg of body weight) were redistributed into two production systems: pasture (SP) or
12 feedlot (SF). After that, all animals were kept on pasture during on average $290.0 \pm$
13 0.11 days and then finished on feedlot system during on average 136.5 ± 2.27 days.
14 At the end of the finishing period, they were harvested with on average 764.26 ± 3.06
15 days of age and 499.20 ± 3.33 kg of final body weight. Then, it was calculated the
16 average daily gain and the carcass and meat parameters were measured. A Cow-
17 calf by Stocker phases interaction occurred for carcass conformation and fiber
18 diameter. For single effects, the greatest influences observed were in stocker phase.
19 Feedlot group was harvested 17 days earlier, with greater final body weight (+ 3.8%),
20 hot carcass weight (+ 5.7%), average daily gain (+ 6.9%), and dressing percentage
21 (+ 1.8%), carcass length (+ 1.8 %), carcass width (+ 1.5 %), ribeye area (+ 4.8 %)
22 and muscle depth (+ 2.3 %) than pasture group. SF group also had influence on fat
23 color, showing higher L^* and lower b^* values. These results reveal that bulls reared in
24 the feedlot at the stocker phase have higher muscle development and that stocker
25 phase has the greatest potential to influence carcass traits and meat quality.

26 **Keywords:** backgrounding, conformation degree, *longissimus thoracis*, suckling,
27 weaning.

28

29 **Introduction**

30 Meat is one of the most important foods in the world and in some countries it is
31 considered an essential product with very high consumption rates. In fact, meat
32 provides valuable amounts of protein, fatty acids, vitamins, minerals and other
33 bioactive compounds (Guerrero *et al.*, 2013a).

34 However, meat varies with respect to numerous intrinsic and extrinsic factors.
35 These include pre and post-slaughter, technology and factors related to consumer
36 sciences, such as sociology, acceptability, economy and marketing. Animal diet is an
37 extrinsic factor and it is the most easily manipulated, with the most profound effects
38 on meat composition (Guerrero *et al.*, 2013a).

39 According to Brito *et al.* (2014), several segments of the beef industry are
40 striving to increase product quality, productivity, and economic returns. It is well
41 known that these variables may be determined by different growth paths during early
42 and later stages in life of the animals.

43 Cattle nutrition and growth after birth have a great influence on feed intake
44 efficiency, carcass composition and meat quality. Furthermore, the growth patterns
45 are affected by climate and availability and quality of the pasture and the entire
46 offered diet (Brito *et al.*, 2014). According to Dunne *et al.* (2009) beef production
47 systems depend on climatological and socioeconomic factors which frequently
48 dictate management practices and decisions, and thus are a composite of interacting
49 factors that influence the biology of the bovine.

50 The effect of production system in meat quality has been dealt with from
51 different points of view since it may be considered an effect from multi-causal factors
52 (Guerrero *et al.*, 2013a). However, scientific literature still has only few studies that
53 assess the effects of different nutritional strategies along more than one phase of
54 production of cattle on carcass and meat variables.

55 Thus, the aim of the current study was to evaluate the carcass traits and meat
56 quality of bulls submitted to different nutritional strategies during cow-calf and stocker
57 phase. We hypothesized that carcass traits and meat quality of bulls may be
58 influenced by a better nutritional support during both phases of production. Besides
59 that, we hypothesized that certain phases exert higher or lower influence on carcass
60 and meat traits.

61

62 **Material and methods**

63 The study was approved by the Ethics Committee on Animal Use of the
64 School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo, under
65 protocol number 2833/2012.

66 The trial period was conducted in two phases at Fazenda Figueira (Estação
67 Experimental Agrozootécnica Hildegard Georgina Von Pritzelwitz) – Londrina,
68 Parana, Brazil.

69

70 *Animals and treatment groups*

71 From a herd of 498 pregnant cows (6.89 ± 0.23 years old; mean \pm SEM), 80
72 Nellore similar calves born between November and December (wet season) 2010
73 were selected. The first phase (Phase I – Cow-calf) began when the calves were (on
74 average) 99.58 ± 2.72 days old and had 109.73 ± 2.99 kg. The cow-calf pair were

75 distributed into two groups: cow-calf mineral supplement (CM) or cow-calf *creep-*
76 *feeding* (CC). The calves from CM ($n = 40$) group received mineral supplement
77 (BellMais, Bellman[®], Brazil) *ad libitum* in the same trough as the cows and the CC (n
78 = 40) group received supplement (BellPeso, Bellman[®], Brazil) *ad libitum* in *creep-*
79 *feeding* system.

80 The mineral supplement (BellMais, Bellman[®], Brazil) content for each kilogram
81 was: Ca, 164 g; P, 60 g; Mg, 10 g; S, 40 g; Na, 140 g; Cu, 1,010 mg; Mn, 780 mg;
82 Zn, 3,750 mg; I, 75mg; Co, 60 mg; Se, 19 mg. The content for each kilogram of
83 supplement (BellPeso, Bellman[®], Brazil) offered in *creep-feeding* system was: Ca, 26
84 g; P, 6 g; Mg, 1 g; S, 3.6 g; Na, 4 g; Cu, 35 mg; Mn, 100 mg; Zn, 128 mg; I, 2.6 mg;
85 Co, 2.1 mg; Se, 0.7 mg; monensin, 48 mg; vitamin A, 10,000 UI; vitamin D3, 1,400
86 UI; vitamin E, 100 UI; dry matter total, 880 g; crude protein, 220 g; ether extract, 1 g;
87 neutral detergent fiber, 180 g; estimated total digestible nutrients, 620 g; mineral,
88 250 g.

89 For the CM group, there were available 2 *creepers*, which were placed inside
90 the management centers, close to the troughs for mineral supplement and drinkers.
91 In each *creeper*, where only calves had free access, there were two troughs of 2.63
92 m of length; 0.42 m of width and 0.3 m of depth. Marking, vaccination and de-
93 worming of the animals were done according to the routine of the farm and
94 recommendations of the local Agricultural Defense Agency. Until the end of phase I
95 all animals were allocated on pasture of *Panicum maximum* cv. Tanzania with
96 estimated content: dry matter total, 23.3%; crude protein, 9.57%; ether extract, 2.6%;
97 neutral detergent fiber, 72.22%; estimated total digestible nutrients, 49.1%; mineral,
98 9.9%. A pasture rotation between both groups was done every 30 days to avoid the

99 effect of pasture variation. The calves remained at Phase I for 101.60 ± 1.33 days
100 until weaning which occurred around 6.7 ± 0.07 months of age.

101 The second phase (Phase II - Stocker) started after weaning (beginning of
102 stocker phase) which occurred on June and July (dry season) 2011 when the calves
103 had on average 201.20 ± 2.11 days of age and 190.20 ± 3.37 kg. Twenty calves from
104 each previous groups, CM and CC, were distributed into another two groups: stocker
105 pasture (SP) or stocker feedlot (SF). Animals from SP ($n = 40$) group were allocated
106 on pasture receiving only mineral supplement (BellMais, Bellman[®], Brazil) and the
107 animals from SF ($n = 40$) group were fed in feedlot system with diet formulated to
108 gain 0.7 kg per day. The pasture was composed mainly of *Panicum maximum* cv.
109 Colonião and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The chemical analysis of forage in
110 the entry of Phase II was: dry matter total, 27.6%; crude protein, 11.2%; ether
111 extract, 2.9%; neutral detergent fiber, 52.0%; mineral, 10.4%. A pasture rotation
112 inside the SP group was realized every 30 days to avoid the effect of pasture
113 variation. The feedlot ration was provided twice a day (7:30 am and 4 pm) in
114 sufficient quantity to maintain orts between 5 and 10% of the offered. At the feedlot
115 area, there were drinkers and 30 cm of trough line per animal. The ingredients used
116 on feedlot diet were (as fed basis): 63.5% of grain sorghum silage; 20.3% corn meal;
117 15.2% of soybean meal and 1.0% mineral supplement (BellMais, Bellman[®], Brazil)
118 and the feed nutritive value was: dry matter, 38.5%; crude protein, 16.3%; ether
119 extract, 3.6%; neutral detergent fiber, 57.4%; estimated total digestible nutrients,
120 66.5%; and mineral, 1.3%. The calves remained at this stage for 136.58 ± 2.07 days
121 and finished this stage in November (wet season) 2011 with 337.76 ± 3.26 days of
122 age and 232.98 ± 5.03 kg of body weight.

123 After that, all 80 animals were kept on pasture receiving only mineral
124 supplement until August (dry season) 2012 during 290.0 ± 0.11 days. Then, with an
125 initial body weight of 324.35 ± 3.83 kg and 627.76 ± 3.26 days of age they were
126 finished (with the same diet for both groups) on feedlot system for 136.5 ± 2.27 days
127 (Figure 1 and Figure 2).

128 The cattle were weighted using an electronic scale (SOLO 900[®], Beckhauser,
129 Brazil) at beginning of Phase I, Phase II, pasture and feedlot management and also
130 at the harvest. The average daily gain was calculated for Phase I and Phase II. Days
131 of age and initial body weight of each group (CM, CC, SP and SF) from Phase I until
132 harvest are presented in Figure 3.

133

134 *Harvest and analysis*

135 The animals were selected to harvest by a visual evaluation of fat deposition on
136 carcasses. At the end of the finishing period, cattle were shipped to a commercial
137 abattoir at Apucarana, Paraná, Brazil, where they were harvested with 764.26 ± 3.06
138 days of age and 499.20 ± 3.33 kg of final body weight (FBW) on average. The
139 animals were stunned using a pneumatic penetration pistol and were then
140 immediately exsanguinated (Chambers and Grandin, 2001). Then, the carcass and
141 meat analyses were proceeded. The left half of the carcass of each animal was
142 identified and hot carcass weight (HCW) was taken and dressing percentage was
143 calculated dividing the HCW by the FBW expressed as a percentage.

144 After a 24-hour chilling period, the hydrogenionic potential (pH) was measured
145 at *longissimus thoracis* muscle between the 12th and 13th ribs using a digital
146 potentiometer (Testo 205[®]). At this moment, the carcass length and carcass width
147 were also measured and carcasses were classified according to conformation degree

148 using a photographic standard, in which 1 is inferior and 5 is superior, and classified
149 according to fatness scores, in which 1 is low fat and 5 is very fat (Comunidad
150 Económica Europea, 1981).

151 The left halves of the carcasses were cut between the 12th and 13th ribs to
152 expose *longissimus thoracis* muscle and then the ribeye area, muscle depth and
153 backfat were measured (United States Department of Agriculture, 1996).

