



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

THIAGO LUÍS ALVES CAMPOS DE ARAÚJO

**EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO DE CARÇAÇA E DA
RAÇA PATERNA SOBRE O DESEMPENHO, EXPRESSÃO GÊNICA E
QUALIDADE DA CARNE DE NOVILHOS DE CORTE**

FORTALEZA

2020

THIAGO LUÍS ALVES CAMPOS DE ARAÚJO

EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO DE CARCAÇA E DA RAÇA
PATERNA SOBRE O DESEMPENHO, EXPRESSÃO GÊNICA E QUALIDADE DA
CARNE DE NOVILHOS DE CORTE

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará e Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para obtenção de título de Doutor em Zootecnia. Área de Concentração: Nutrição animal.

Orientadora: Dr.^a Elzania Sales Pereira.
Coorientador: Dr. Rodrigo da Costa Gomes.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A692e Araújo, Thiago Luis Alves Campos de.
Efeito do mérito genético para acabamento de carcaça e da raça paterna sobre o desempenho, expressão gênica e qualidade da carne de novilhos de corte / Thiago Luis Alves Campos de Araújo. – 2020.
116 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Elzania Sales Pereira.
Coorientação: Prof. Dr. Rodrigo da Costa Gomes.
1. Aberdeen Angus. 2. Adipogênese. 3. Diferença esperada na progênie. 4. Gordura subcutânea. 5. Nelore. I. Título.

CDD 636.08

THIAGO LUÍS ALVES CAMPOS DE ARAÚJO

EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO DE CARÇAÇA E DA RAÇA
PATERNA SOBRE O DESEMPENHO, EXPRESSÃO GÊNICA E QUALIDADE DA
CARNE DE NOVILHOS DE CORTE

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará e Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para obtenção de título de Doutor em Zootecnia. Área de Concentração: Nutrição animal.

Aprovada em 09/09/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Elzania Sales Pereira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Prof^a. Dr^a. Marina de Nadai Bonin Gomes
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS)

Dr. Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Gado de Corte - MS)

A meus pais (Antônia e Josafá), esposa (Marília) e afilhados (João Davi, Luiz Neto e José Murilo).

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal do Ceará, ao programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (UFC/UFPB) e à Embrapa Gado de Corte pela oportunidade de realizar este projeto de tese e pela possibilidade de conquistar o título de Dr. em Zootecnia.

À Prof.^a Elzania Sales Pereira pela orientação, paciência, dedicação e atenção a mim dispensadas durante toda minha trajetória acadêmica na pós-graduação. Ao Dr. Rodrigo da Costa Gomes pela orientação, pelo exemplo positivo, pela confiança, ensinamentos, atenção e amizade.

Ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto (Processo: 420641/2016-5) e pela concessão da bolsa de auxílio financeiro e a CAPES pela bolsa de auxílio nos meus primeiros meses de curso.

Aos Professores: Marina de Nadai Bonin, Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes, Magno Duarte Cândido e Ariosvaldo Nunes de Medeiros pela participação na banca examinadora.

Aos pesquisadores e demais colaboradores da Embrapa que foram fundamentais para minha formação e para realização deste projeto: Josias de Carvalho, Luiz Orcírio, Oslain, Gelson Feijó, Ériklis Nogueira, Gilberto Menezes, Andrea Egito, André “Splinter”, Fabiane Siqueira.

Aos professores Magno Cândido, Ednardo Freitas, Marina Bonin, Rui Bessa, Socorro Carneiro, Luciano Pinheiro pela dedicação, ensinamentos e atenção.

Ao Sr. Valdo e Grasiela de Souza; Marcos de Moraes e Célio; Sr. Antônio Russo, Sr. Renato e Sr. Valmir, proprietários e administradores das fazendas Primavera/Panorama; São Bento do Abobral e São Miguel da Catequese, pelo desprendimento, receptividade e excepcional contribuição com a execução desta pesquisa. À Connan Nutrição Animal pela colaboração técnica com os projetos e ao Marcio Bonin pela atenção de sempre.

À minha família e de minha esposa pelo apoio incondicional e por compreenderem a minha ausência: Mainha, Painho, Pepel, Josy, Marciele, Luísa, Murilo; Marília, Pereira, Leonês, Mariane, Marina, Victor e Fred.

Aos amigos de todas as horas pelos ensinamentos e companheirismo nesta fase: Andrei, Vinícius, Karla, Jaqueline, Luana, Tereza, Natália, Gustavo, Antônio, Douglas e Ricardo.

Aos companheiros do laboratório de biologia molecular que me ajudaram com os desafios nesta área de conhecimento: Franciele, Isadora, Isabella, Thales, Catherine, Paula e Júlia.

A todos os estagiários e demais estudantes pelo esforço e dedicação: Thiago Pantoja, Tainara, Amanda, Lucas de Paula, Thais, Melissa, Lucas Viveiros, João Lasmar, Cristiane, Luana Polita, Vitor, Carol, Christian, Nickson, André, Jackson, Rafael e Danaila.

A ciência não é uma ilusão. Ilusão seria imaginar que aquilo que a ciência não nos pode dar, podemos conseguir em outro lugar. (Sigmund Freud).

RESUMO

A deposição de gordura subcutânea em novilhos de corte é de grande relevância e o valor genético dos reprodutores pode contribuir para o entendimento e controle eficiente desta característica nos sistemas produtivos de carne bovina. Objetivou-se avaliar os efeitos do mérito genético para acabamento de carcaça (MGA) sobre o desempenho animal, produção e qualidade da carne de novilhos Nelore ou cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore). Os animais foram obtidos pelo acasalamento entre matrizes Nelore com touros Nelore (N) ou Aberdeen Angus (AN). Ambos os grupos genéticos paternos foram selecionados para possuírem diferenças esperadas na progênie (DEP) positivas (+, alto MGA) ou negativas (-, baixo MGA) para acabamento de carcaça (DEP_{acb}). Utilizou-se delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 (alto x baixo MGA) x 2 (N x AN). Três estudos foram conduzidos. No primeiro foram utilizados 76 animais (14 N+, 20 N-, 20 AN+ e 22 AN-) em sistema de recria a pasto e terminação de novilhos não castrados em confinamento. Neste estudo avaliou-se o desempenho, comportamento alimentar em confinamento, expressão gênica no tecido adiposo subcutâneo (TAS) e características de carcaça. Os animais foram abatidos e imediatamente foram coletadas amostras de tecido adiposo subcutâneo (TAS) para estudo da expressão relativa dos genes ACC, ADIPOQ, FASN, PLIN, PPAR γ e SREBP1. As carcaças foram avaliadas quali-quantitativamente. Para o segundo estudo, foram utilizados 172 animais (34 N+, 33 N-, 46 AN+ e 59 AN-) em sistemas de recria e terminação a pasto. Neste estudo, foram avaliados ao final da recria o desempenho e características de carcaça por ultrassonografia e ao abate. No terceiro experimento utilizou-se 214 novilhos (48 N+, 53 N-, 51 AN+ e 62 AN-) e avaliou-se características físico-químicas da carne e suas correlações lineares com a espessura de gordura subcutânea (EGS). Foram analisados o pH, cor, perdas por exsudação e cocção (PCo) e força de cisalhamento (FC) em amostras de carne não maturadas e maturada por 14 dias. Foram determinadas as concentrações de umidade e gordura (GO) da carne. O MGA não influenciou ($P > 0,05$) o desempenho, o comportamento alimentar em confinamento e a expressão relativa dos genes estudados. Animais de alto MGA apresentaram maiores ($P < 0,05$) EGS, escores de acabamento, de conformação e de distribuição de gordura na carcaça em relação aos animais de baixo MGA. A EGS e expressão relativa dos genes ACC, PLIN, PPAR γ foram maiores ($P < 0,05$) no TAS dos animais AN em relação aos N. O MGA não influenciou ($P > 0,05$) as características físico-químicas da carne. As associações entre EGS e pH, a*, PCo e FC foram significativas ($P < 0,05$), no entanto, de baixa magnitude. O MGA permite a obtenção de carcaças com maior grau de acabamento sem influenciar o desempenho, comportamento

alimentar em confinamento, atributos físico-químicos da carne e expressão relativa dos genes estudados.

Palavras chave: Aberdeen Angus. Adipogênese. Diferença esperada na progênie. Gordura subcutânea. Nelore.

ABSTRACT

EFFECT OF GENETIC MERIT FOR FAT THICKNESS AND PATERNAL BREED ON PERFORMANCE, GENE EXPRESSION AND MEAT QUALITY OF BEEF STEERS

Subcutaneous fat deposition in beef cattle is great relevance and the genetic value of breeding breeds can contribute to the understanding and efficient control of this trait in beef production systems. The objective was to evaluate the effects of genetic merit for finishing (GMF) on animal performance, production and meat quality of Nellore or crossbred ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nellore) steers. Animals were obtained by mating Nellore sires with Nellore (N) or Aberdeen Angus (AN) bulls. Both sire genetic groups were selected to have positive (+, high MGA) or negative (-, low GMF) expected progeny differences for backfat thickness (EPDbf). A randomized block design with a factorial arrangement of treatments 2 (high x low GMF) x 2 (N x AN) was employed. Three studies were conducted. In the first, 76 animals (14 N +, 20 N-, 20 AN + and 22 AN-) were used in a pasture growing system and finishing of non-castrated steers in feedlot. In this study, performance, feeding behavior in feedlot, gene expression in subcutaneous adipose tissue (SAT) and carcass characteristics were evaluated. The animals were slaughtered, and SAT samples were collected to study the relative expression of ACC, ADIPOQ, FASN, PLIN, PPAR γ and SREBP1 genes. Carcasses were evaluated qualitatively and quantitatively. The second study, 172 animals (34 N +, 33 N-, 46 AN + and 59 AN-) were used in growing and finishing pasture-based systems. In this study, performance and carcass characteristics were evaluated at the end of growing phase (by ultrasound) and at slaughter. The third experiment, 214 steers (48 N +, 53 N-, 51 AN + and 62 AN-) were used and the physicochemical characteristics of meat and its linear correlations with the subcutaneous fat thickness (SFT) were evaluated. In meat samples prior maturation and matured for 14 days the pH, color (L*, a*, b*) losses by exudation and cooking (CL) and shear force (SF) were analyzed. Meat moisture and intramuscular fat (IMF) concentrations were determined. GMF did not influence ($P < 0.05$) performance, feedlot behavior and the relative expression of the studied genes. High GMF animals showed greater ($P < 0.05$) SFT, finishing scores, conformation scores and fat distribution scores in carcass compared to low MGA steers. The SFT and relative expression of ACC, PLIN, PPAR γ genes were higher ($P < 0.05$) in SAT of AN steers in relation to N. MGA did not influence ($P > 0.05$) the physicochemical and meat composition traits. Associations between SFT and attributes of pH, a *, CL and SF were

significant ($P < 0.05$), however, with low magnitude. The GMF makes possible to obtain steers with finishing degree without influencing performance, feeding behavior and physicochemical meat attributes. The difference in fat deposition on carcass obtained by MGA is not related to the relative expression of studied genes.

Keywords: Aberdeen Angus. Adipogenesis. Expected progeny difference. Genetic value. Nellore. Subcutaneous fat.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Mapa de cor da expressão de genes relacionados a lipogênese no tecido adiposo subcutâneo de novilhos filhos de touros Nelore ou Aberdeen Angus de alto ou baixo mérito genético paterno para acabamento de carcaça..... 48
- Figura 2 – Abundância relativa ($\Delta\Delta Cq$) de genes relacionados a lipogênese no tecido adiposo subcutâneo de novilhos filhos de touros Aberdeen Angus (AN) ou Nelore (N)..... 49

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Critérios utilizados para a escolha dos touros e informações dos touros selecionados para produzir os animais ¹ terminados em confinamento..... | 32 |
| Tabela 2 – Primers dos genes alvo ¹ e referência ² e parâmetros de calibração da PCR para o estudo de expressão de genes relacionados a lipogênese no tecido adiposo subcutâneo..... | 38 |
| Tabela 3 – Médias paternas da diferença esperada na progênie, acurácia e percentil para características de acabamento de carcaça e peso ao sobreano dos animais utilizados na pesquisa..... | 41 |
| Tabela 4 – Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o desempenho de novilhos durante recria a pasto..... | 42 |
| Tabela 5 – Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o desempenho de novilhos na terminação em confinamento..... | 44 |
| Tabela 6 – Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o comportamento alimentar de novilhos em confinamento..... | 45 |
| Tabela 7 – Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre características de carcaça de novilhos..... | 47 |
| Tabela 8 – Critérios utilizados para a escolha dos touros e informações dos touros selecionados para produzir os animais experimentais ¹ | 63 |
| Tabela 9 – Média das diferenças esperadas na progênie, acurácia e percentil para características de acabamento de carcaça e peso ao sobreano dos pais dos animais terminados a pasto..... | 68 |
| Tabela 10 – Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o desempenho de novilhos durante recria a pasto..... | 69 |
| Tabela 11 – Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre características de carcaça de novilhos..... | 71 |
| Tabela 12 – Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre características de carcaça de novilhos..... | 72 |
| Tabela 13 – Efeito da raça paterna e do mérito genético para acabamento de carcaça sobre o marmoreio e cor da carne fresca (24 horas post mortem) e da gordura subcutânea de novilhos de corte..... | 87 |

| | |
|--|----|
| Tabela 14 – Efeito da raça paterna e do mérito genético para acabamento de carcaça sobre a qualidade da carne de novilhos de corte..... | 88 |
| Tabela 15 – Efeito da raça paterna e de classes ¹ de espessura de gordura subcutânea (EGS) sobre o marmoreio e cor da carne (24 horas post mortem) e da gordura subcutânea de novilhos..... | 90 |
| Tabela 16 – Efeito da raça paterna e de classes ¹ de espessura de gordura subcutânea (EGS) sobre a qualidade da carne de novilhos..... | 91 |
| Tabela 17 – Correlações de Pearson entre DEP para acabamento de carcaça, espessura de gordura subcutânea e variáveis de qualidade da carne..... | 92 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL | 16 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 17 |
| 3 | EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO E DA RAÇA PATERNA SOBRE O DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E EXPRESSÃO GÊNICA NO TECIDO ADIPOSEO SUBCUTÂNEO DE NOVILHOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO | 28 |
| 3.1 | Introdução | 30 |
| 3.2 | Material e métodos | 31 |
| 3.2.1 | <i>Animais experimentais e tratamentos</i> | 31 |
| 3.2.2 | <i>Fase de recria</i> | 33 |
| 3.2.3 | <i>Fase de terminação</i> | 34 |
| 3.2.4 | <i>Abate, avaliação de carcaça e colheita de amostras</i> | 35 |
| 3.2.5 | <i>Expressão de genes adipogênicos no tecido adiposo subcutâneo</i> | 36 |
| 3.2.6 | <i>Análise estatística</i> | 39 |
| 3.3 | Resultados | 40 |
| 3.3.1 | <i>Desempenho e comportamento alimentar</i> | 40 |
| 3.3.2 | <i>Características de carcaça</i> | 46 |
| 3.3.3 | <i>Expressão de genes adipogênicos no tecido adiposo subcutâneo</i> | 46 |
| 3.4 | Discussão | 49 |
| 3.4.1 | <i>Desempenho e comportamento alimentar</i> | 49 |
| 3.4.2 | <i>Características de carcaça</i> | 51 |
| 3.4.3 | <i>Expressão de genes adipogênicos no tecido adiposo subcutâneo</i> | 52 |
| 3.5 | Conclusão | 54 |
| 4 | EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO E DA RAÇA PATERNA SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE NOVILHOS TERMINADOS A PASTO | 59 |
| 4.1 | Introdução | 61 |
| 4.2 | Material e métodos | 62 |
| 4.2.1 | <i>Animais experimentais e tratamentos</i> | 62 |
| 4.2.2 | <i>Fase de recria</i> | 64 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.2.3 | <i>Fase de terminação</i> | 65 |
| 4.2.4 | <i>Abate e avaliação de carcaça</i> | 65 |
| 4.2.5 | <i>Análise estatística</i> | 66 |
| 4.3 | Resultados | 67 |
| 4.3.1 | <i>Desempenho</i> | 67 |
| 4.3.2 | <i>Características de carcaça</i> | 70 |
| 4.4 | Discussão | 73 |
| 4.4.1 | <i>Desempenho</i> | 73 |
| 4.4.2 | <i>Características de carcaça ao abate</i> | 74 |
| 4.5 | Conclusão | 75 |
| 5 | EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO DE CARCAÇA SOBRE A QUALIDADE DA CARNE DE NOVILHOS DE CORTE | 78 |
| 5.1 | Introdução | 80 |
| 5.2 | Material e métodos | 81 |
| 5.2.1 | <i>Animais experimentais e tratamentos</i> | 81 |
| 5.2.2 | <i>Fases de recria e terminação</i> | 82 |
| 5.2.3 | <i>Abate e avaliações 24 h post-mortem</i> | 82 |
| 5.2.4 | <i>Análises de qualidade da carne</i> | 83 |
| 5.2.5 | <i>Análise estatística</i> | 84 |
| 5.3 | Resultados | 85 |
| 5.3.1 | <i>Efeito do MGA e raça paterna</i> | 85 |
| 5.3.2 | <i>Efeito de classes de Espessura de Gordura Subcutânea</i> | 89 |
| 5.3.3 | <i>Associações entre DEP de acabamento, EGS e qualidade da carne</i> | 89 |
| 5.4 | Discussão | 93 |
| 5.4.1 | <i>Efeito do MGA e raça paterna</i> | 93 |
| 5.4.2 | <i>Efeito de classes de Espessura de Gordura Subcutânea</i> | 94 |
| 5.4.3 | <i>Associações entre DEP de acabamento, EGS e qualidade da carne</i> | 95 |
| 5.5 | Conclusão | 96 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES | 100 |
| | REFERÊNCIAS | 101 |
| | ANEXO A – NÍVEIS DE GARANTIA DO SUPLEMENTO PROTEICO-ENERGÉTICO UTILIZADO DURANTE A RECRIA DOS ANIMAIS | 112 |

| | |
|---|------------|
| ANEXO B – CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E VALOR NUTRICIONAL DAS FORRAGEIRAS DURANTE A RECRIA REFERENTE AO CAPÍTULO I | 113 |
| ANEXO C – FORMULAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA RAÇÃO DOS ANIMAIS DURANTE O CONFINAMENTO | 114 |
| ANEXO D – CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO EM PASTEJO DURANTE A RECRIA E TERMINAÇÃO REFERENTE AO CAPÍTULO II | 115 |
| ANEXO E – NÍVEIS DE GARANTIA DO NÚCLEO DE TERMINAÇÃO INTENSIVA A PASTO | 116 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

Por estarem em ambiente tropical, os bovinos criados no Brasil são predominantemente zebuínos, com destaque para a raça Nelore que tem sido importante recurso genético amplamente utilizado no país. Por não haver uma raça com destaque em todos os aspectos produtivos, busca-se nas diversidades genéticas, combinações de genótipos que atendam aos objetivos produtivos (CALEGARE *et al.*, 2009). Contudo, a genética pode permitir um controle adicional aos objetivos produtivos por meio do mérito genético dos reprodutores.

O melhoramento genético das raças bovinas tem evoluído e gerado informações cada vez mais precisas do mérito genético por meio das diferenças esperadas na progênie (DEP). Estas informações, além de permitirem a correção de deficiências no rebanho, pode possibilitar a obtenção de progênies com características produtivas superiores (BUCKLEY *et al.*, 2000; KENNEDY *et al.*, 2003; FERRAZ *et al.*, 2018a). O acabamento de carcaça, expresso pela espessura de gordura subcutânea, é uma das características de importância econômica de destaque na produção de bovinos em regiões tropicais (LUCHIARI FILHO, 2000). Essa importância se acentua quando combinados genótipos *Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*, o que pode elevar o peso a maturidade, tornando a deposição de gordura na carcaça mais tardia (MOREIRA *et al.*, 2003).

Faz-se necessário compreender sobre como o mérito genético de características como acabamento de carcaça pode ser expresso em algumas realidades produtivas, quais mecanismos genéticos estão envolvidos, e quais são os reflexos sobre as demais características. Deste modo, objetivou-se avaliar o efeito do mérito genético para acabamento de carcaça sobre o desempenho, expressão gênica, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore).

O presente trabalho de tese conta com três capítulos onde foram abordados: os efeitos do mérito genético para acabamento e da raça paterna sobre o desempenho, características de carcaça e expressão gênica no tecido adiposo subcutâneo de novilhos terminados em confinamento; os efeitos do mérito genético para acabamento e da raça paterna sobre o desempenho e características de carcaça de novilhos terminados a pasto; e os efeitos do mérito genético para acabamento de carcaça e da raça paterna sobre a qualidade da carne de novilhos de corte.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A pecuária de corte tem um importante papel diante dos anseios da sociedade e é indiscutível a contribuição deste setor para a economia e produção de alimentos. O Brasil ocupa posição de destaque neste seguimento, mesmo com índices produtivos relativamente baixos. Isso gera um quadro oportuno para aumentar ainda mais a produtividade sem necessariamente aumentar a utilização dos recursos naturais, e isso requer eficiência no controle dos fatores de produção.