154 The HH section (10th, 11th and 12th ribs) was removed from the left carcass and
155 a physical separation of muscles (M), fat (F) and bone (B) was carried out. Finally
156 these three portions were weighted and determined their percentages in HH section.
157 Then, the percentages of muscle (M %), fat (F %) and bone (B %) of carcass were
158 calculated according to Hankins and Howe (1946) adapted by Müller *et al.* (1973)
159 using the following formulas: $M \% = 15.56 + 0.81 * M$; $F \% = 3.60 + 0.82 * F$; $B \% =$
160 $4.30 + 0.61 * B$.

161 Then, the *longissimus thoracis* muscle of each animal was split into sub-
162 samples (obtained along the caudal-cranial axis) for meat quality evaluations. The
163 first sub-sample (2 cm width) obtained was used to evaluate marbling, water holding
164 capacity, meat color and fiber diameter.

165 Marbling was evaluated using a marbling photographic standard, in which 1
166 represents no marbling and 10 represents abundant marbling (USDA, 1996). In the
167 same sub-sample, the water holding capacity was determined through the water loss
168 caused by physical pressure (Hamm, 1960).

169 Fat color was measured around the 12th rib and the meat color was evaluated in
170 the *longissimus thoracis* muscle. Both measures were performed in triplicate using a
171 portable colorimeter (Minolta CR10) which provides the values of L* (lightness), a*
172 (redness) and b* (yellowness) by the CIELAB system (CIELAB, 1976). In which: L*

173 runs from 0 (black) to 100 (white), a* runs from negative (green) to positive (red) and
174 b* runs from negative (blue) to positive (yellow).

175 The sub-sample for fiber diameter analysis was cut in 3 sub-sub-samples (1
176 cm³ each), placed during 24 hours in Bouin solution, washed and storage in alcohol
177 solution (70%). The material was dehydrated, immersed in paraffin, roughly trimmed,
178 placed in microscope slide and colored by hematoxylin and eosyn. For the
179 determination of fiber diameter, 10 fields were captured for each microscope slide
180 and the 15 lowest diameters per field were measured, totaling 150 fibers per
181 microscope slide.

182 The sub-samples for shear force and meat composition were stored in Animal
183 Nutrition Laboratory at Universidade Estadual de Londrina after being individually
184 packed in appropriated plastic bags and immediately frozen at -18° C pending further
185 analyses.

186 The second sub-sample (3 cm width) was used to determinate the meat shear
187 force. The sub-samples were thawed at 4°C for around 24 hours before cooking.
188 Then, they were cooked until an internal temperature of 71°C and then chilled
189 overnight at 4°C before coring. After that, six round cores (1.27 cm diameter) were
190 removed parallel to the longitudinal orientation of the muscle fibers. The shearing
191 action was perpendicular to the longitudinal orientation of the muscle fibers, using a
192 Warner-Bratzler shear machine (Wheeler *et al.*, 1996; American Meat Science
193 Association, 2015). The third sub-sample (1 cm width) obtained, was used to
194 determinate the percentage of dry matter, ether extract, crude protein and mineral
195 matter (Association of Official Agricultural Chemists, 1995).

196

197

198 *Experimental design*

199 The statistical model design used was a completely randomized in a 2x2
200 factorial arrangement of treatments. The fixed effects composed the treatment
201 groups: cow-calf (mineral supplement vs. creep-feeding) and stocker (pasture vs.
202 feedlot) and their interactions were analyzed. The experimental unit was each
203 animal. The results were expressed as means and were compared with Fisher test.
204 The statistical analysis was performed using the R statistical software (R
205 Development Core Team, 2015).

206

207 **Results**

208

209 *Interactions effect*

210 There were significant ($P < 0.05$) cow-calf and stocker phases interaction only
211 for conformation degree (Table 1) and fiber diameter (Table 2). For all other
212 variables, there were no significant interactions ($P > 0.05$) between phases.

213 For carcass conformation degree and for fiber diameter the mean of mineral
214 supplement and feedlot interaction was greater than *creep-feeding* and feedlot
215 interaction (Table 3 and Table 4). Besides that, only for conformation degree the
216 mean of mineral supplement and feedlot interaction was greater than mineral
217 supplement and pasture interaction (Table 3).

218

219 *Performance and carcass traits*

220 Data describing the single effect of different nutritional strategies during cow-
221 calf and stocker phases on carcass traits of bulls are presented in Table 1. Cow-calf
222 phase did not influence ($P > 0.05$) any variables of carcass traits. On the other hand,

223 stocker phase influenced ($P < 0.05$) harvest age, final body weight, average daily
224 gain, hot carcass weight, dressing percentage, carcass length, carcass width, ribeye
225 area and muscle depth (Table 1).

226 Bulls fed on feedlot system on stocker phase were harvested 17 days earlier,
227 with an additional 19.0 kg (+ 3.8%) of final body weight, 15.2 kg (+ 5.7%) of hot
228 carcass weight, 0.04 kg (+ 6.9%) of average daily gain and 0.98% of dressing
229 percentage than that fed on pasture. Feedlot group also had higher carcass length (+
230 1.8 %), carcass width (+ 1.5 %), ribeye area (+ 4.8 %) and muscle depth (+ 2.3 %)
231 when compared to pasture group during stocker phase (Table 1).

232

233 *Meat quality*

234 Data describing the single effect of different nutritional strategies during cow-
235 calf and stocker phases on meat quality of bulls are presented in Table 2. Color fat
236 parameters were influenced by cow-calf and stocker phases (Table 2). Feedlot bulls
237 had higher L^* value (67.05 vs. 64.88) and lower b^* value (16.31 vs. 17.70) than
238 pasture bulls. *Creep-feeding* group had lower a^* value compared to mineral
239 supplement group (3.80 vs. 4.68).

240

241 **Discussion**

242

243 *Interactions effect*

244 As previous mentioned a cow-calf by stocker phases groups interaction
245 occurred for carcass conformation degree and fiber diameter. The results obtained
246 for conformation degree, possibly was in consequence to the result obtained for fiber
247 diameter, because muscle mass (such as carcass conformation) is largely

248 determined by the size of muscle fibers (Picard *et al.*, 2006). At the cellular level,
249 muscle accretion can be defined with the increase in myofibres diameter
250 (hypertrophy) (Bonnet *et al.*, 2010).

251

252 *Performance and carcass traits*

253 Due to the better nutritional support received, it was expected that *creep-*
254 *feeding* group would have better carcass traits than mineral supplement group on
255 cow-calf phase, however, there were no differences between both groups. Maybe the
256 animals in *creep-feeding* had an excessive intake, due to the *ad libitum* diet received,
257 leading to similar performance of animals receiving mineral supplement.

258 However, on stocker phase, the higher final body weight reached in fewer days
259 by feedlot group, when compared to pasture group, is explained by the greater daily
260 gain obtained for feedlot group during Phase II (Table 1). The higher dressing for
261 feedlot animals (54.88%) in relation to pasture animals (53.90%) was expected since
262 dressing percentage is based on the relationship between hot carcass weight and
263 final body weight. Possibly, the higher dressing for feedlot group was due to the
264 increased weight and muscle development of this group when compared to pasture
265 group (Table 1) because dressing increases as live weight and heavier muscled
266 cattle shows higher dressing percentage than lighter muscled cattle (McKiernan *et*
267 *al.*, 2007; Halfman and Schaefer, 2015).

268 Another reason for the lower dressing for pasture group, would be the physical
269 composition of the diet, because as reported in literature, pasture diet results in cattle
270 with larger digestive tract than feedlot diet (McKiernan *et al.*, 2007; Halfman and
271 Schaefer, 2015). However, in the current study this reason is improbable since the
272 feedlot group diet, due to high percentage of roughage in its composition, was not too

273 much different from pasture group diet. Besides that, even if we had difference on
274 digestive tract size because of the diet adopted on phase II (pasture or feedlot), it
275 difference would not have persisted until the harvest (time when dressing percentage
276 was measure), because the harvest happened several months later of phase II.

277 Superior carcass dressing percentages for animals fed with concentrate when
278 compared to that fed on pasture is consistently reported in the literature (Duckett *et*
279 *al.*, 2013; Esterhuizen *et al.*, 2008; Neel *et al.*, 2007).

280 As clearly seen by these results, different nutritional strategies during the
281 stocker phase, in this case, pasture and feedlot systems, has influence in animal
282 development and as consequence, also on their carcasses.

283 It is known that cattle raised in feedlot system grows faster and produces larger
284 carcasses than cattle raised on conventional pastures (Esterhuizen *et al.*, 2008)
285 indicating that pasture system do not meet nutrient requirements for maximum
286 growth and tissue accretion (Brown *et al.*, 2006). According to Webb and Erasmus
287 (2013) grass feeding normally results in slower growth rates because feed
288 supplements are usually limited to strategic mineral, energy and protein
289 supplements. Rehfeldt *et al.* (1999) assert that malnutrition during postnatal growth
290 reduces body weight and skeletal muscle weight, because an adequate nutrition is
291 essential for normal skeletal muscle growth.

292 As mentioned by Webb and Erasmus (2013), in the current study the pasture
293 group received only mineral supplement while the feedlot group received a better
294 nutritional support. However, even if the same energy input is provided in a feedlot in
295 comparison with equivalent animal on pasture, one should expect higher gain for the
296 feedlot once animals at pasture have higher maintenance expenditures due to
297 grazing activity. According to Kaufmann *et al.* (2011) there is a positive correlation

298 between energy expenditure and time eating and/or walking, confirming that the
299 higher energy expenditure of pasture cattle is influenced by feeding behavior and
300 greater physical activity required to forage.

301 Supporting these statements, Rashid *et al.* (2015) explain that concentrate diet
302 is more digestible than forage, decreasing animal maintenance requirement, leaving
303 more nutrients for muscle growth.

304 Since both groups were maintained on stocker phase for the same amount of
305 days and period of the year, the lower final body weight, hot carcass weight, average
306 daily gain and dressing percentage of pasture animals in relation to feedlot animals
307 can be attributed mainly to the lower levels of nutrition and higher energy expenditure
308 due to grazing, leading to a inferior condition for their full development.

309 On stocker phase, as shown by the results of carcass length, carcass width,
310 ribeye area and muscle depth (Table 1), feedlot group had greater lean body mass
311 than pasture group. This may be in response of higher body weight, because
312 researchers have shown that body protein mass is closely match with body weight
313 and increases linearly with it whereas the mass of fat increases quadratically with
314 weight (Owens *et al.*, 1995). Thus, reporting a small backfat at slaughter for all
315 animals is an indicative that possibly they were still in a linear phase of growth.
316 Another explanation is that total protein deposition can be limited by nutrient supply.
317 Probably, the pasture group had lower supply of nutrients and consequently,
318 accumulated smaller protein body mass indicatives (mentioned above). According to
319 Owens *et al.* (1995) longer grazing periods, and perhaps a protein shortage during
320 backgrounding, tends to lead a slower protein growth rate during finishing. Moreover,
321 it could be deleterious to subsequent performance if grazing expands internal organs,

322 decreases digestibility, or increases maintenance requirements, as it usual happens
323 (Owens *et al.*, 1993).