No Brasil, bem como na maioria dos países tropicais, a pecuária de corte é desenvolvida principalmente a pasto (GOMES *et al.*, 2015). Estes sistemas consistem de um ecossistema complexo com diversas variáveis envolvidas tais como: clima, solo, planta e animal (MORETTI *et al.*, 2013). Mesmo parecendo um cenário sazonal e desafiador, diversos recursos podem ser utilizados para controlar o ambiente de modo a permitir a expressão do potencial produtivo dos animais (POPPI *et al.*, 2018). A suplementação em função das variações do teor proteico das gramíneas, por exemplo, pode melhorar a eficiência de utilização do nitrogênio e o desempenho dos animais em pastejo (DETMANN *et al.*, 2014). Tais estratégias têm possibilitado a intensificação da produção de carne em sistemas conduzidos exclusivamente a pasto.

Devido à demanda crescente pela produção de animais jovens, pesados e com bom acabamento, a utilização de confinamento também se faz oportuna, principalmente para a fase de terminação. No Brasil, a maior parte dos animais criados em confinamento é composta por novilhos que passam um período curto de tempo em terminação (OLIVEIRA; MILLEN, 2014). Esse sistema intensifica a produtividade e antecipa o ponto de abate dos animais por meio do maior controle do ambiente e da nutrição, que eleva as taxas de deposição de tecidos corporais aumentando o ganho de peso dos animais. No entanto, esta estratégia requer níveis elevados de investimentos em infraestrutura, insumos e mão de obra especializada (MILLEN *et al.*, 2009).

Além dos fatores ambientais dos sistemas de produção, diversos fatores inerentes aos animais são considerados no controle das características produtivas. As categorias sexuais, por exemplo, permitem a obtenção de animais com características produtivas diferentes (TANNER *et al.*, 1970; GLIMP *et al.*, 1971; MARCONDES *et al.*, 2008). Machos não castrados ganham peso a um taxa mais elevada, seguidos por animais castrados e fêmeas, e as características quantitativas e qualitativas como acabamento de carcaça são distintas entre estes animais

(MARCONDES *et al.*, 2008). A taxa de deposição de proteína corporal é fortemente influenciada pela classe sexual (PAULINO *et al.*, 2009), ação atribuída a redução da degradação proteica no músculo de animais sob efeito da testosterona (LOBLEY *et al.*, 1990; MORGAN *et al.*, 1993). Neste contexto, machos não castrados têm sido utilizados principalmente em produções mais intensivas, enquanto fêmeas e animais castrados são recomendados para sistemas produtivos menos intensificados, produzindo carcaças mais leves, entretanto, com grau de acabamento desejável.

O genótipo é um dos fatores inerentes aos animais com grande destaque no controle da produtividade e a base genética predominante em ambientes tropicais consiste em animais zebuínos com destaque para a raça Nelore. Isso fez surgir a utilização de sistemas de cruzamentos com raças taurinas e zebuínas com objetivo de aumentar a produtividade por meio da heterose e complementariedade entre as raças, aliando desempenho a adaptabilidade (CALEGARE *et al.*, 2009; NEVES *et al.*, 2018; FAVERO *et al.*, 2019). Neste sentido, a raça Aberdeen Angus tem sido um recurso amplamente utilizado com resultados expressivos sobre desempenho e qualidade da carne em sistemas tecnificados (LEMA *et al.*, 2011; BERTOLI *et al.*, 2015; BARCELLOS *et al.*, 2017). No entanto, a genética pode permitir um controle adicional aos objetivos produtivos por meio do mérito genético dos reprodutores.

O melhoramento genético das raças bovinas tem evoluído e gerado informações cada vez mais precisas do mérito genético dos reprodutores por meio das diferenças esperadas na progênie (DEP). As DEPs são índices relativos que expressam a diferença no desempenho entre animais contemporâneos para uma característica de interesse produtivo. Para a estimativa das DEPs são realizadas avaliações genéticas das progênies de um reprodutor. Os testes de progênies fornecem os dados para a predição e naturalmente, quanto maior o número de filhos e parentes avaliados, maior será a acurácia da estimativa. Para predição das DEPs são aplicados modelos mistos considerando desempenhos individuais dos touros, de seus filhos e parentes, fazendo ajustes para efeitos ambientais identificáveis (MARTINS, 2013). As DEPs também podem ser estimadas por informações genômicas, e os avanços e popularização das biotecnologias moleculares têm permitido melhores estimativas e maior progresso genético na bovinocultura de corte (MENEZES *et al.*, 2013).

As informações obtidas com as DEPs são amplamente utilizadas e difundidas por programas de melhoramento e sistemas de produção especializados em seleção. Nada impede que o mérito genético dos reprodutores tenha aplicação direta na cadeia produtiva com objetivos direcionados a produção de progênies com características divergentes. No entanto, é importante

avaliar a magnitude destas variações nos fenótipos, as interações com o contexto produtivo e os mecanismos que permitem controlar estas modificações.

Alguns estudos relataram a obtenção de bovinos com características produtivas superiores obtidas pelo valor genético paterno (BUCKLEY *et al.*, 2000; KENNEDY *et al.*, 2003; FERRAZ *et al.*, 2018a). Kennedy *et al.* (2003) observaram produção de leite diferencial entre animais de alto e médio mérito genético (MG) para produção de leite, e que esta variação foi acompanhada de efeitos sobre o consumo de pasto e de composição do leite. Ferraz *et al.* (2018) relataram que novilhas Nelore com alto MG para idade ao primeiro parto atingiram a puberdade aos 18 meses de idade, enquanto as de baixo MG mantiveram o índice em 24 meses. Estes autores também relataram variações nas concentrações séricas de Leptina e IGF1. Tais resultados demonstram que o mérito genético é um importante meio de controlar as características produtivas e que os complexos eventos fisiológicos envolvidos podem ter reflexos positivos ou negativos em outras características.

A deposição de gordura é de extrema relevância para a produção de bovinos de corte. Estudos clássicos demonstraram ampla variação em quantidade e distribuição de gordura nas carcaças bovinas (SAINZ; DE LA TORRE; OLTJEN, 1995), variando de 2 a 50% da composição no corpo vazio do animal (LUCHIARI FILHO, 2000). Foi evidenciada também a suscetibilidade deste tecido a fatores genéticos, sexuais, nutricionais e de maturidade (ZEMBAYASHI *et al.*, 1995; MALAU-ADULI *et al.*, 1997; SPRINKLE *et al.*, 1998).

Além da função primordial de reserva energética, o tecido adiposo possui importante função endócrina. Células adiposas atuam na regulação da ingestão de alimentos e homeostase energética por meio da secreção de leptina, além da secreção de adipocitocinas como adiponectina, fator de necrose tumoral α (TNF - α) e interleucina - 6 (IL - 6) (HOTAMISLIGIL; SHARGILL; SPIEGELMAN, 1993; SCHERER *et al.*, 1995; ROH *et al.*, 2006).

A presença de gordura subcutânea na carcaça costuma ser relacionada a qualidade da carcaça e da carne, principalmente devido a sua ação termo isolante que previne efeitos danosos causados pelo resfriamento (DOLEZAL *et al.*, 1982; KOOHMARAIE; DOUMIT; WHEELER, 1996). Devido a sua relevância, a gordura de cobertura passou a ser importante critério de classificação de carcaça e de seleção genética, sendo representada principalmente pela espessura de gordura subcutânea.

A busca por produzir carcaças com maior acabamento fez surgir inconvenientes como a redução do rendimento comercial em virtude da necessidade de se retirar excessos de gordura da carcaça (LAWRIE, 2005). Adicionalmente, a hipertrofia do tecido adiposo, apesar de mais eficiente (OWENS *et al.*, 1995), possui elevado custo energético em relação aos demais tecidos

(OWENS; DUBESKI; HANSON, 1993). Isso contribui para aumentar a exigência de energia líquida de ganho dos animais (MARCONDES *et al.*, 2016), reduzindo sua eficiência alimentar, podendo acarretar em redução da eficiência produtiva do sistema. Portanto, pode-se inferir que a produtividade e remuneração em bovinocultura de corte é fortemente impactada pela musculabilidade, bem como pela proporção equilibrada de gordura na carcaça (LUCHIARI FILHO, 2000). A formação destas características na carcaça é resultado dos processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento do animal.

O crescimento e o desenvolvimento dos bovinos contempla eventos biológicos complexos que podem ser influenciados por fatores genéticos herdados dos pais, e epigenéticos pela interação com o ambiente (REDMER; WALLACE; REYNOLDS, 2004; GOOTWINE, 2005). Estes eventos são iniciados ainda na fase fetal, onde o terço inicial da gestação marca a ocorrência de eventos críticos ao desenvolvimento como estabelecimento da circulação funcional do sistema útero-placenta-feto, da organogênese e miogênese (DU *et al.*, 2010). Esta fase é essencial para o desenvolvimento dos tecidos muscular e adiposo e conseqüentemente para a qualidade da carcaça na progênie (WU *et al.*, 2006).

Durante o desenvolvimento embrionário um mesmo pool de células tronco origina miócitos, adipócitos e fibroblastos. No início da embriogênese, células multipotentes mesenquimais se diferenciam em linhagens progenitoras miogênicas (SWATLAND, 1973) e progenitoras fibro-adipogênicas (JOE *et al.*, 2010; UEZUMI *et al.*, 2010; DU *et al.*, 2015). As células progenitoras miogênicas desenvolvem-se em fibras musculares, células satélites e adipócitos marrons, enquanto as células progenitoras fibro-adipogênicas desenvolvem-se em fibroblastos, adipócitos, células progenitoras residentes e adipócitos bege (DU *et al.*, 2015).