324 In agreement with the current research, Koch *et al.* (2016) evaluating the effect
325 of post-weaning feeding strategy on live performance, carcass characteristics, and
326 meat quality also found that cattle consuming concentrate had larger ribeye area
327 than that consuming pasture. Neel *et al.* (2007) also observed higher ribeye area for
328 feedlot animals (79.4 cm²) than for pasture (66.2 cm²).

329 Even assuming that feedlot group received a higher energy content feed, due to
330 the composition with grains, in relation to pasture group, it was not possible observe
331 (P > 0.05) higher amounts of fat variables (fat score, backfat and fat percentage) for
332 the first group (Table 1). This result can be explained probably because these
333 nutritional strategies were adopted on Phase II, before the animals had reached the
334 higher point of fat tissue deposition (the latest to occur) (Owens *et al.*, 1993) and also
335 because the feedlot diet was formulated for a low level of gain (0.7 kg/day).

336

337 *Meat quality*

338 Higher L* value and lower b* value for fat color on stocker phase (Table 2)
339 denotes that fat from feedlot animals are clearer (whiter) and less yellow, possibly
340 due to the high concentrations (ingestion and absorption) of yellow pigments in fresh
341 pastures (Guerrero *et al.*, 2013b). These pigments have been identified as
342 carotenoids, with β -carotene being the major component present in fresh pastures,
343 responsible for causing yellow color to develop in the fat of bovines when such
344 forages are eaten regularly (Commonwealth Scientific and Industrial Research
345 Organisation, 1993; Dunne *et al.*, 2009). According to CSIRO (1993) lush green
346 pasture may have as much as 500 ppm carotenoids in its dry matter, whereas most

347 grains contain only small concentration of carotenoids (usually less than 5 ppm dry
348 matter).

349 Thereby, the results found for fat color (L^* and b^*) in the current study are in
350 accordance with Dunne *et al.* (2009) that asserts that it has long been recognized
351 that exists a relationship between carotenoids concentration in subcutaneous
352 adipose tissue and its yellow color. Many researchers have been reported higher b^*
353 value in subcutaneous fat for cattle fed on pasture than for concentrate diet,
354 indicating more yellowness compared with fat from the concentrate treatment
355 (Realini *et al.*, 2004; Varela *et al.*, 2004; Del Campo *et al.*, 2008; Guerrero *et al.*,
356 2013b). In addition, Guerrero *et al.* (2013b) also found higher L^* value for cattle fed
357 with concentrated diet (72.0) than for fed on pasture (69.7), showing similarity
358 between both studies.

359 The higher a^* value found in the fat for mineral supplement group on cow-calf
360 phase (Table 2) can be because they received only mineral supplement on pasture,
361 while the other group received a concentrate diet on *creep-feeding* system plus
362 pasture. This way, maybe the last group has eaten less pasture and consequently,
363 fewer pigments.

364 Probably, the lack of differences for fat color (L^* and b^* values) between groups
365 in cow-calf (CM vs. CF) phase (Table 2) may be due to diets offered in this phase,
366 because they were not so different as on stocker phase, between pasture and feedlot
367 groups.

368

369 **Conclusion**

370 Stocker phase, when compared to cow-calf phase, was the one that most
371 exerted influence on carcass traits, possibly due to higher difference in intensity

372 between the treatments in this phase. Bulls on feedlot during stocker had greater
373 growth and muscle development compared to those in pasture, showing that feedlot
374 animals during stocker phase may be an alternative to obtain heavier animals at
375 harvest, with greater muscle development in their carcasses. However, an economic
376 analysis should be encouraged for future studies in order to find out if the expenses
377 with feedlot diet are compensated by the better carcasses.

378

379 **Acknowledgment**

380 The authors acknowledge the experimental support of Escola Superior de
381 Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP and Fazenda Figueira. The first author gratefully
382 acknowledges the International Program CAPES (Brazilian Federal Agency) for the
383 receipt of the scholarship of sandwich doctorate, developed at UC Davis University,
384 California, USA.

385

386 **References**

- 387 Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) 1995. Official methods of analysis. 16th
388 edition. AOAC, Arlington, VA, USA
- 389 American Meat Science Association (AMSA) 2015. Research guidelines for cookery, sensory
390 evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat, 2nd edition. AMSA,
391 Champaign, IL, USA.
- 392
- 393 Bonnet M, Cassar-Malek I, Chilliard Y and Picard B 2010. Ontogenesis of muscle and
394 adipose tissues and their interactions in ruminants and other species. *Animal* 4, 1093–
395 1109. <http://doi.org/10.1017/S1751731110000601>
- 396 Brito G, Julián RS, Manna A, Campo M, Montossi F, Banchero G, Chalkling D and Lima
397 JMS. 2014. Growth , carcass traits and palatability: can the influence of the feeding
398 regimes explain the variability found on those attributes in different Uruguayan
399 genotypes ? *Meat Science* 98, 533–538. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.003>
- 400 Brown AH, Camfield PK, Baublits RT, Pohlman FW, Johnson ZB, Brown CJ, Tabler GT and
401 Sandelin BA 2006. Effects of size and rate of maturing on carcass composition of
402 pasture- or feedlot- developed steers. *Asian Australian Journal of Animal Science* 19,
403 661–671.
- 404 Comunidad Económica Europea (CEE) 1981. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
405 Reglamento (CEE) n. 1208/81 Del Consejo de 28 de abril de 1981. Por el que se

- 406 establece el modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado,
407 volume 21. CEE, Luxemburgo.
- 408 CIELAB 1976. Recommendations on uniform color spaces, color differences, equations,
409 psychometric color terms. volume 15.
- 410 Chambers P and Grandin T 2001. Guidelines for humane handling, transport and slaughter
411 of livestock. *RAP Publication (FAO)*, 1–94. Retrieved on May 13, from
412 [http://agris.fao.org/agris-](http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2004/XF/XF04065.xml;XF2003405491)
413 [search/search/display.do?f=2004/XF/XF04065.xml;XF2003405491](http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2004/XF/XF04065.xml;XF2003405491)
414
- 415 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) 1993. Some factors
416 affecting fat colour in beef. CSIRO, Brisbane, Australia.
- 417 Del Campo M, Brito G, Lima JMS, Martins DV, Sañudo C, Julián RS, Hernández P and
418 Montossi F 2008. Effects of feeding strategies including different proportion of pasture
419 and concentrate , on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Meat Science*
420 80, 753–760. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.026>
- 421 Duckett SK, Neel JPS, Lewis RM, Fontenot JP and Clapham WM 2013. Effects of forage
422 species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality.
423 *Journal of Animal Science* 91, 1454–1467. <http://doi.org/10.2527/jas2012-5914>
- 424 Dunne PG, Monahan FJ, Mara FPO and Moloney AP 2009. Colour of bovine subcutaneous
425 adipose tissue : a review of contributory factors, associations with carcass and meat
426 quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science* 81, 28–
427 45. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.013>
- 428 Esterhuizen J, Groenewald IB, Strydom PE and Hugo A 2008. The performance and meat
429 quality of Bonsmara steers raised in a feedlot , on conventional pastures or on organic
430 pastures. *South African Journal of Animal Science* 38, 303–314.
- 431 Guerrero A, Sañudo C, Albertí P, Ripoll G, Campo MM, Olleta JL, Panea B, Khliji S and
432 Santolaria P 2013b. Effect of production system before the finishing period on carcass ,
433 meat and fat qualities of beef. *Animal* 7, 2063–2072.
434 <http://doi.org/10.1017/S1751731113001729>
- 435 Guerrero A, Valero MV, Campo MM and Sañudo C 2013a. Some factors that affect ruminant
436 meat quality : from the farm to the fork . Review. *Acta Scientiarum* 35, 335–347.
437 <http://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i4.21756>
438
- 439 Halfman B and Shaefer D 2015. Common factors that affect dressing percentage of beef
440 carcasses. Retrieved on 13 August 2016, from
441 [http://fyi.uwex.edu/wbic/2015/07/09/common-factors-that-affect-dressing-percentage-of-](http://fyi.uwex.edu/wbic/2015/07/09/common-factors-that-affect-dressing-percentage-of-beef-carcasses/)
442 [beef-carcasses/](http://fyi.uwex.edu/wbic/2015/07/09/common-factors-that-affect-dressing-percentage-of-beef-carcasses/)
- 443 Hamm R 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, volume 10.
- 444 Hankins OG and Howe PE 1946. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts.
445 USDA, Washington, DC, USA.
- 446
- 447
- 448 Kaufmann LD, Münger A, Rérat M, Junghans P, Görs S, Metges CC and Dohme-Meier F
449 2011. Energy expenditure of grazing cows and cows fed grass indoors as determined
450 by the ¹³C bicarbonate dilution technique using an automatic blood sampling system.

- 451 Journal of dairy science 94, 1989–2000. <http://doi.org/10.3168/jds.2010-3658>
- 452 Koch BM, Bowen LE, Milopoulos JT, Lagreca GV and Duckett SK 2016. Effects of post-
453 weaning exposure to a high- concentrate diet vs. pasture on live performance, carcass
454 characteristics, and meat quality of early harvested steers. In Proceedings of the 2016
455 Joint Annual Meeting, 19-23 July 2016, South Lake City, UT, USA, pp. 418.
- 456 McKiernan B, Gaden B and Sundstrom B 2007. Dressing percentages for cattle. Prime Facts
457 340, 1-3.
- 458 Müller L, Maxson WE, Palmer AZ and Carpenter JW 1973. Evaluación de técnicas para
459 determinar la composición de la canal. In Proceedings of the Asociación
460 Latinoamericana de Producción Animal, Guadalajara, Mexico, pp. 171.
- 461 Neel JPS, Fontenot JP, Clapham WM, Duckett SK, Felton EED, Scaglia G and Bryan WB
462 2007. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on : I . Animal
463 performance and carcass characteristics. Journal of Animal Science 85, 2012–2018.
464 <http://doi.org/10.2527/jas.2006-735>
- 465 Owens FN, Dubesk P and Hansont CF 1993. Factors that alter the growth and development
466 of ruminants. Journal of Animal Science 71, 3138–3150.
- 467 Owens FN, Gill DR, Secrist DS and Coleman SW 1995. Review of some aspects of growth
468 and development of feedlot cattle. Journal of Animal Science 73, 3152–3172.
- 469 Picard B, Jurie C, Duris MP and Renand G 2006. Consequences of selection for higher
470 growth rate on muscle fibre development in cattle. Livestock Science 102, 107–120.
471 <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2005.12.001>
- 472 Rashid MM 2015. Effect of levels of concentrates on carcass characteristics, meat traits and
473 by-products in crossbred brahman cattle. Advances in Animal and Veterinary Sciences
474 3, 542–549. <http://doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.10.542.549>
- 475 Realini CE, Duckett SK, Brito GW, Rizza MD and Mattos D 2004. Effect of pasture vs.
476 concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid
477 composition, and quality of Uruguayan beef. Meat Science 66, 567–577.
478 [http://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00160-8](http://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00160-8)
- 479 Rehfeldt C, Stickland NC, Fiedler I and Wegner J 1999. Environmental and genetic factors
480 as sources of variation in skeletal muscle fibre number. Basic and Applied Myology 9,
481 235–253.
- 482 Varela A, Oliete B, Moreno T, Portela C, Monserrat L, Carballo JA and Sánchez L 2004.
483 Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile
484 of steers of the Rubia Gallega breed. Meat Science 67, 515–522.
485 <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.12.005>
- 486 Webb EC and Erasmus LJ 2013. The effect of production system and management practices
487 on the quality of meat products from ruminant livestock. South African Journal of Animal
488 Science 43, 413–423.
- 489
- 490 Wheeler TL, Shackelford SD and Koohmaraie M 1996. Sampling, cooking, and coring effects
491 on Warner-Bratzler shear force values in beef. Journal of Animal Science 74, 1553-
492 1562.