A formação das fibras musculares (miogênese), dos adipócitos (adipogênese) e dos fibroblastos (fibrogênese) iniciam-se durante a gestação (DU *et al.*, 2013) e após o nascimento a hiperplasia de miócito e fibroblastos reduzem consideravelmente (KARUNARATNE; ASHTON; STICKLAND, 2005). O crescimento muscular passa a ocorrer por hipertrofia das células musculares já existentes, por intermédio das células satélites (DU *et al.*, 2010). As células satélites são mioblastos indiferenciados que permanecem quiescentes no sarcolema (CHARGÉ; RUDNICKI, 2004). Ao serem estimuladas, as células satélites proliferam-se e fundem-se com a fibra muscular pré-existente, os núcleos derivados destas células começam a sintetizar proteínas, aumentando o volume muscular por meio da formação de novos sarcômeros (STICKLAND, 1978).

O aumento no número de adipócitos intramusculares e subcutâneos ocorre inicialmente por intermédio de células progenitoras (GREENWOOD *et al.*, 2000). Os

progenitores de adipócitos são derivados do mesoderma lateral e possuem origem endotelial (DU *et al.*, 2015). Como mencionado anteriormente, estas células progenitoras também formam fibroblastos e por isso, são denominadas progenitoras fibro-adipogênicas (FAPs) (JOE *et al.*, 2010; UEZUMI *et al.*, 2010, 2011). Durante a gestação, são formados precursores derivados do mesoderma, com capacidade de se diferenciar em células de linhagem endotelial e mesenquimal, que se desenvolvem posteriormente em FAPs (DU *et al.*, 2015). O desenvolvimento de adipócitos fetais inicia-se, de fato, com a formação de vasos capilares nos espaços entre os tecidos mesenquimais (HAUSMAN; DODSON, 2013). Após o nascimento, uma porção de FAPs permanece na fração vascular estromal do tecido adiposo, que se torna a fonte de pré-adipócitos e adipócitos durante o desenvolvimento adulto do tecido adiposo (HUANG *et al.*, 2012; DU *et al.*, 2013).

Nos ruminantes recém concebidos, a região visceral é a primeira a apresentar a diferenciação para adipócitos (ROBELIN, 1981). Os depósitos intermusculares e subcutâneos iniciam simultaneamente o seu crescimento e este evento ocorre na metade da gestação (HOOD; ALLEN, 1973). Este evento ocorre com picos adipogênicos próximos ao nascimento e declina gradualmente na sequência pela diminuição das células multipotentes (DU *et al.*, 2010). Estima-se que ao final da gestação, a região intramuscular da progênie apresenta as primeiras células de gordura (DU *et al.*, 2013). Por conta da redução no número de células multipotentes por volta dos 250 dias de idade, acredita-se que os eventos de hiperplasia dos adipócitos reduz consideravelmente (DU *et al.*, 2010). Após este período até a fase de terminação o aumento da adiposidade ocorre pela maturação dos pré-adipócitos existentes.

A adipogênese divide-se em dois estágios: o de comprometimento adipogênico e o de diferenciação adipogênica, onde os pré-adipócitos adquirem características maduras preenchendo-se com lipídios (DU *et al.*, 2013). As fases de comprometimento e maturação de adipócitos são reguladas por Zfp423 e pelo receptor ativado proliferador de peroxissoma γ (PPAR γ), respectivamente (FARMER, 2006; ROSEN; MACDOUGALD, 2006; GUPTA *et al.*, 2010, 2012). Outros fatores de transcrição e genes codificadores de proteínas relacionadas ao metabolismo lipídico e energético são estudados como candidatos a atuarem sobre a fase de maturação de adipócitos em bovinos de corte. Como exemplo, temos: acetyl-coA carboxylase (ACC), ácido graxo sintase (FASN), proteínas de ligação do elemento regulador do esterol 1 (SREBP-1), stearoyl-coa dessaturase (SCD 1 a 5), carnitina palmitoiltransferase 1A (CPT1A), leptina (LEP), perilipina (PLIN 1 a 5) e adiponectina (ADIPOQ) (TANIGUCHI *et al.*, 2008; HOSSEINI; SAUERWEIN; MIELENZ, 2010; OHTANI *et al.*, 2011; SADRI *et al.*, 2011; SAREMI *et al.*, 2012).

Além dos efeitos genéticos no próprio tecido adiposo, existem evidências que o genoma envolvido no metabolismo muscular pode relacionar-se ao controle da adiposidade intramuscular e da carcaça (HAUSMAN *et al.*, 2014; LOUVEAU *et al.*, 2016). Bazile *et al.* (2019) propuseram que a abundância de 11 proteínas (ACTA1, CRYAB, CYCS, GSTM1, OLA1, PSME1, SAR1B, SDHA, ENO3, TPI1 e NDUFS1) musculares são marcadores moleculares confiáveis para indicar a adiposidade diferencial em bovinos. Os autores atribuíram relação entre a maior deposição de gordura na carcaça com a menor atividade metabólica nas vias glicolíticas e de contração rápida, e com maior atividade do metabolismo oxidativo muscular.

Os tecidos adiposos, especialmente subcutâneo e intramuscular, são importantes para bovinos de corte sob o ponto de vista produtivo (LUCHIARI FILHO, 2000). A gordura subcutânea determina o grau de acabamento das carcaças bovinas e está relacionada à manutenção da qualidade da carne (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2013). A presença de uma camada de gordura sobre as carcaças as previne da redução brusca de temperatura durante o resfriamento, evitando o enrijecimento e escurecimento da carne (DOLEZAL *et al.*, 1982; KOOHMARAIE; DOUMIT; WHEELER, 1996).

A gordura intramuscular determina o grau de marmoreio e é medido por meio do número e tamanho de adipócitos depositados entre as fibras musculares. O marmoreio está relacionado ao conteúdo de gordura do músculo e pode contribuir com sabor e suculência da carne, aumentando sua palatabilidade (ALBRECHT *et al.*, 2006; DU *et al.*, 2015). Esta característica é fortemente influenciada por fatores genéticos e nutricionais (MAY *et al.*, 1995; HOCQUETTE *et al.*, 2010; PICKWORTH *et al.*, 2011).

A fase de terminação é o marco final onde é necessário saber o momento que os animais atingem o estágio adequado de desenvolvimento muscular, com deposição equilibrada e bem distribuída de gordura na carcaça (acabamento). Com isso, reforçamos que há um complexo sistema biológico em torno do crescimento e desenvolvimento dos bovinos. Os fatores que levam a modulação destas características podem atuar de diversas formas e suas magnitudes e consequências devem ser elucidadas. O conhecimento sobre estes fatores nos diversos sistemas de produção deve permitir um controle mais eficiente da produção de carcaça e carne bovina em condições tropicais.

Referências

- ALBRECHT, E. *et al.* Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. **Journal of animal science**, v. 84, n. 5, p. 1067–75, maio 2006.
- BARCELLOS, V. C. *et al.* Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nellore steers and crossbred Angus vs. Nellore bulls. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 4, p. 437, 22 set. 2017.
- BAZILE, J. *et al.* Pathways and biomarkers of marbling and carcass fat deposition in bovine revealed by a combination of gel-based and gel-free proteomic analyses. **Meat Science**, v. 156, n. May, p. 146–155, 2019.
- BERTOLI, C. D. *et al.* Modeling breed additive and non-additive genetic effects using a Angus x Nellore crossbred population. **Livestock Science**, v. 176, n. 2015, p. 1–13, jun. 2015.
- BUCKLEY, F. *et al.* The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. **Livestock Production Science**, v. 64, n. 2–3, p. 107–119, jun. 2000.
- CALEGARE, L. *et al.* Prewaning performance and body composition of calves from straightbred Nellore and Bos taurus × Nellore crosses1. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 5, p. 1814–1820, 1 maio 2009.
- CHARGÉ, S. B. P.; RUDNICKI, M. A. Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. **Physiological reviews**, v. 84, n. 1, p. 209–38, jan. 2004.
- DETMANN, E. *et al.* An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v. 162, n. 1, p. 141–153, 2014.
- DOLEZAL, H. G. *et al.* Comparison of Subcutaneous Fat Thickness , Marbling and Quality Grade for Predicting Palatability of Beef. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 397–401, 1982.
- DU, M. *et al.* Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals1. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. suppl_13, p. E51–E60, 1 abr. 2010.
- DU, M. *et al.* MEAT SCIENCE AND MUSCLE BIOLOGY SYMPOSIUM: Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 1419–1427, 1 mar. 2013.
- DU, M. *et al.* Fetal programming in meat production. **Meat Science**, v. 109, n. 21, p. 40–47, 1 nov. 2015.
- FARMER, S. R. Transcriptional control of adipocyte formation. **Cell Metabolism**, v. 4, n. 4, p. 263–273, out. 2006.
- FAVERO, R. *et al.* Crossbreeding applied to systems of beef cattle production to improve performance traits and carcass quality. **Animal**, v. 13, n. 11, p. 2679–2686, 2019.
- FERRAZ, M. V. C. *et al.* A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **animal**, v. 12, n. 3, p. 569–574, 23 mar. 2018.

- GLIMP, H. A. *et al.* Effect of Sex Condition on Growth and Carcass Traits of Male Hereford and Angus Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 33, n. 6, p. 1242–1247, 1 dez. 1971.
- GOMES, R. da C. *et al.* Estratégias nutricionais para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. In: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. DA C.; BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2015. p. 121–139.
- GOMIDE, L. de M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e qualidade da carne: fundamentos**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2013.
- GOOTWINE, E. Variability in the rate of decline in birth weight as litter size increases in sheep. **Animal Science**, v. 81, n. 03, 9 dez. 2005.
- GREENWOOD, P. L. *et al.* Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: II. Skeletal muscle growth and development. **Journal of animal science**, v. 78, n. 1, p. 50–61, jan. 2000.
- GUPTA, R. K. *et al.* Transcriptional control of preadipocyte determination by Zfp423. **Nature**, v. 464, n. 7288, p. 619–623, 3 mar. 2010.
- GUPTA, R. K. *et al.* Zfp423 Expression Identifies Committed Preadipocytes and Localizes to Adipose Endothelial and Perivascular Cells. **Cell Metabolism**, v. 15, n. 2, p. 230–239, fev. 2012.
- HAUSMAN, G. J. *et al.* Preadipocyte and Adipose Tissue Differentiation in Meat Animals: Influence of Species and Anatomical Location. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 2, n. 1, p. 323–351, fev. 2014.
- HAUSMAN, G. J.; DODSON, M. V. Stromal Vascular Cells and Adipogenesis: Cells within Adipose Depots Regulate Adipogenesis. **Journal of Genomics**, v. 1, p. 56–66, 2013.
- HOCQUETTE, J. F. *et al.* Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. **animal**, v. 4, n. 02, p. 303–319, 23 fev. 2010.
- HOOD, R. L.; ALLEN, C. E. Cellularity of bovine adipose tissue. **Journal of lipid research**, v. 14, n. 6, p. 605–610, 1973.
- HOSSEINI, A.; SAUERWEIN, H.; MIELENZ, M. Putative reference genes for gene expression studies in propionate and β -hydroxybutyrate treated bovine adipose tissue explants. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, n. 5, 2010.
- HOTAMISLIGIL, G.; SHARGILL, N.; SPIEGELMAN, B. Adipose expression of tumor necrosis factor- α : direct role in obesity-linked insulin resistance. **Science**, v. 259, n. 5091, p. 87–91, 1 jan. 1993.
- HUANG, Y. *et al.* Zfp423 Promotes Adipogenic Differentiation of Bovine Stromal Vascular Cells. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, p. e47496, 10 out. 2012.
- JOE, A. W. B. *et al.* Muscle injury activates resident fibro/adipogenic progenitors that facilitate myogenesis. **Nature Cell Biology**, v. 12, n. 2, p. 153–163, 17 fev. 2010.
- KARUNARATNE, J. F.; ASHTON, C. J.; STICKLAND, N. C. Fetal programming of fat and

collagen in porcine skeletal muscles. **Journal of Anatomy**, v. 207, n. 6, p. 763–768, dez. 2005.

KENNEDY, J. *et al.* Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 2, p. 610–621, 2003.

KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M. E.; WHEELER, T. L. Meat Toughening Does Not Occur When Rigor Shortening Is Prevented. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 12, p. 2935–2942, 1996.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre, RS, Brasil: Artmed, 2005.

LEMA, O. M. *et al.* Pre-weaning performance of Hereford, Angus, Salers and Nellore crossbred calves: Individual and maternal additive and non-additive effects. **Livestock Science**, v. 142, n. 1–3, p. 288–297, 2011.

LOBLEY, G. E. *et al.* Muscle protein synthesis in response to testosterone administration in wether lambs. **British Journal of Nutrition**, v. 64, n. 3, p. 691–704, 9 nov. 1990.

LOUVEAU, I. *et al.* Invited review: Pre- and postnatal adipose tissue development in farm animals: From stem cells to adipocyte physiology. **Animal**, v. 10, n. 11, p. 1839–1847, 2016.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1. ed. São Paulo: R Vieira Gráfica e Editora, 2000.

MALAU-ADULI, A. E. O. *et al.* A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 48, n. 5, p. 715, 1997.

MARCONDES, M. I. *et al.* Performance of animals fed individually or in groups and carcass traits of Nellore cattle from three sexual classes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2243–2250, dez. 2008.

MARCONDES, M. I. *et al.* Using growth and body composition to determine weight at maturity in Nellore cattle. **Animal Production Science**, v. 56, n. 7, p. 1121, 2016.

MARTINS, E. N. Avaliação genética: dos dados às DEPs. In: ROSA, A. DO N. *et al.* (Ed.). **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 130–148.

MAY, S. G. *et al.* Lipogenic activity of intramuscular and subcutaneous adipose tissues from steers produced by different generations of angus sires. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 5, p. 1310–1317, 1 maio 1995.

MENEZES, G. R. de O. *et al.* Genômica Aplicada ao Melhoramento Genético de Gado de Corte. In: ROSA, A. DO N. *et al.* (Ed.). **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 214–225.

MILLEN, D. D. *et al.* A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 10, p. 3427–3439, 1 out. 2009.

MOREIRA, F. B. *et al.* Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition

of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 609–616, dez. 2003.

MORETTI, M. H. *et al.* Performance of Nellore young bulls on Marandu grass pasture with protein supplementation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 6, p. 438–446, jun. 2013.

MORGAN, J. B. *et al.* Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 2, p. 408–414, 1 fev. 1993.

NEVES, D. S. B. *et al.* Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 7, p. 1411–1416, 2018.

OHTANI, Y. *et al.* Gene expression and hormonal regulation of adiponectin and its receptors in bovine mammary gland and mammary epithelial cells. **Animal Science Journal**, v. 82, n. 1, p. 99–106, 2011.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64–75, nov. 2014.

OWENS, F. N. *et al.* Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 3152, 1995.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of animal science**, v. 71, n. 11, p. 3138–3150, 1993.

PAULINO, P. V. R. *et al.* Body tissue and chemical component deposition in Nellore bulls, steers and heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2516–2524, dez. 2009.

PICKWORTH, C. L. *et al.* Adipogenic differentiation state-specific gene expression as related to bovine carcass adiposity. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 2, p. 355–366, 2011.

POPPI, D. P. *et al.* Challenges of beef cattle production from tropical pastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.

REDMER, D. A.; WALLACE, J. M.; REYNOLDS, L. P. Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 27, n. 3, p. 199–217, out. 2004.

ROBELIN, J. Cellularity of bovine adipose tissues: developmental changes from 15 to 65 percent mature weight. **Journal of lipid research**, v. 22, n. 3, p. 452–7, mar. 1981.

ROH, S.-G. *et al.* Control of adipogenesis in ruminants. **Animal Science Journal**, v. 77, n. 5, p. 472–477, out. 2006.

ROSEN, E. D.; MACDOUGALD, O. A. Adipocyte differentiation from the inside out. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 7, n. 12, p. 885–896, 1 dez. 2006.

SADRI, H. *et al.* Plasma leptin and mRNA expression of lipogenesis and lipolysis-related factors in bovine adipose tissue around parturition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 95, n. 6, p. 790–797, 2011.

SAINZ, R. D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J. W. Compensatory Growth and Carcass

Quality in Growth-Restricted and Refed Beef Steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2971–2979, 1995.

SAREMI, B. *et al.* Technical note: Identification of reference genes for gene expression studies in different bovine tissues focusing on different fat depots. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 3131–3138, jun. 2012.

SCHERER, P. E. *et al.* A novel serum protein similar to C1q, produced exclusively in adipocytes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 270, n. 45, p. 26746–26749, 1995.

SPRINKLE, J. E. *et al.* Adipose Tissue Partitioning of Limit-Fed Beef Cattle and Beef Cattle with Ad Libitum Access to Feed Differing in Adaptation to Heat. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 665–673, 1998.

STICKLAND, N. C. A Quantitative Study of Muscle Development in the Bovine Foetus (*Bos indicus*). **Anatomia, Histologia, Embryologia: Journal of Veterinary Medicine Series C**, v. 7, n. 3, p. 193–205, set. 1978.

SWATLAND, H. J. Muscle Growth in the Fetal and Neonatal Pig. **Journal of Animal Science**, v. 37, n. 2, p. 536–545, 1 ago. 1973.

TANIGUCHI, M. *et al.* Adipogenesis of bovine perimuscular preadipocytes. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 366, n. 1, p. 54–59, 2008.

TANNER, J. E. *et al.* Sire × Sex Interactions and Sex Differences in Growth and Carcass Traits of Angus Bulls, Steers and Heifers. **Journal of Animal Science**, v. 31, n. 6, p. 1058–1064, 1 dez. 1970.

UEZUMI, A. *et al.* Mesenchymal progenitors distinct from satellite cells contribute to ectopic fat cell formation in skeletal muscle. **Nature Cell Biology**, v. 12, n. 2, p. 143–152, 17 fev. 2010.

UEZUMI, A. *et al.* Fibrosis and adipogenesis originate from a common mesenchymal progenitor in skeletal muscle. **Journal of Cell Science**, v. 124, n. 21, p. 3654–3664, 1 nov. 2011.

WU, G. *et al.* BOARD-INVITED REVIEW: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences1. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 9, p. 2316–2337, 1 set. 2006.

ZEMBAYASHI, M. *et al.* Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 11, p. 3325–3332, 1 nov. 1995.

3 EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO E DA RAÇA PATERNA SOBRE O DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E EXPRESSÃO GÊNICA NO TECIDO ADIPOSEO SUBCUTÂNEO DE NOVILHOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos do mérito genético para acabamento de carcaça (MGA) sobre o desempenho animal, características de carcaça e expressão gênica no tecido adiposo subcutâneo (TAS) de novilhos Nelore (N) ou cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore, AN) terminados em confinamento. Os animais foram obtidos pelo acasalamento entre matrizes Nelore com touros Nelore (N) ou Aberdeen Angus (AN). Ambos os grupos genéticos paternos foram selecionados para possuírem diferenças esperadas na progênie (DEPacb) positivas (+, alto MGA) ou negativas (-, baixo MGA) para acabamento de carcaça. Foram utilizados setenta e seis animais (14 N+, 20 N-, 20 AN+ e 22 AN-) recriados a pasto e terminados em confinamento. Durante a recria foram avaliados peso corporal (PC) ao desmame, PC ao sobreano, PC final, ganho de peso médio diário (GMD), altura de garupa e escore de estrutura corporal. Na terminação em confinamento foram avaliados GMD, consumo de matéria seca (CMS), eficiência alimentar bruta, conversão alimentar, consumo alimentar residual, PC ao abate e comportamento alimentar. Os animais foram abatidos, e imediatamente coletadas amostras de tecido adiposo subcutâneo (TAS) na região do lombo posterior esquerdo para estudo da expressão relativa dos genes Acetyl-CoA carboxylase (ACC), Adiponectina (ADIPOQ), Ácido Graxo Sintase (FASN), Perilipina (PLIN), Receptor Proliferador Ativador de Peroxissomos γ (PPAR γ) e Proteínas de ligação do elemento regulador do esterol 1 (SREBP1). As carcaças foram avaliadas quali-quantitativamente. O MGA não influenciou ($P > 0,05$) o desempenho, o comportamento alimentar em confinamento e a expressão relativa dos genes estudados. Animais de alto MGA apresentaram maiores ($P < 0,05$) espessura de gordura subcutânea (EGS), escores de acabamento, de conformação e de distribuição de gordura na carcaça em relação aos animais de baixo MGA. A EGS e a expressão relativa dos genes ACC, PLIN, PPAR γ foram maiores ($P < 0,05$) no TAS dos animais AN em relação aos N. O MGA permite a obtenção de animais que proporcionam carcaças com maior grau de acabamento sem influenciar o desempenho e o comportamento alimentar. A maior deposição de gordura

subcutânea de animais de alto MGA não está relacionada a expressão relativa dos genes estudados.

Palavras chave: Aberdeen Angus. Cruzamento. Genes adipogênicos. Nelore. Valor genético.