493 United States Department of Agriculture (USDA) 1996. Standards for grades of slaughter
494 cattle and standards for grades of carcass beef. USDA, Washington, DC, USA.

495 Table 1. Effect of different nutritional strategies during cow-calf (mineral supplement vs. *creep-feeding* groups) and stocker (pasture vs. feedlot
496 groups) phases on performance and carcass traits of Nellore bulls

Variables	n	Groups ¹				SEM ²	p-value ³		
		Cow-calf (C)		Stocker (S)			Single effect ⁴		Interaction ⁵
		CM	CC	SP	SF		C	S	CxS
Harvest age (days)	80	768.0	760.0	773.0	756.0	3.05	0.206	0.005	0.280
Final body weight (kg)	80	503.25	495.12	489.67	508.70	3.332	0.203	0.003	0.356
Average daily gain (kg)	80	0.60	0.60	0.58	0.62	0.006	0.935	0.0001	0.185
Hot carcass weight (kg)	80	274.62	268.68	264.07	279.24	2.265	0.163	0.001	0.815
Dressing (%)	80	54.53	54.25	53.90	54.88	0.197	0.465	0.012	0.201
pH	80	5.61	5.57	5.57	5.61	0.014	0.131	0.081	0.992
Carcass length (cm)	80	125.32	125.17	124.10	126.40	0.357	0.824	0.001	0.418
Carcass width (cm)	80	44.68	45.14	44.60	45.23	1.240	0.082	0.019	0.686
Conformation degree ⁶	80	3.11	3.05	2.90	3.26	0.069	0.634	0.007	0.019
Fatness score ⁷	80	3.25	3.21	3.14	3.32	0.064	0.788	0.158	0.645
Ribeye area (cm ²)	78	79.85	79.11	77.62	81.34	0.833	0.652	0.025	0.799
Muscle depth (mm)	78	136.72	136.81	135.24	138.37	0.768	0.939	0.045	0.220
Backfat (mm)	80	2.76	2.85	2.69	2.92	0.124	0.711	0.356	0.169
Muscle (%)	80	64.47	64.49	64.16	64.79	0.352	0.973	0.379	0.885
Fat (%)	80	19.53	19.53	20.01	19.05	0.350	0.997	0.180	0.644
Bone (%)	80	16.62	16.60	16.49	16.72	0.131	0.951	0.382	0.536
Marbling degree ⁸	80	1.26	1.20	1.22	1.24	0.035	0.387	0.862	0.603
Water loss (%)	80	27.58	27.37	27.55	27.39	0.395	0.792	0.847	0.950

497 ¹ CM = cow-calf mineral supplement; CC = cow-calf creep-feeding; SP = stocker pasture; SF = Stocker feedlot; ² Standard error of the mean; ³ Significant differences at 5%
498 probability ($P \leq 0.05$); ⁴ C = main effect during cow-calf phase; S = main effect during stocker phase; ⁵ CxS= cow-calf x stocker phases group interaction; ⁶ Conformation degree
499 = (1) inferior and (5) superior; ⁷ Fatness score = (1) low and (5) very fat; ⁸ Marbling degree = (1) no marbling and (10) abundant marbling.

500 Table 2. Effect of different nutritional strategies during cow-calf (mineral supplement vs. *creep-feeding* groups) and stocker (pasture vs. feedlot
501 groups) phases on meat quality parameters of Nellore bulls

Variables	n	Groups ¹				SEM ²	p-value ³		
		Cow-calf (C)		Stocker (S)			Single effect ⁴	Interaction ⁵	
		CM	CC	SP	SF		C	S	CxS
Fat Color									
L* ⁶	80	65.94	65.98	64.88	67.05	0.450	0.965	0.015	0.641
a* ⁷	80	4.68	3.80	4.32	4.16	0.181	0.015	0.640	0.698
b* ⁸	80	17.06	16.93	17.70	16.31	0.324	0.846	0.031	0.678
Meat color									
L* ⁶	80	37.76	37.52	38.03	37.25	0.232	0.616	0.091	0.338
a* ⁷	80	16.89	16.86	16.97	16.78	0.167	0.918	0.574	0.564
b* ⁸	80	9.80	9.54	9.66	9.68	0.105	0.238	0.931	0.588
Fiber diameter (um)	48	43.99	41.28	42.72	42.50	0.884	0.115	0.873	0.021
Shear force (Kgf)	78	6.60	7.31	6.93	6.98	0.259	0.150	0.835	0.722
Dry Matter (%)	80	25.03	25.23	25.07	25.19	0.114	0.377	0.593	0.407
Ether extract (%)	78	0.96	0.97	0.97	0.97	0.011	0.915	0.974	0.894
Crude protein (%)	78	21.26	21.52	21.25	21.54	0.106	0.213	0.174	0.129
Mineral matter (%)	78	1.04	1.05	1.05	1.05	0.011	0.550	1.000	0.647

502 ¹ CM = cow-calf mineral supplement; CC = cow-calf creep-feeding; SP = stocker pasture; SF = Stocker feedlot; ² Standard error of the mean; ³ Significant differences at 5%
503 probability (P ≤ 0.05); ⁴ C = main effect during cow-calf phase; S = main effect during stocker phase; ⁵ CxS= cow-calf x stocker phases group interaction; ⁶ L* = zero (black) and
504 100 (white); ⁷ a* = negative (green) and positive (red); ⁸ b* = negative (blue) and positive (yellow).
505
506
507
508
509
510
511

512 Table 3 – Interaction effect with cow-calf (mineral supplement vs. *creep-feeding* groups) by
 513 stocker (pasture vs. feedlot groups) phases groups for conformation degree

Conformation degree		
Stocker phase	Cow-calf phase	
	Mineral supplement	<i>Creep-feeding</i>
Pasture	2.77 ^{a,A}	3.02 ^{a,A}
Feedlot	3.45 ^{b,B}	3.07 ^{a,A}

514 ^{a,b} Within a row, means without a common superscript letter differ at P < 0.05;

515 ^{A,B} Within a column, means without a common superscript letter differ at P < 0.05.

516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525
 526
 527
 528
 529
 530
 531
 532
 533
 534
 535
 536
 537
 538
 539
 540
 541
 542
 543
 544
 545
 546
 547
 548
 549
 550
 551
 552
 553
 554
 555
 556
 557
 558
 559
 560

561

562 Table 4 – Interaction effect with cow-calf (mineral supplement vs. *creep-feeding* groups) by
 563 stocker (pasture vs. feedlot groups) phases groups for fiber diameter

Fiber diameter	Cow-calf phase	
	Mineral supplement	<i>Creep-feeding</i>
Pasture	41.89 ^{a,A}	43.11 ^{a,A}
Feedlot	46.29 ^{b,A}	39.44 ^{a,A}

564

^{a,b} Within a row, means without a common superscript letter differ at P < 0.05;

565

^{A,B} Within a column, means without a common superscript letter differ at P < 0.05.

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

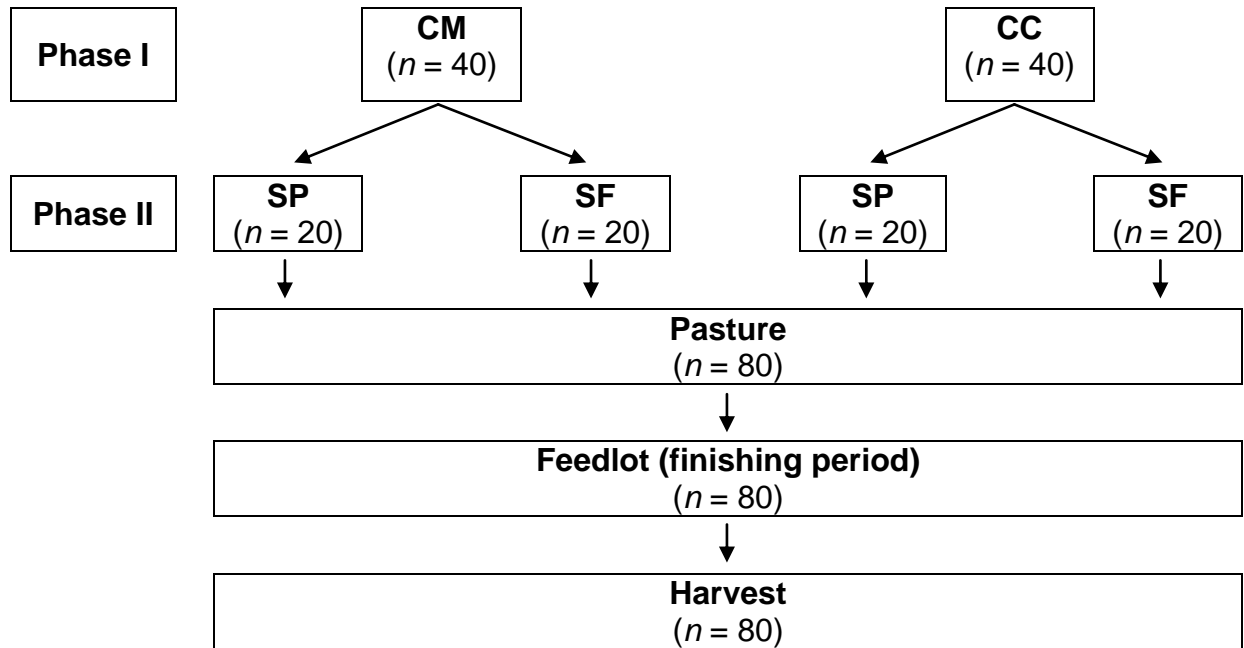
584

585

586

587

588 Figure 1. Illustrative diagram of experimental management from phase I until harvest



589 Phase I = cow-calf phase; CM = cow-calf mineral supplement; CC = cow-calf *creep-feeding*;
 590 Phase II = stocker phase; SP = stocker pasture; SF = stocker feedlot; *n* = number of animals.

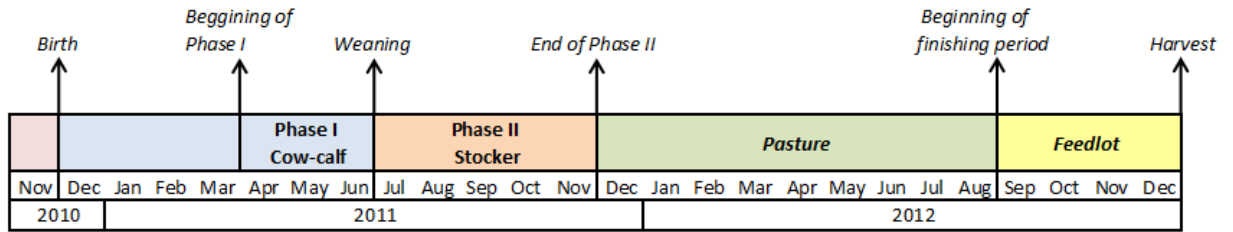
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617

618

619

620 Figure 2 – Illustrative timeline of experimental management from phase I until

621 harvest



622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643 Figure 3 – Days of age and body weight of each group (CM, CC, SP and SF) in the
 644 beginning of phase I (cow-calf), phase II (stocker), pasture, feedlot and at harvest.

645

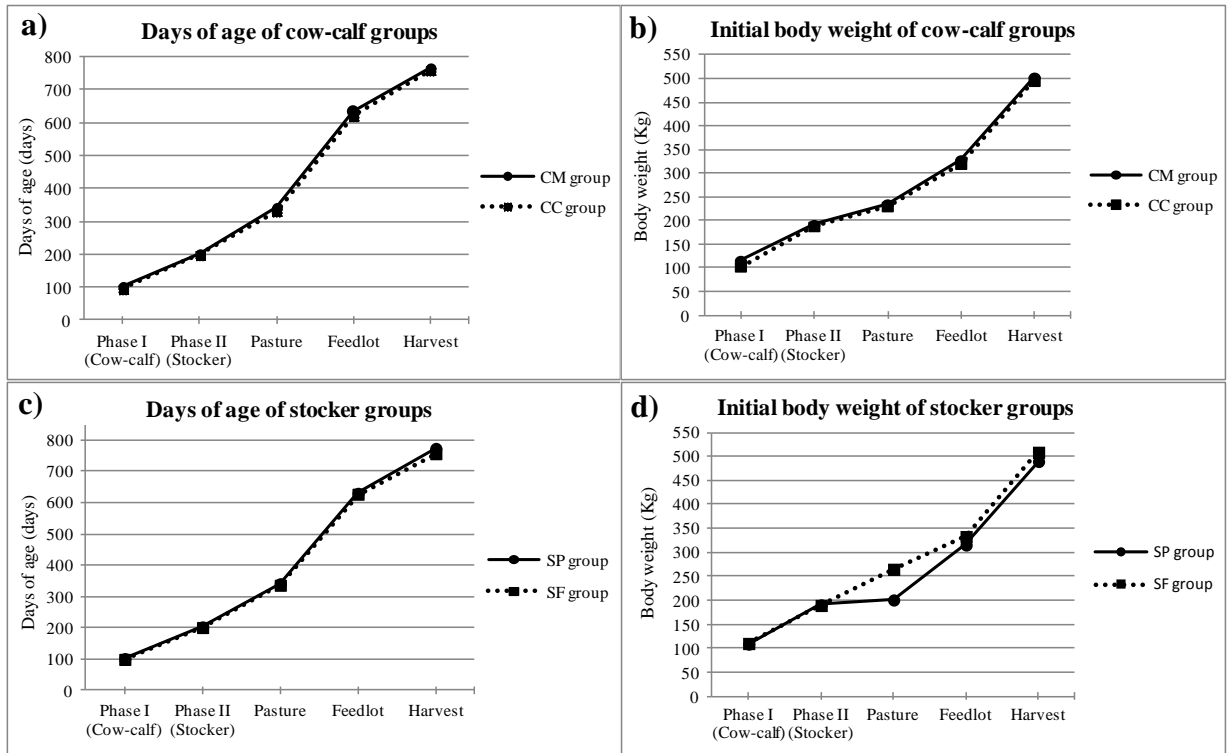
646

647

648

649

650



651

652

653

654

655

656

657

658 **a)** Days of age of cow-calf groups (CM = cow-calf mineral supplement and CC = cow-calf *creep-*
 659 *feeding*); **b)** Initial body weight of cow-calf groups (CM = cow-calf mineral supplement and CC = cow-
 660 calf *creep-feeding*); **c)** Days of age of stocker groups (SP = stocker pasture and SF = stocker feedlot);
 661 **d)** Initial body weight of stocker groups (SP = stocker pasture and SF = stocker feedlot).

5 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

ARTIGO 2 – BEEF FATTY ACIDS PROFILE OF NELLORE BULLS SUBMITTED TO PASTURE OR
FEEDLOT SYSTEM ON STOCKER PHASE²

²Artigo científico redigido segundo normas para publicação na revista *Meat Science*

1 **Beef fatty acids profile of Nellore bulls submitted to pasture or feedlot system on stocker**
2 **phase**

3

4 Abstract

5 The aim with the study was to evaluate beef fatty acid profile of bulls submitted to pasture or
6 feedlot system on stocker phase. The trial was composed by 80 Nellore calves after weaning
7 (201.2 ± 2.11 days old and 190.2 ± 3.37 kg of body weight) distributed into two treatments
8 (production systems): pasture (SP) or feedlot (SF). They were harvested with 764.26 ± 3.06
9 days old and 499.20 ± 3.33 kg of final body weight. Then, 16 bulls from each group were
10 randomly selected and used for carcasses backfat and fatty acid analysis. Fatty acids C14:0,
11 C18:1 *n*-9, total of monounsaturated fatty acids (MUFA) and indices of atherogenicity (IA)
12 and thrombogenicity (IT) were higher for SF, whereas all polyunsaturated fatty acids
13 (PUFA), total PUFA, polyunsaturated/saturated (PUFA/SFA) ratio, omega 3 (*n*-3) and omega
14 6 (*n*-6) were greater for SP. In conclusion, it is possible point out that beef from pasture
15 animals may have a better fatty acid profile than feedlot animals.

16

17 Keywords: backgrounding, concentrate, grass, *n*-6/*n*-3, PUFA/SFA, post weaning

18

19 1. Introduction

20 Many factors affect meat quality and all of them can be divided into - endogenous
21 factors, like breed, age and sex, and exogenous factors, such as diet, weather and slaughtering
22 procedures. Among the exogenous factors, feeding plays an important role in the
23 determination of meat quality (Dannenberger, Nuernberg, Nuernberg, & Ender, 2006).

24 Feeding strategy is the management factor which is most actively used as a quality
25 control tool in the production of beef (Andersen, Oksbjerg, Young, & Therkildsen, 2005).

26 Scollan et al. (2014) point out that nutrition is the major factor influencing beef fatty acid
27 composition. Besides, not only the amount, but also the structure of the fatty acids plays a
28 major role in maintaining human health (Dannenberger et al., 2006) such as lower saturated and
29 enhanced *n*-3 fatty acids of intramuscular fat would improve the beef nutritional value
30 (Nuernberg et al., 2005).

31 Two different feeding systems widely used in beef production are pasture and feedlot
32 system. Cattle production system based on pasture production is the most common in Brazil
33 (Euclides et al., 2010). In contrast, in United States the most widely produced type of beef is
34 grain-fed (Mitloehner, Lonergan, & Lawrence, 2015) where the cattle spend some months of
35 their lives on pasture and then are fattened for several months in industrial-scale feedlots
36 (WSPA, 2012). The United States management has been seen attractive for the Brazilians
37 cattle producers, because allows the slaughter of younger animals due to the earlier entrance
38 into feedlot systems.

39 Beef produced by pasture system present enhanced nutritional quality for the
40 consumer resulted from a high accumulation of beneficial fatty acids (*n*-3 fatty acids) and
41 lower concentration of saturated fatty acids and *n*-6 fatty acids compared with beef from a
42 concentrate feeding system (Dannenberger et al., 2006). Nonetheless, many studies have
43 demonstrated feedlot system cattle have higher monounsaturated fatty acids contents (Realini,
44 Duckett, Brito, Rizza, & Mattos, 2004; Patino, Medeiros, Pereira, Swanson, & McManus,
45 2015) which has beneficial effect upon cholesterol (De Lacruz et al., 2000) due to the higher
46 representative of oleic fatty acid (Smith, Gill, Lunt, & Brooks, 2009).

47 Researches studying the fatty acid composition of beef cattle reared in the stocker phase
48 on pasture and feedlot are infrequent. Thus, the aim with the current study was to evaluate
49 beef fatty acid composition of bulls submitted to pasture or feedlot system on stocker phase.

50 We hypothesized that it would have differences between the feeding system and pasture bulls
51 would show better fatty acid profile.

52

53 2. Material and methods

54 The study was approved by the Ethics Committee on Animal Use of the School of
55 Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo, under protocol number
56 2833/2012.

57 The trial period was conducted at Fazenda Figueira (Estação Experimental
58 Agrozootécnica Hildegard Georgina Von Pritzelwitz) – Londrina, Paraná, Brazil. Eighty
59 Nellore weaning calves (beginning of stocker phase – June and July 2011 - dry season), with
60 on average 201.20 ± 2.11 days of age and 190.20 ± 3.37 kg of body weight were used. The
61 calves were distributed into two treatments (production systems): pasture (SP) or feedlot (SF).

62 Animals from SP ($n = 40$) group were allocated on pasture receiving only mineral
63 supplement (BellMais, Bellman[®], Brazil) and the animals from SF ($n = 40$) group were fed in
64 feedlot system with diet formulated to gain 0.7 kg per day. The pasture was composed mainly
65 for *Panicum maximum* cv. Colonião and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The chemical
66 analysis of forage in the entry of this phase was: dry matter total, 27.6%; crude protein,
67 11.2%; ether extract, 2.9%; neutral detergent fiber, 52.0%; mineral, 10.4%. A pasture rotation
68 inside the PAST group was realized every 30 days to avoid the effect of pasture variation. The
69 feedlot ration was provided twice a day (7:30 am and 4 pm) in sufficient quantity to maintain
70orts between 5 and 10% of the offered. At the feedlot area there were drinkers and 30 cm of
71trough line per animal. The ingredients used on feedlot diet were (as fed basis): 63.5% of
72grain sorghum silage; 20.3% corn meal; 15.2% of soybean meal and 1.0% mineral
73supplement (BellMais, Bellman[®], Brazil) and the feed nutritive value was: dry matter, 38.5%;
74crude protein, 16.3%; ether extract, 3.6%; neutral detergent fiber, 57.4%; estimated total

75 digestible nutrients, 66.5%; and mineral, 1.3%. The calves remained at this stage for $136.58 \pm$
76 2.07 days and finished this stage in November (wet season) 2011 with 337.76 ± 3.26 days of
77 age and 232.98 ± 5.03 kg of body weight. The mineral supplement (BellMais, Bellman[®],
78 Brazil) content for each kilogram was: Ca, 164 g; P, 60 g; Mg, 10 g; S, 40 g; Na, 140 g; Cu,
79 1,010 mg; Mn, 780 mg; Zn, 3,750mg; I, 75mg; Co, 60 mg; Se, 19 mg.