ABSTRACT

The objective was to evaluate effects of genetic merit for finishing (GMF) on animal performance, carcass characteristics and gene expression in subcutaneous adipose tissue (SAT) of Nelore (N) or crossbred steers ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore, AN) finished in feedlot. Animals were obtained by mating Nelore sires with Nelore (N) or Aberdeen Angus (AN) bulls. Both paternal genetic groups were selected to have positive (+, high GMF) or negative (-, low GMF) expected progeny differences for backfat thickness (EPDbf). Seventy-six animals (14 N+, 20 N-, 20 AN+ and 22 AN-) were used, reared on pasture and finished in feedlot. During rearing, body weight (BW) at weaning, BW at yearend, final BW, average daily weight gain (ADG), croup height and body structure score were evaluated. At feedlot termination, ADG, dry matter intake (DMI), gross feed efficiency, feed conversion, residual feed intake, age, slaughter BW and feeding behavior were evaluated. Animals were slaughtered, and samples of SAT were collected to study relative expression of the Acetyl-CoA carboxylase (ACC), Adiponectin (ADIPOQ), Fatty Acid Synthase (FASN), Perilipine (PLIN), Peroxisome Activating Proliferating Receptor γ (PPAR γ) and sterol regulatory element binding proteins 1 (SREBP1) genes. Carcasses were evaluated qualitatively and quantitatively. The GMF did not influence ($P < 0.05$) performance, feedlot behavior and the relative expression of the studied genes. High GMF animals showed greater ($P < 0.05$) Backfat thickness (BFT), finishing, conformation and fat distribution scores in the carcass compared to low GMF animals. The BFT and the relative expression of ACC, PLIN, PPAR γ genes were higher ($P < 0.05$) in the SAT of animals AN in relation to N. GMF allows obtaining animals that provide carcasses with a higher degree of finish without influencing performance and feeding behavior. The greater deposition of fat on the carcass of high GMF animals is not related to the relative expression of the studied genes.

Keywords: Aberdeen Angus. Adipogenic genes. Crossing. Genetic value. Nelore.

3.1. Introdução

A pecuária de corte no Brasil caracteriza-se por ser desenvolvida principalmente a pasto, com uso crescente de confinamento para terminação de animais jovens, pelo uso predominante de genótipos zebuínos e crescente adoção de cruzamentos. Nesse contexto, a interação genótipo-ambiente forma um complexo sistema que tornam desafiadores alguns objetivos produtivos.

O melhoramento genético das raças zebuínas, embora relativamente recente no Brasil, têm evoluído e gerado informações cada vez mais precisas do mérito genético dos reprodutores por meio das diferenças esperadas na progênie. Estudos têm demonstrado que o mérito genético de bovinos permite a obtenção de progênies com desempenho superior para algumas características como produção de leite (KENNEDY *et al.*, 2003) e idade a puberdade (FERRAZ *et al.*, 2018a). Isso demonstra o potencial uso destas informações no contexto da cadeia produtiva de carcaça e carne bovina.

O acabamento de carcaça, expresso pela espessura de gordura subcutânea, é uma das características de importância econômica de destaque na produção de bovinos de corte e tem sido objeto de seleção em diversas raças com destaque para a raça Aberdeen Angus. Na raça Nelore, a atenção para essa característica é recente, e uma vez que as seleções para musculosidade e adiposidade são antagônicas (SUGUISAWA; MATOS; SUGUISAWA, 2013), a intensa seleção exclusivamente para peso contribuiu para tornar a raça tardia em acabamento.

O grau de acabamento é reflexo da concentração de gordura no tecido adiposo subcutâneo e está relacionado ao estado de desenvolvimento ou maturidade do animal (TAGA *et al.*, 2011). Diversos eventos fisiológicos relacionados aos metabolismos energético e lipídico estão envolvidos nesse processo. A obtenção de progênies precoces em acabamento poderia implicar em alterações destes eventos e ter consequências em outras características produtivas. Deste modo, o objetivo nesta pesquisa foi avaliar o efeito do mérito genético para acabamento de carcaça sobre o desempenho, características de carcaça e expressão de genes adipogênicos no tecido adiposo subcutâneo de novilhos Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) terminados em confinamento.

3.2. Material e métodos

O estudo foi realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Gado de Corte no período de maio de 2017 a novembro de 2018. Os procedimentos adotados na presente pesquisa foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Embrapa Gado de Corte (Processo CEUA/CNPGC nº 007-2015). Essa unidade da Embrapa está localizada em Campo Grande, MS, na região Centro-Oeste do Brasil (20°27' Sul e 54°37' Oeste, a 530 m de altitude). O local possui clima classificado pelo sistema de Köppen como Cfa (Subtropical com verões quentes), com precipitação anual de 1500 a 1750 mm, concentradas entre os meses de novembro e abril (GROEN, 2015).

3.2.1. Animais experimentais e tratamentos

Os animais foram produzidos a partir da inseminação artificial em tempo fixo de vacas Nelore multíparas na mesma estação reprodutiva (de novembro a janeiro de 2015). As matrizes escolhidas foram divididas aleatoriamente em quatro grupos para receberem doses de sêmen de touros selecionados para o projeto.

Um total de 20 touros das raças Nelore (N, n = 10) e Aberdeen Angus (A, n = 10), ambas contendo DEP (Diferenças Esperadas na Progênie) negativa (-) e positiva (+) para a característica de acabamento de carcaça (DEP_{ac}) foram selecionados. As informações foram obtidas dos sumários da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP, 2014) e da Associação Americana de Angus (AAA, 2014) para os touros N e A, respectivamente. A seleção dos touros foi elaborada por meio da avaliação dos menores e maiores extratos (percentil) dos touros nos sumários. Foram formados quatro grupos de touros (N+, N-, A+ e A-, n = 5 touros/grupo) para acasalamento com as matrizes previamente selecionadas. Para obtenção de progênies com desempenhos semelhantes, utilizou-se reprodutores com DEP semelhantes (mesmo extrato nos sumários) para característica de peso ao sobreano (DEP_{sob}). Os critérios de escolha e os touros selecionados estão apresentados na Tabela 1.

Dos acasalamentos descritos, foram utilizados 76 bezerros Nelore (N) e ½ Aberdeen Angus + ½ Nelore (AN), ambos os grupos com alto (+) e baixo (-) mérito genético para acabamento de carcaça (MGA). Deste modo, foram obtidas as unidades experimentais representativas dos quatro grupos genéticos: N+ (n = 14), N- (n = 20), AN+ (n = 20) e AN- (n = 22).

Tabela 1 - Critérios utilizados para a escolha dos touros e informações dos touros selecionados para produzir os animais¹ terminados em confinamento

| Produtos ¹ | %Psob ² | Acc ³ | %Acab ⁴ | Acc ³ | Sumário ⁵ | |
|---------------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
| N+ | <30% | >30% | <5% | >30% | ANCP (2014) | |
| N- | <30% | >30% | 99% | >30% | ANCP (2014) | |
| A+ | <30% | >30% | <10% | >30% | AAA (2014) | |
| A- | <30% | >30% | >65% | >30% | AAA (2014) | |
| Nome dos touros | %Psob ² | Acc ³ | %Acab ⁴ | DEPac ⁶ | Acc ³ | NF ⁷ |
| N + | | | | | | 14 |
| REM Quilano | 4 | 0,93 | 0,1 | 1,09 | 0,88 | 4 |
| Relevo do Golias | 25 | 0,82 | 1 | 0,50 | 0,73 | 3 |
| Quarto JHV | 4 | 0,87 | 2 | 0,44 | 0,77 | 3 |
| Maximus da Matinha | 2 | 0,79 | 2 | 0,36 | 0,74 | 2 |
| Samaritano JHV | 3 | 0,84 | 2 | 0,38 | 0,73 | 2 |
| N - | | | | | | 20 |
| Golias FIV Col | 7 | 0,71 | 99 | -0,54 | 0,68 | 7 |
| Nougan do API | 6 | 0,77 | 99 | -0,37 | 0,68 | 3 |
| Faracatu JB da Gur | 1 | 0,78 | 99 | -0,33 | 0,64 | 1 |
| Imperioso Col | 3 | 0,74 | 99 | -0,22 | 0,66 | 6 |
| Donato de Navirai CSCC | 3 | 0,93 | 99 | -0,28 | 0,79 | 3 |
| A + | | | | | | 20 |
| Sitz Gunslinger 11612 | 3 | 0,36 | 3 | 2,21 | 0,33 | 5 |
| EF Complement 8088 | 5 | 0,82 | 1 | 2,13 | 0,64 | 6 |
| Sitz RLS Undertaker 11582 | 5 | 0,36 | 3 | 1,98 | 0,34 | 2 |
| Connealy Final Product | 5 | 0,93 | 2 | 1,93 | 0,68 | 4 |
| SAV Plainsman 0468 | 15 | 0,33 | 2 | 1,91 | 0,33 | 3 |
| A - | | | | | | 22 |
| Connealy Lead On | 30 | 0,96 | 99 | -2,34 | 0,72 | 2 |
| SAV Blacksmith 2815 | 3 | 0,38 | 97 | -1,30 | 0,34 | 6 |
| Quaker Hill Rampage 0A36 | 1 | 0,34 | 95 | -1,14 | 0,39 | 4 |
| HA PROGRAM 5652 | 17 | 0,91 | 95 | -1,14 | 0,66 | 6 |
| Circle A Incentive | 10 | 0,67 | 85 | -0,64 | 0,70 | 4 |
| Total | | | | | | 76 |

¹ N+ = touro Nelore com alto mérito genético para acabamento de carcaça; N- = touro Nelore com baixo mérito genético para acabamento de carcaça; A+ = touro Aberdeen Angus com alto mérito genético para acabamento de carcaça; A- = touro Aberdeen Angus com baixo mérito genético para acabamento de carcaça;

² Percentil do touro para a característica peso ao sobreano;

³ Acurácia da característica, calculada segundo o BIF (Beef Improvement Federation);

⁴ Percentil do touro para espessura de gordura subcutânea;

⁵ Informações obtidas no sumário de touros da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, agosto 2014 (ANCP, 2014) e sumário da Associação Americana de Angus 2014 (AAA, 2014);

⁶ Diferença esperada na progênie para espessura de gordura subcutânea, em milímetros;

⁷ Número de filhos utilizados na pesquisa.

Da parição ao desmame, as progênes foram mantidas com as matrizes em pastagens de *Brachiaria humidicola*, recebendo suplementação mineral *ad libitum*. Os bezerros foram desmamados pela separação definitiva das mães, aos $8,68 \pm 0,38$ meses de idade e peso corporal (PC) de $223,48 \pm 24,69$ kg.

3.2.2. Fase de recria

Os animais formaram um único lote, mantido a pasto em lotação contínua, recebendo suplementação proteico-energética (Anexo A) fornecida diariamente (0,3% do PC médio) com livre acesso a água. O período total de recria teve duração média de 327 dias e foi subdividido em duas fases: correspondendo as estações seca (junho a outubro – Fase I) e chuvosa (novembro a maio – Fase II).

Inicialmente, os animais foram alocados em um piquete (52 ha) de integração lavoura-pecuária, cultivado momentaneamente com capim *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. Os animais permaneceram na área por 96 dias, até iniciar um novo ciclo de cultivo de soja. Neste momento, o lote foi transferido para um piquete de 59 ha, cultivado com capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, onde permaneceram até o fim das fases de recria.

Os animais foram pesados no início da fase de recria e em períodos de 45 dias para acompanhamento do desempenho animal e ajuste da quantidade de suplemento a ser fornecida. As pesagens foram realizadas após jejum de sólidos por 16 horas. O ganho de peso médio diário (GMD) foi calculado pela diferença entre pesos corporais (PC) finais e iniciais de cada fase, dividido pelo tempo de duração em dias. Os valores individuais de PC ao desmame e ao sobreano foram ajustados em função do tempo para 240 e 550 dias, respectivamente.

No início de cada período também foram realizadas avaliações e amostragens da forragem para determinação da massa e do valor nutricional do pasto durante as fases da recria. A massa de forragem (MF) foi estimada por avaliadores treinados utilizando o sistema de rendimento visual comparativo proposto por Haydock & Shaw (1975). Na ocasião, foram coletadas aleatoriamente cerca de 20 amostras/ha, cortadas rente ao solo (4 a 5 perfilhos/amostra) e unidas ao final para formar uma amostra composta representativa da pastagem.

As amostras de forragem foram separadas manualmente nos componentes botânicos: folha, colmo e material morto. Foram determinados o teor de matéria seca (MS) e as proporções de cada componente. Posteriormente, pôde-se calcular a massa de forragem (MF), MF verde (MFV), oferta de forragem total (OF), taxa de lotação e pressão de pastejo (PP). As pastagens proporcionaram de 5336,29 a 7941,69 kg de MS/ha de MF; 2785,86 a 5425,08 kg de MS/ha de MFV; 1196,83 a 1512,54 kg de MS/100 kg de PC de OF; taxas de lotação de 1,01 a 2,62 unidades-animal (UA)/ha e PP de 0,10 a 0,18 kg de PC/kg MS de forragem nas fases I e II, respectivamente.

Os componentes foliares pré-secos foram moídos a 1,0 mm e encaminhados para análises químico-bromatológicas. Os teores de proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), foram estimados por espectrometria de reflectância infravermelho proximal (NIRS) conforme Marten, Shenk, & Barton (1989). O componente foliar das forragens apresentaram 11,05 e 7,60% de PB, 75 e 69,96% de FDN e DIVMO de 41,92 e 50,87% nas fases I e II, respectivamente. Outros detalhes das características estruturais e valor nutricional das forrageiras estão descritos no Anexo B.

O final da recria foi realizado em três etapas consecutivas, formando três lotes blocados pelo peso corporal dos animais de cada tratamento. O primeiro lote foi transferido para a terminação contendo 27 novilhos (7 N-, 5 N+, 8 AN- e 7 AN+). Após 40 dias, transferiu-se o segundo lote contendo 27 animais (7 N-, 5 N+, 8 AN- e 7 AN+). Após 31 dias, os 22 novilhos remanescentes (6 N-, 4 N+, 6 AN- e 6 AN+) foram direcionados à terminação formando o terceiro lote.

No manejo de transferência do primeiro lote para a terminação, foram realizadas medidas de altura de garupa de todos os animais para estimativa do escore de estrutura corporal, segundo Horimoto, Ferraz, Balieiro, & Eler (2006) e BIF (2018).

3.2.3. Fase de terminação

Os animais em seus respectivos lotes foram acomodados em baia coletiva com dimensão de 8 x 15 m, dotada de comedouros cobertos e bebedouros. Aos animais foi proporcionado o período de 15 dias de adaptação ao ambiente e à dieta, com incremento gradual da proporção de concentrado na ração. Contabilizando este período, a fase de terminação teve duração de $112 \pm 2,5$ dias.

Durante a terminação, os animais receberam ração na forma de mistura total (RTM) fornecida duas vezes ao dia, as 8:30 h e 15:30 h. A RTM foi formulada com 50% de silagem de sorgo, 24% de grão de milho moído, 14,9% de casca de soja, 8% de farelo de soja, 1,1% de ureia e 2,2% de núcleo mineral, com base na matéria seca. A quantidade fornecida foi ajustada diariamente em função das sobras do dia anterior, garantindo um mínimo de 5% de sobras. Amostras de sobras e alimentos fornecidos foram colhidas para análises químico-bromatológicas. A composição química da RTM foi de 48,34% de MS, 12,22% de PB, 47,33% de FDN e 64,04% de nutrientes digestíveis totais, sendo equivalente a 2,82 Mcal de energia digestível e 2,31 Mcal de energia metabolizável (NRC, 1996). Outras informações sobre a dieta dos animais no confinamento estão disponibilizadas no Anexo C.

O consumo individual de ração foi registrado diariamente com o auxílio de sistemas eletrônicos acoplados aos comedouros (Intergado®, MG, Brasil). O mesmo sistema, instalado em plataformas de acesso aos bebedouros, foi utilizado para registrar diariamente o PC individual dos novilhos. Os animais também foram pesados após jejum de sólidos por 16 horas no início e ao final da terminação para obtenção do peso corporal inicial e final. O ganho de peso médio diário (GMD) individual na terminação foi considerado como sendo a inclinação (β) da reta de regressão linear plotada entre os pesos e os dias em confinamento.

O consumo de matéria seca (CMS) foi estimado em função do consumo individual registrado pelo sistema e os teores de matéria seca das rações fornecidas. Calculou-se a eficiência alimentar bruta e conversão alimentar pela relação entre o CMS e GMD dos animais. O consumo alimentar residual (CAR) individual foi calculado pela diferença entre o CMS observado e o CMS predito (CMSp) em função do GMD e do PC médio metabólico (PCm^{0,75}). Para obtenção do CMSp foi gerada a equação de regressão a seguir: $\text{CMSp} = -4,7358 + (0,3183 \times \text{GMD}) + (0,1380 \times \text{PCm}^{0,75})$; $r^2 = 0,70$.

Por meio das informações geradas pelo sistema eletrônico de acompanhamento do consumo, foi possível determinar o tempo total no comedouro (min/dia), tempo com consumo (min/dia), tempo sem consumo (min/dia), visitas aos comedouros (vezes/dia), visitas com consumo (vezes/dia), visitas sem consumo (vezes/dia), comedouros visitados (%) e taxa de ingestão de MS em kg/h, g/min e g/visita de cada animal.

3.2.4. Abate, avaliação de carcaça e colheita de amostras

Ao final do período previsto para terminação (112 dias), cada um dos lotes foi encaminhado para abate, na mesma sequência de entrada no confinamento. Os animais foram abatidos em frigorífico comercial seguindo regulamentações brasileiras previstas no RIISPOA (2017). As carcaças foram identificadas individualmente, seccionadas longitudinalmente, pesadas e resfriadas (2 °C) por 24 h. Calculou-se o rendimento de carcaça quente (RCQ) em função do peso da carcaça quente (PCQ) e o peso corporal final (PCF) em jejum dos animais ($\text{PCQ}/\text{PCF} \times 100$).

Durante o abate foram colhidas amostras de gordura subcutânea sobre a região do lombo posterior esquerdo das carcaças, embaladas em sacos devidamente identificados e imediatamente acomodadas em gelo. Logo após o abate, cada amostra de gordura foi recortada em filetes de 3 mm de espessura e armazenadas em dois tubos criogênicos, cada um contendo

1,0 ml de solução estabilizadora e protetora de RNA (RNAlater, Invitrogen, CA, USA). Os tubos com amostras em duplicata foram conservados a - 80 °C até análise de expressão gênica.

Após o resfriamento, as carcaças foram avaliadas para escores de conformação (MÜLLER, 1987), acabamento e de distribuição de gordura nas meias carcaças esquerdas. Para o escore de acabamento adotou-se a escala em relação a quantidade de gordura sobre a carcaça seguir: ausente (A- = 0,7, A = 1 e A+ = 1,3), escassa (E- = 1,7, E = 2 e E+ = 2,3), mediana (M- = 2,7, M = 3 e M+ = 3,3), uniforme (U- = 3,7, U = 4 e U+ = 4,3), e excessiva (Ex- = 4,7, Ex = 5 e Ex+ = 5,3). Quanto ao escore de distribuição de gordura, utilizou-se a escala a seguir: desuniforme = 1, mediana = 2 e uniforme = 3, podendo ser atribuindo valores intermediários (0,5) entre as classes. Em seguida, foram realizadas medidas de comprimento, profundidade interna e profundidade externa das carcaças por meio das respectivas distâncias: entre as bordas craniais da sínfise ísquio-pubiana e da primeira costela; entre a borda inferior do canal medular na altura entre a 5ª e 6ª vertebrae torácicas até as bordas do osso esterno tomada internamente ou externamente à carcaça.

O músculo *longissimus thoracis* (LT) foi seccionado entre a 12ª e 13ª costelas, expondo a área de olho de lombo (AOL), permitindo o desenho do seu contorno em papel vegetal. Na ocasião, foram mensuradas as espessuras de gordura subcutânea (EGS) com auxílio de um paquímetro digital. Posteriormente, os contornos de AOL foram lidos em medidor de área foliar LI-3100C (Li-Cor Inc., LI, EUA), exibindo resultados em centímetros quadrados.

3.2.5. Expressão de genes adipogênicos no tecido adiposo subcutâneo

Para avaliar o status do metabolismo lipídico no tecido adiposo subcutâneo (TAS) ao final da terminação, foi realizado estudo da expressão de genes relacionados à lipogênese com amostras de gordura colhidas durante o abate. Foram seguidas as diretrizes MIQE (Informações Mínimas para Publicação de Experiências de PCR Quantitativas em Tempo Real) propostas por Bustin *et al.* (2009).