80 After that, all 80 animals were kept on pasture receiving only mineral supplement until
81 August (dry season) 2012 during 290.0 ± 0.11 days. Then, with an initial body weight of
82 324.35 ± 3.83 kg and 627.76 ± 3.26 days of age they were finished (with the same diet for
83 both groups) on feedlot system for 136.5 ± 2.27 days (Figure 1).

84 At the end of the finishing period, cattle were weighted using an electronic scale (SOLO
85 900[®], Beckhauser, Brazil) and shipped to a commercial abattoir at Apucarana, Paraná, Brazil,
86 where they were harvested with 764.26 ± 3.06 days of age and 499.20 ± 3.33 kg of final body
87 weight on average.

88 The animals were stunned using a pneumatic penetration pistol and were then
89 immediately exsanguinated (Chambers & Grandin, 2001). Then, the left halves of the
90 carcasses of each animal were identified according to their group. Thirty two carcasses, 16
91 from each group, were randomly selected and cut between the 12th and 13th ribs where the
92 carcasses backfat were measure, using a digital caliper (USDA, 1996). Then from this region
93 the *longissimus thoracis* muscle were removed and split into sub-samples (obtained along the
94 caudal-cranial axis) to determined the fatty acid profile.

95 The sub-samples for fatty acid analysis were stored in Animal Nutrition Laboratory at
96 Universidade Estadual de Londrina after being individually packed in appropriated plastic
97 bags and immediately frozen at -18° C pending further analyses.

98 The lipids were extracted from *longissimus thoracis* of each animal according to the
99 method described by Bligh and Dyer (1959), in which 40 g of crushed sample (meat) was

100 homogenized in 80 mL of chloroform and 40 mL of methanol. After being stirred for 1 hour,
101 40 mL of chloroform and 40 mL of distilled water were added and the homogenate was
102 stirred for an additional 20 minutes. The homogenate was then filtered through a Whatman
103 filter paper No. 1 held in a Buchner funnel using vacuum pressure. The filtrate was transferred
104 to a separator funnel and 40 mL of an aqueous solution of 0.9% NaCl was added. After the
105 phase separation was complete, the chloroform phase and all the lipid was collected in a
106 round-bottom volumetric flask and the solvent was evaporated using a rotary evaporator with
107 the temperature held at 33-34 °C.

108 The hydrolytic and transesterification processes were performed according to ISO
109 method 5509 (1978). Two milliliters of n-heptane were added to 200 mg of lipid and the
110 mixture was vigorously stirred until the lipids were completely solubilized. Then, 2 mL of 2
111 mol.L⁻¹ NaOH in methanol were added and the mixture was stirred. After the phase separation
112 was complete, the upper phase that contained n-heptane and the fatty acid methyl esters was
113 removed using an automated pipette, transferred to an amber vial, and stored at -18 ° C until
114 gas-chromatographic analysis was performed.

115 The fatty acid methyl esters were analyzed using a Shimadzu 17A gas chromatograph
116 equipped with a flame-ionization detector and a capillary column (100 m x 0.25 mm)
117 containing 0.25 µm particles in IBS CP 88 cyanopropyl polysiloxane. The column
118 temperature program was as follows: 65° C for 15 minutes; 10° C min⁻¹ to 165° C and held for
119 2 minutes; 4° C min⁻¹ to 185° C and maintained for 8 minutes; 4° C min⁻¹ to 235° C and
120 maintained for 5 minutes. The detector and the injector were maintained at 260° C, and the
121 split ratio was 1/100. The gas flow rates were 1.2 mL min⁻¹ for the carrier gas (H₂), 30 mL
122 min⁻¹ for the auxiliary gas (N₂), 30 and 300 mL min⁻¹ for the flame gases, H₂ and synthetic air,
123 respectively. To identify the fatty acids, the relative retention times of the peaks of the

124 samples were compared with those of fatty acid methyl ester standards (Sigma). The results
 125 were expressed as the percentage of the normalized area of the fatty acid peak.

126 Then, the sum of saturated, monounsaturated, polyunsaturated fatty acids, *n*-3, *n*-6,
 127 PUFA/SFA ratio and *n*-6/*n*-3 ratio for both groups was calculated.

128 The index of atherogenicity (IA) and thrombogenicity (IT) of bulls fat were calculated
 129 according to Ulbricht and Southgate (1991), as follow:

$$130 \quad (IA) = L + 4 * M + P / (n-6) + (n-3) + O + M'$$

$$131 \quad (IT) = M + P + S / 0.5 * O + 0.5 * M' + 0.5 * (n-6) + 3 * (n-3) + ((n-3) / (n-6))$$

132 Where: L = lauric acid (C12:0), M = myristic acid (C14:0), P = palmitic acid (C16:0), O =
 133 oleic acid (18:1 *n*-9), S = stearic acid (18:0), M' = other monounsaturated fatty acids, *n*-3 =
 134 omega 3 and *n*-6 = omega 6.

135 The data was analyzed by one-way analysis of variance considering a completely
 136 randomized design. The experimental unit was composed by each animal. The response
 137 variables were expressed as means and were compared with Fisher test. The statistical
 138 analysis was performed using the R statistical software (R Development Core Team, 2015).

139

140 3. Results and discussion

141 Carcass backfat was not different ($P < 0.05$) between pasture and feedlot groups (Table
 142 1). Even assuming that feedlot group received a higher energy content feed, due to the
 143 composition with grains, it was not possible observe ($P > 0.05$) higher backfat for this group
 144 when compared to pasture group. This result can be explained probably because the
 145 production systems were adopted before the animals had reached the higher point of fat tissue
 146 deposition (the latest to occur) (Owens, Dubeski, & Hansont, 1993) and also because the
 147 feedlot diet was formulated for a low level of gain (0.7 kg/day).

148 There were no differences for all saturated fatty acids (SFA), C15:0, C16:0, C17:0,
149 C18:0, C20:0, C21:0, however, the C14:0 (myristic) was higher for feedlot group (2.70 %)
150 than for pasture group (2.35 %) (Table 1).

151 It is known that individual SFA have different effects on the concentration of plasma
152 lipoprotein cholesterol fractions. Myristic fatty acid (C14:0) and palmitic (C16:0) are
153 associated to increase low density lipoprotein (LDL) cholesterol, for this reason they are not
154 recommended for human consumption (FAO, 2010; Nieto & Ros, 2012). Even though
155 myristic acid is associated with increases in LDL, its representative among saturated fatty
156 acids and total fatty acids is small, around 6% and 3%, respectively.

157 The lack of differences ($P > 0.05$) for C16:0 between beef from pasture and feedlot
158 group is relevant because shows that both have the same amount of this fatty acid, which is
159 the most predominant saturated fatty acid in human diets (Jonnalagadda, Egan, Heimbach,
160 Harris, & Kris-Etherton, 1995). Besides that, the hypercholesterolemic effect of this acid has
161 recently been questioned by a number of researchers, so its effect is uncertain (Clandinin,
162 Cook, Konard, & French, 2000).

163 In addition, the second most representative saturated fatty acid, stearic acid (C18:0),
164 which is shown in the literature to decrease LDL cholesterol concentrations (Mensink, 2005),
165 was also not different between groups. This reveals that both systems led to beef with similar
166 qualitative characteristics regarding SFA.

167 There were no differences ($P > 0.05$) between animals fed on pasture or on feedlot for
168 C14:1 (myristoleic), C15:1 (pentadecenoic), C16:1 *n*-9 (7-hexadecenoic) and C17:1
169 (heptadecenoic) fatty acids. However, C18:1 *n*-9 (oleic) was higher for feedlot group when
170 compared to pasture group (Table 1).

171 In the current study, oleic fatty acid represented 39.39% and 40.88% of total fatty acids
172 on pasture and feedlot beef, respectively. According to Smith et al. (2009), this fatty acid is

173 produced by the $\Delta 9$ desaturation from stearic acid, being the most abundant fatty acid in beef.
174 Besides that, has a beneficial effect upon cholesterol metabolism and exerts a protective role
175 against cardiovascular diseases (De Lacruz et al., 2000).

176 However, it was observed differences ($P < 0.05$) between the groups for all
177 polyunsaturated fatty acids (PUFA) (Table 1). Pasture group had higher percentages of C18:2
178 *n*-6 (+ 22.4%), C18:3 *n*-3 (+ 26.0%), C20:3 *n*-6 (+ 50.0%), C20:4 *n*-6 (+ 37.2 %), C20:5 *n*-3
179 (+ 46.1%), C22:6 *n*-3 (+ 51.3) than feedlot group.

180 According to Warren et al. (2008) concentrate diets based on grains are high in C18:2 *n*-
181 6 (linoleic) acid. In the present study, the result for C18:2 *n*-6 was contrary to that exposed for
182 Warren et al. (2008), in other words, it was not possible find greater amounts of C18:2 *n*-6 for
183 feedlot group. Probably this result was observed because the diet of this group was composed
184 by a high percentage of roughage.

185 However, the higher percentage of C18:3 *n*-3 (linolenic) acid found in animals fed on
186 pasture probably is due to the high C18:3 *n*-3 contents in grass, despite of the
187 biohydrogenation of unsaturated fatty acids in the rumen (Raes et al., 2003). According to
188 Boufaied et al. (2003) pasture are usually rich in C18:3 *n*-3, being one of the most abundant
189 fatty acids in forage. However, its concentration in forages varies among species.

190 These two fatty acids, linoleic and linolenic, are important because they are considered
191 essential fatty acids for health, because all mammals cannot make them; this way they must
192 be obtained from the diet that is the sole source of them (Simopoulos, 1991; Smith et al.,
193 2009; Simopoulos & DiNicolantonio, 2016).

194 The linoleic acid gives rise to C20:4 *n*-6 (arachidonic) acid, which is usually the
195 principal precursor for eicosanoids synthesis, that are involved in modulating the intensity and
196 duration of inflammatory and immune responses (Calder & Grimble, 2002). On the other
197 hand, linolenic acid is converted by desaturase and elongase enzymes into the desirable long-

198 chain *n*-3 PUFA such as C20:5 *n*-3 (eicosapentaenoic acid; EPA) and 22:6 *n*-3
199 (docosahexaenoic acid; DHA) (Warren et al., 2008), which are involved in the formation of
200 eicosanoids that act as anti-inflammatory and anti-aggregatory agents (Sinn et al., 2012).

201 This way, the increased concentrations of C20:5 *n*-3 and C22:6 *n*-3 in muscle of animals
202 fed on pasture in the current study suggests that the probable high availability of C18:3 *n*-3 in
203 the diet has resulted in an enhanced synthesis of the long chain *n*-3 polyunsaturated fatty acids
204 (Dannenberger et al., 2006).

205 The results found in the current study for PUFA's are in agreement with those reported
206 by Bressan et al. (2011). Studying the effect of finishing system (pasture or grain
207 supplementation) on Brazilian beef fatty acid profile, the authors also found that pasture-fed
208 cattle had higher amounts of C18:2 *n*-6, C18:3 *n*-3, C20:3 *n*-6, C20:4 *n*-6, C20:5 *n*-3 and
209 C22:6 *n*-3 than grain-fed cattle.

210 As shows in Table 2, the total of monounsaturated (MUFA), polyunsaturated (PUFA)
211 fatty acids and PUFA/SFA ratio were different ($P < 0.05$) between studied groups. MUFA
212 was higher and PUFA and PUFA/SFA ratio was lower for feedlot group than for pasture
213 group.

214 Previous studies have also reported that concentrate-fed cattle have higher MUFA
215 (Realini et al., 2004; Patino et al., 2015) and lower PUFA (Realine et al., 2004; Nuernberg et
216 al., 2005; Bressan et al., 2011) than pasture-fed cattle.

217 These results are important because show that the beef from both groups have beneficial
218 fatty acids for health. The most common source of MUFA, the oleic fatty acid (Hall,
219 Schonfeldt, & Petronius, 2016) decreases total and LDL cholesterol in humans when
220 substituted for saturated fat, whereas PUFA is also precursor to eicosanoids and decrease
221 cardiovascular risks (ADA, 2007). According to Daniel, Wynn, Salter and Buttery (2004)
222 increasing unsaturated fat content of ruminant meat could improve its nutritional quality.

223 Due to the beneficial effects of PUFA and negative effect of SFA on human health, the
224 recommended dietary PUFA/SFA ratio should be greater than 0.4 (Wood et al., 2003). In the
225 current study cattle fed on feedlot had PUFA/SFA ratio lower than that fed on pasture,
226 however, both groups had this ratio below the recommended index. According to French et al.
227 (2000), decreasing concentrate intake in grass-based diets resulted in a linear increase in the
228 PUFA/SFA ratio in intramuscular fat.

229 Bulls fed on pasture or feedlot system had different ($P < 0.05$) percentages for *n*-3 and
230 *n*-6 fatty acids. Although, *n*-6/*n*-3 ratio was not different ($P > 0.05$) between the groups (Table
231 2). Pasture bulls had higher amounts of *n*-3 and *n*-6 fatty acids.

232 French et al. (2000) found that decreasing concentrate intake increased the *n*-3 fatty acid
233 concentration. According to them, animals offered grass had higher intakes of *n*-3 PUFA
234 because of the higher concentration of 18:3 in grass than in concentrate.

235 Increasing the content of *n*-3 PUFA in the beef reduces color shelf life and results in
236 sensory attributes such as fishy and greasy scoring higher. However, the antioxidants,
237 particularly vitamin E, which is high on pasture-fed beef, help to ameliorate the negative
238 effects of long chain PUFA on meat quality (Scollan et al., 2014).

239 Even though there was no difference ($P > 0.05$) between the groups for *n*-6/*n*-3 ratio,
240 the percentages of this ratio for both groups show that they are according with the
241 recommendation, which is 4.0 or less (Wood et al., 2003). A high intake of *n*-6 fatty acids
242 has been associated to alter immune response to cancer cells and modulation of inflammation,
243 cell proliferation, apoptosis, metastasis and angiogenesis (Larsson, Kumlin, Ingelman-
244 Sundberg, & Wolk, 2004).

245 However, for Ulbricht and Southgate (1991) the PUFA/SFA ratio, often used as an
246 indicator or measure of whether a diet is atherogenic or promotes coronary heart disease
247 (CHD), is not a suitable measure of the atherogenicity or thrombogenicity of a diet or of

248 foods, since only three of the SFA (C12:0, C14:0 and C16:0) are in fact
249 hypercholesterolaemic.

250 This way it is proposed, in particular, polyunsaturated/saturated ratio as a measure of
251 the propensity of the diet to influence the incidence of CHD should be replaced by indices of
252 atherogenicity (IA) and thrombogenicity (IT), that allow comparison of different foods and
253 diets. So, IA and IT would be highest for the most atherogenic and thrombogenic dietary
254 components (Ulbricht & Southgate, 1991).

255 There were differences between the groups for IA and IT indices. Beef from pasture
256 group in relation to feedlot group had lower IA and IT (Table 2), which makes the first group
257 healthier than the second one. According to Garaffo et al. (2011) these indices take into
258 account the different effects that single fatty acid might have on human health and in
259 particular on the probability of increasing the incidence of pathogenic phenomena, such as
260 atheroma and/or thrombus formation.

261 Similar result for IA was found for Bressan et al. (2011). The authors reported greater
262 IA for cattle receiving grain supplementation (IA = 0.82) when compared to pasture (IA =
263 0.64).

264 However, even if both indices, IA (0.61) and IT (1.19), had been higher for feedlot
265 animals, they are in accordance to that reported in the literature for beef (Ulbricht &
266 Southgate, 1991; Brugiapaglia, Destefanis, Zanardi, & Barge, 2007).

267

268 4. Conclusion

269 In conclusion, even though feedlot group has higher oleic acid which is consider
270 healthful for human and the most predominant fatty acid in beef, pasture group has had
271 greater PUFA/SFA ratio and lower indices of atherogenecity and thrombogenecity showing
272 that their beef can provide a better fatty acid composition than feedlot group.

273 Acknowledgment

274 The authors acknowledge the experimental support of Escola Superior de Agricultura
275 “Luiz de Queiroz” - USP and Fazenda Figueira. The first author gratefully acknowledges the
276 International Program CAPES (Brazilian Federal Agency) for the receipt of the scholarship of
277 sandwich doctorate, developed at UC Davis University, California, USA.

278

279 References

280

281 ADA. (2007). Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: dietary
282 fatty acids. *Journal of the American Dietetic Association*, 107(9), 1599–1611.

283 <http://doi.org/10.1016/j.jada.2007.07.024>

284 Andersen, H. J., Oksbjerg, N., Young, J. F., & Therkildsen, M. (2005). Feeding and meat
285 quality - A future approach. *Meat science*, 70(1), 543–554.

286 <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.015>

287 Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification.

288 *Canadian Journal Biochemistry Physiology*, 37(8), 911–917.

289 Boufaïed, H., Chouinard, P. Y., Tremblay, G. F., Petit, H. V., Michaud, R., & Bélanger, G.

290 (2003). Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of*
291 *Animal Science*, 83(1), 501–511.

292

293 Bressan, M. C., Rossato, L. V., Rodrigues, E. C., Alves, S. P., Bessa, R. J. B., Ramos, E. M.,
294 & Gama, L. T. (2011). Genotype x environment interactions for fatty acid profiles in *Bos*
295 *indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. *Journal of Animal Science*, 89(1),
296 221–232. <http://doi.org/10.2527/jas.2009-2672>

297 Brugiapaglia, A., Destefanis, G., Zanardi, E., & Barge, M. T. (2007). Intramuscular fatty acid

298 composition in beef from Aosta cattle breeds. *Italian Journal of Animal Science*,

299 6(SUPPL. 1), 406–408. <http://doi.org/10.4081/ijas.2007.1s.406>

300 Calder, P. C., & Grimble, R. F. (2002). Polyunsaturated fatty acids , inflammation and
301 immunity. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(3), 14–19.

302 Clandinin, M. T., Cook, S. L., Konard, S. D., & French, M. A. (2000). The effect of palmitic
303 acid on lipoprotein cholesterol levels. *International journal of food sciences and*
304 *nutrition*, 51 Suppl, S61–S71.

305 Chambers, P., & Grandin, T. (2001). Guidelines for humane handling, transport and slaughter

306 of livestock. *RAP Publication (FAO)*, 1–94. Retrieved from [http://agris.fao.org/agris-](http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2004/XF/XF04065.xml;XF2003405491)

307 [search/search/display.do?f=2004/XF/XF04065.xml;XF2003405491](http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2004/XF/XF04065.xml;XF2003405491)

- 308 Daniel, Z. C. T. R., Wynn, R. J., Salter, A. M., & Buttery, P. J. (2004). Differing effects of
309 forage and concentrate diets on the oleic acid and conjugated linoleic acid content of
310 sheep tissues: The role of stearoyl-CoA desaturase. *Journal of Animal Science*, 82(1),
311 747–758.
- 312
- 313 Dannenberger, D., Nuernberg, K., Nuernberg, G., & Ender, K. (2006). Carcass and meat
314 quality of pasture vs. concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls.
315 *Archives Animal Breeding*, 49(4), 315–328.
- 316 De La Cruz, J. P., Villalobos, M. A., Carmona, J. A., Martín-Romero, M., Smith-Agreda, J.
317 M., & Cuesta, F. S. de la. (2000). Antithrombotic potential of olive oil administration in
318 rabbits with elevated cholesterol. *Thrombosis Research*, 100(1), 305–315.
- 319 Drackley, J. K. Lipid metabolism. (2000). In D´Mello, J. P. F. (Ed), *Farm animal metabolism*
320 *and nutrition*. (pp. 97–119). New York: CABI publishing.
- 321 Euclides, V. P. B., Do Valle, C. B., Macedo, M. C. M., Almeida, R. G. De, Montagner, D. B.,
322 & Barbosa, R. A. (2010). Brazilian scientific progress in pasture research during the first
323 decade of XXI century. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(supl. especial), 151–168.
324 <http://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300018>
- 325 FAO. (2010). *Fats and fatty acids in human nutrition*.
- 326 French, P., Stanton, C., Lawless, F., O´Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., &
327 Moloney, A. P. (2000). Fatty acid composition , including conjugated linoleic acid, of
328 intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based
329 diets. *Journal of Animal Science*, 78(1), 2849–2855.
- 330 Garaffo, M. A., Vassalo-Agius, R., Nengas, Y., Lembo, E., Rando, R., Maisano, R., ...
331 Giuffrida, D. (2011). Fatty acids profile, atherogenic (ia) and thrombogenic (it) health
332 lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus l.*) and their salted product
333 “Bottarga”. *Food and Nutrition Sciences*, 2(7), 736–743.
334 <http://doi.org/10.4236/fns.2011.27101>
- 335 Hall, N., Schönfeldt, H. C., & Petrorius, B. (2016). Fatty acids in beef from grain- and grass-
336 fed cattle: the unique South African scenario. *South African Journal of Clinical*
337 *Nutrition*, 29(2), 55–62. <http://doi.org/10.1080/16070658.2016.1216359>
- 338 ISO. International Organization for Standardization. (1978). *Animal and vegetable fats and*
339 *oils Preparation of methyl esters of fatty acids - Method ISO 5509*. Geneve, 1-6.
- 340 Jonnalagadda, S. S., Egan, K., Heimbach, J., Harris, S. S., & Kris-Etherton, P. M. (1995).
341 Fatty acid consumption pattern of americans: 1987-1988 USDA nationwide food
342 consumption survey. *Nutrition Research*, 15(12), 1767–1781.
343 <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.015>
- 344 Larsson, S. C., Kumlin, M., Ingelman-Sundberg, M., & Wolk, A. (2004). Dietary long-chain
345 n X 3 fatty acids for the prevention of cancer : a review of potential mechanisms 1 – 3.
346 *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(1), 935–945.
- 347 Mensink, R. P. (2005). Effects of stearic acid on plasma lipid and lipoproteins in humans.
348 *Lipids*, 40(12), 1201–1205.

- 349 Mitloehner, F., Lonergan, G., & Lawrence, T. E. (2015). *Corn-fed versus grass-fed beef*.
350 *North American Meat Institute*, 1–2.
- 351 Nieto, G., & Ros, G. (2012). Modification of fatty acid composition in meat through diet :
352 effect on lipid peroxidation and relationship to nutritional quality – a review. In *Lipid*
353 *Peroxidation* (p. 239–258).
- 354 Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N. D., ...
355 Richardson, R. I. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on
356 meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different
357 cattle breeds. *Production Science*, 94(1), 137–147.
358 <http://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.036>
- 359 Owens, F. N., Dubeski, P., & Hansont, C. F. (1993). Factors that alter the growth and
360 development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71(1), 3138–3150.
- 361 Patino, H. O., Medeiros, F. S., Pereira, C. H., Swanson, K. C., & McManus, C. (2015).
362 Productive performance, meat quality and fatty acid profile of steers finished in
363 confinement or supplemented at pasture. *Animal*, 9(6), 966–972.
364 <http://doi.org/10.1017/S1751731115000105>
- 365 Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., Winne, A. De, Claeys, E., Demeyer, D., & De Smet, S.
366 (2003). Meat quality , fatty acid composition and flavor analysis in Belgian retail beef.
367 *Meat Science*, 65(1), 1237–1246. [http://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00031-7](http://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00031-7)
- 368 Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Rizza, M. D., & Mattos, D. De. (2004). Effect of
369 pasture vs . concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics,
370 fatty acid composition , and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66(1), 567–577.
371 [http://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00160-8](http://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00160-8)
- 372 Scollan, N. D., Dannenberger, D., Nuernberg, K., Richardson, I., Mackintosh, S., Hocquette,
373 J. F., & Moloney, A. P. (2014). Enhancing the nutritional and health value of beef lipids
374 and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 97(1), 384–394.
375 <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.015>
- 376 Simopoulos, A. P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and
377 development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54(1), 438–463.
- 378 Simopoulos, A. P., & Dinicolantonio, J. J. (2016). The importance of a balanced ω -6 to ω -3
379 ratio in the prevention and management of obesity. *Open Heart*, 3(1), 1–6.
380 <http://doi.org/10.1136/openhrt-2015-000385>
- 381 Sinn, N., Milte, C. M., Street, S. J., Buckley, J. D., Coates, A. M., Petkov, J., & Howe, P. R.
382 C. (2012). Effects of n-3 fatty acids, EPA v . DHA, on depressive symptoms, quality of
383 life, memory and executive function in older adults with mild cognitive impairment : a 6-
384 month randomised controlled trial. *British Journal of Nutrition*, 107(1), 1682–1693.
385 <http://doi.org/10.1017/S0007114511004788>
- 386 Smith, S. B., Gill, C. A., Lunt, D. K., & Brooks, M. A. (2009). Regulation of fat and fatty
387 acid composition in beef cattle. *Asian Australian Journal of Animal Science*, 22(9),
388 1225–1233.

- 389 Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary
390 factors. *The Lancet*, 338(8773), 985–992. [http://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
- 391 USDA. United States Department of Agriculture. (1996). Standards for grades of slaughter
392 cattle and standards for grades of carcass beef. Washington: Government Printing Office,
393 Agricultural Marketing Services, USDA.
- 394 Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., & Wood, J. D.
395 (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of
396 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat*
397 *Science*, 78(1), 256–269.
- 398 Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V, Campo, M. M., Kasapidou, E., ...
399 Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66(1),
400 21–32. [http://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](http://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
- 401 WSPA. World Society for the Protection of Animals. (2012). High steaks: a humane and
402 sustainable 'farm to fork' beef system in the US. (Case study).
- 403
- 404
- 405
- 406
- 407
- 408
- 409
- 410
- 411
- 412
- 413
- 414
- 415
- 416
- 417
- 418
- 419
- 420

421 Table 1. Carcass backfat and fatty acid composition of *longissimus thoracis* muscle of Nellore
 422 bulls on pasture or feedlot system

Variable	Stocker phase		SEM ¹	p-value ^{2,3}
	Pasture	Feedlot		
Backfat (mm)	2.55	3.02	0.207	0.262
Fatty acids (%)				
Saturated				
C14:0, <i>myristic</i>	2.35	2.70	0.087	0.044
C15:0, <i>pentadecylic</i>	0.35	0.39	0.015	0.161
C16:0, <i>palmitic</i>	22.74	23.43	0.209	0.101
C17:0, <i>margaric</i>	0.92	0.98	0.017	0.068
C18:0, <i>stearic</i>	15.47	15.76	0.388	0.716
C20:0, <i>arachidic</i>	0.15	0.16	0.007	0.619
C21:0, <i>heneicosylic</i>	0.73	0.53	0.130	0.444
Monounsaturated				
C14:1, <i>myristoleic</i>	0.45	0.55	0.026	0.056
C15:1, <i>pentadecenoic</i>	0.21	0.19	0.014	0.499
C16:1 <i>n-9, 7-hexadecenoic</i>	2.92	3.32	0.111	0.068
C17:1, <i>heptadecenoic</i>	0.70	0.71	0.018	0.694
C18:1 <i>n-9, oleic</i>	39.39	40.88	0.403	0.043
Polyunsaturated				
C18:2 <i>n-6, linoleic</i>	6.87	5.61	0.263	0.013
C18:3 <i>n-3, linolenic</i>	1.26	1.00	0.055	0.016
C20:3 <i>n-6, dyhomo-γ-linolenic</i>	0.57	0.38	0.032	0.002
C20:4 <i>n-6, arachidonic</i>	2.25	1.64	0.118	0.007
C20:5 <i>n-3, eicosapentaenoic</i>	0.95	0.65	0.072	0.030
C22:6 <i>n-3, decosahexaenoic</i>	1.71	1.13	0.109	0.005

423 ¹ Standard error of the means; ² Significant differences at 5% probability ($P \leq 0.05$); ³ No differences between
 424 groups ($P > 0.05$).
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441

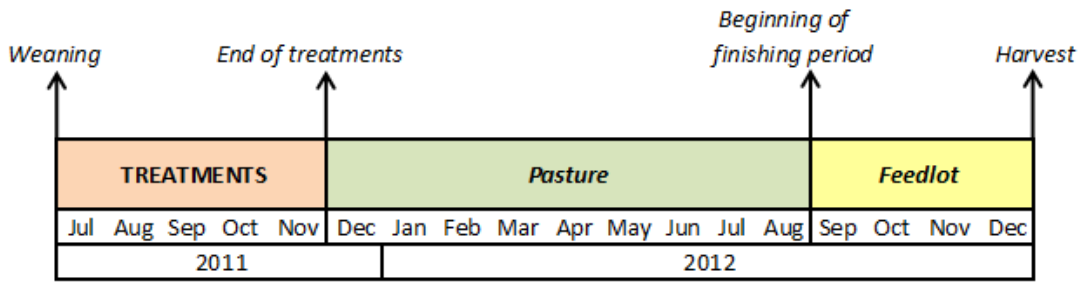
442 Table 2 – Total of saturated, monounsaturated, polyunsaturated, *n*-3 and *n*-6 fatty acids,
 443 PUFA/SFA ratio, *n*-6/*n*-3 ratio and indices of atherogenicity and thrombogenicity of
 444 *longissimus thoracis* muscle of Nellore bulls on pasture or feedlot system

Variables	Stocker phase		SEM ¹	p-value ^{2,3}
	Pasture	Feedlot		
Total fatty acids (%)				
Saturated	42.71	43.95	0.505	0.230
Monounsaturated	43.67	45.65	0.462	0.028
Polyunsaturated	13.62	10.40	0.566	0.002
<i>n</i> -3	3.93	2.78	0.201	0.002
<i>n</i> -6	9.70	7.62	0.398	0.007
Ratios and indices				
PUFA/SFA	0.32	0.24	0.010	0.005
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	2.54	2.84	0.109	0.177
Index of atherogenicity	0.56	0.61	0.010	0.047
Index of thrombogenicity	1.05	1.19	0.033	0.022

¹ Standard error of the means; ² Significant differences at 5% probability ($P \leq 0.05$); ³ No differences between groups ($P > 0.05$).

445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479

480 Figure 1 – Illustrative timeline of experimental management from beginning of stocker phase
 481 until harvest



482

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que cada fase de criação dos bovinos e as diferentes estratégias nutricionais em cada uma dessas fases, tem o potencial de exercer influência de maneiras diferentes nas características da carcaça ou da carne. De modo geral a fase que mais teve influência nos parâmetros de carcaça foi a recria, mostrando que adotar o sistema de confinamento durante esta fase pode ser uma alternativa para obter animais mais pesados ao abate e com melhor desenvolvimento muscular na carcaça. Por outro lado, a carne proveniente de bovinos recriados em pasto quando comparados aos recriados em confinamento, apresenta melhor composição de ácidos graxos, principalmente, devido a maior relação entre ácidos graxos poliinsaturados/saturados e menores índices aterogênicos e trombogênicos.

Desta forma, há um paradoxo entre os sistemas de produção, um favorece os produtores devido a obtenção de carcaças com maior rendimento e desenvolvimento muscular, e o outro favorece os consumidores de carne bovina, devido a obtenção de carne com melhor composição de ácidos graxos. Diante disso, existe a necessidade de pesquisas futuras que avaliem não somente as características de carcaça e carne isoladamente, mas sim pesquisas que avaliem essas características em associação com os custos de produção de cada um desses sistemas. Assim, os produtores de carne bovina, poderão com maior propriedade, decidir qual sistema de produção, pasto ou confinamento, melhor atende as exigências de seus consumidores e nichos de mercados.