As amostras de TAS foram descongeladas sob refrigeração e submetidas ao protocolo de extração e purificação de ácidos ribonucleicos (RNA) totais. Foi utilizado protocolo PureLink RNA Mini Kit (Invitrogen, CA, USA) com Trizol (Invitrogen, CA, USA) como reagente de lise. Aproximadamente 300 mg de TAS foram macerados mecanicamente em três microtubos tipo Eppendorf (1,5 ml) com auxílio de pistilos plásticos de ponta cônica (100 mg/ ml de Trizol/ tubo). Durante a extração foi adicionado o passo de remoção rápida de ácido desoxirribonucleico (DNA) do kit PureLink® DNase Set (Invitrogen, CA, USA).

O rendimento e pureza do RNA total extraído com o protocolo foram estimados por espectrofotometria em NanoDrop (Thermo Fisher Scientific, DE, USA) e a integridade foi avaliada por eletroforese em gel de agarose 1%. Alíquotas de 2500 ng de RNA total com pureza e integridade apropriadas foram armazenadas a -80 °C.

Posteriormente, foi realizada a síntese e purificação de DNA complementar (cDNA) por meio de transcrição reversa a partir do RNA total extraído. Utilizou-se o protocolo SuperScript[®] III First-Strand Synthesis (Invitrogen, CA, USA), com RNaseOUT[®] Recombinant Ribonuclease Inhibitor (Invitrogen, CA, USA), Oligo(dT)₁₂₋₁₈ Primer (Invitrogen, CA, USA), e dNTP Mix 10 mM (Invitrogen, CA, USA), que foram associados a RNase H (New England Biolabs ltd, UK) para síntese e isolamento do cDNA total. As reações foram condicionadas em termociclador Veriti[®] 96-Well (Thermo Fisher Scientific, DE, USA). Em seguida, o cDNA total foi purificado em soluções de acetato de sódio (3 M) e etanol. Após estimativa do rendimento, foram ajustadas soluções de trabalho contendo 20 ng/μl de cDNA e alíquotas foram armazenadas a -20 °C.

As reações em cadeia da polimerase quantitativas de transcrição reversa (RT-qPCR) foram condicionadas e quantificadas em StepOnePlus[®] Real-Time PCR System (Thermo Fisher Scientific, DE, USA). As reações foram montadas em placas de PCR MicroAmp[®] EnduraPlate[®] Optical 96-well (Thermo Fisher Scientific, DE, USA) com 10 μl de PowerUp[®] SYBR[®] Green Master Mix (Thermo Fisher Scientific, DE, USA), 7 μl de solução de Primers na concentração de 5 μM de cada par, e 3 μl de solução de cDNA a 20 ng/μl.

Tabela 2 - Primers dos genes alvo¹ e referência² e parâmetros de calibração da PCR para o estudo de expressão de genes relacionados a lipogênese no tecido adiposo subcutâneo

| Símbolo | | Sequência dos Primers (5' - 3') | Nº GeneBank | α^* | β^* | r^{2*} | Ef [*] |
|----------------------------|---------|---------------------------------|--------------|------------|-----------|----------|-----------------|
| ACC ¹ | Forward | CTC TTC CGA CAG GTT CAA GC | AJ_132890 | -3,59 | 2,55 | 0,992 | 90,01 |
| | Reverse | ACC ATC CTG GCA AGT TTC AC | | | | | |
| ADIPOQ ¹ | Forward | GTG GCT CTG ATT CCA CAC CT | AF269230.1 | -4,15 | 4,9 | 0,975 | 74,24 |
| | Reverse | TCT CCA GGA GTG CCA TCT CT | | | | | |
| EIF3K ² | Forward | CCA GGC CCA CCA AGA AGA A | NM_001034489 | -3,59 | 4,37 | 0,998 | 90,01 |
| | Reverse | TTA TAC CTT CCA GGA GGT CCA TGT | | | | | |
| FASN ¹ | Forward | GCA TCG CTG GCT ACTC CTA C | AY343889 | -3,82 | 2,92 | 0,998 | 82,78 |
| | Reverse | GTG TAG GCC ATC ACG AAG GT | | | | | |
| LRP10 ² | Forward | CCA GAG GAT GAG GAC GAT GT | Bc149232 | -3,78 | 3,44 | 0,885 | 83,83 |
| | Reverse | ATA GGG TTG CTG TCC CTG TG | | | | | |
| PLIN ¹ | Forward | GTT GAG GCT TGA AGA GCT CC | NM_001083699 | -4,24 | 3,36 | 0,997 | 72,19 |
| | Reverse | CTC GTT GGC AGC TAC GAA CT | | | | | |
| PPAR γ ¹ | Forward | GTG AAG TTC AAC GCA CTG GA | BC116098 | -3,74 | 3,31 | 0,998 | 85 |
| | Reverse | ATG TCC TCA ATG GGC TTC AC | | | | | |
| SREBP1 ¹ | Forward | TAC CTG CAG CTT CTC CAT CA | XM_879234 | -3,95 | 3,08 | 0,993 | 79,15 |
| | Reverse | CAC CAA TGG GTA CAG CCT CT | | | | | |

* Parâmetros de curva de calibração da RT-qPCR, onde: α = inclinação, β = intercepto, r^2 = coeficiente de determinação, Ef = eficiência da PCR calculada pela equação:

$$Ef = (10^{\frac{-1}{\alpha}} - 1) \times 100$$

¹ Genes alvo (fonte): ACC = Acetyl-CoA carboxylase (SADRI *et al.*, 2011), ADIPOQ = Adiponectina (OHTANI *et al.*, 2011), FASN = Ácido Graxo Sintase (TANIGUCHI *et al.*, 2008), PLIN = Perilipina (SADRI *et al.*, 2011), PPAR γ = Receptor Proliferador Ativador de Peroxissomo γ (TANIGUCHI *et al.*, 2008), e SREBP = Proteínas de ligação do elemento regulador do estero1 1 (TANIGUCHI *et al.*, 2008);

² Genes referência (fonte): EIF3K = Fator de iniciação da tradução eucariótica 3, subunidade K (SAREMI *et al.*, 2012), e LRP10 = Proteína relacionada ao receptor de lipoproteína 10 (HOSSEINI; SAUERWEIN; MIELENZ, 2010; SAREMI *et al.*, 2012).

Foram analisadas 60 amostras de cDNA, sendo 13 de novilhos N+, 14 N-, 17 AN+ e 16 AN-. Cada placa foi montada com quatro amostras em duplicatas, reagindo com Primers de todos os genes (alvo e referência), além de brancos para cada gene. Na Tabela 2, estão descritos os primers dos genes alvo e referência, bem como os respectivos parâmetros de curva de calibração e eficiência de RT-qPCR.

A leitura das placas foi programada para quantificação comparativa, por detecção de fita dupla com corante SYBR® Green, incluindo curva de Melt, em velocidade de rampa padrão do equipamento. Os resultados de ciclos de quantificação (Cq) foram analisados no software GenEx (MultiD versão 5.2.1.3, 2009) e normalizados pela eficiência da PCR de cada gene.

As análises por GeNorm e NormFinder indicaram a utilização isolada do gene EIF3K como referência para todos os fatores devido à sua estabilidade e abundância únicas nas amostras. Após normalizações, foi gerado o mapa de cores para ilustração dos níveis de expressão dos genes alvo nas amostras analisadas.

As possíveis variações na transcrição dos genes alvo foram comparadas seguindo a abordagem $\Delta\Delta Cq$ conforme Schmittgen & Livak (2008). A abundância relativa de mRNA foi estimada por meio da comparação com os perfis de expressão gênica, considerando um dos níveis de cada fator como grupo controle.

3.2.6. Análise estatística

Para dados de desempenho durante as fases da recria utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (Modelo 1) em arranjo fatorial 2 (raça paterna nos níveis N e AN) x 2 (MGA nos níveis baixo e alto). Para as demais variáveis, utilizou-se delineamento em blocos casualizados (Modelo 2) com o mesmo arranjo fatorial, considerando os lotes do confinamento como blocos.

$$\text{Modelo 1: } Y_{ijk} = \mu + R_i + M_j + (R \times M)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{Modelo 2: } Y_{ijkl} = \mu + L_l + R_i + M_j + (R \times M)_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde Y_{ijk} = variável dependente observada no animal “k”, raça paterna “i”, MGA “j” e lote “l”; μ = média populacional ou constante global; R_i = efeito da raça paterna “i”; M_j = efeito do MGA “j”; L_l = efeito do lote ou bloco “l”; $(R \times M)_{ij}$ interação entre os fatores de raça “i” e MGA “j”; e ε_{ijk} = erro aleatório não observado.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), pelo procedimento PROC GLM do software SAS. Os dados de expressão gênica foram comparados por ANOVA pelo software GenEx. Considerou-se significativos os efeitos a 5% de probabilidade

3.3. Resultados

3.3.1. Desempenho e comportamento alimentar

As diferenças esperadas na progênie para acabamento de carcaça (DEP_{ac}) dos pais dos animais utilizados no presente estudo estão apresentadas na Tabela 3. Houve interação ($P < 0,05$) entre raça paterna e MGA sobre DEP_{ac} e suas acurácias e percentis. Como esperado, os animais de alto mérito genético para acabamento de carcaça (MGA) apresentaram maior ($P < 0,05$) média de DEP_{ac} paterna em relação aos de baixo MGA. No entanto, houve efeito da raça paterna sobre esta característica, onde filhos de touros Nelore (N) apresentaram média de DEP_{ac} paterna 0,31 mm menor em relação a de filhos de touros Aberdeen Angus (AN). Animais de alto MGA tiveram pais classificados em menor percentil para DEP de peso ao sobreano (DEP_{sob}) em relação aos de baixo MGA (Tabela 3). A acurácia da DEP_{sob} dos pais de animais N foi maior em relação aos AN.

Não houve interação entre raça paterna e MGA para nenhuma das demais variáveis estudadas na presente pesquisa (Tabelas 4 a 7). Os escores de estrutura corporal não foram influenciados por nenhum dos fatores estudados. Houve efeito ($P < 0,05$) de MGA sobre o peso corporal ao final da recria (fase II), com animais de alto MGA 9,57 kg mais pesados que animais de baixo MGA. A raça paterna influenciou ($P < 0,05$) a idade, peso corporal e ganho de peso médio diário durante a recria (Tabela 4). Animais AN apresentaram desempenho superior ($P < 0,05$) durante a recria quando comparados aos N (Tabela 4).

Em geral, os resultados do desempenho animal relatados durante a recria se repetiram durante a terminação em confinamento (Tabela 5). A diferença de PC entre animais de alto e baixo MGA passou a ser de 10,02 kg ao final do confinamento. Animais de alto MGA consumiram maiores ($P < 0,05$) quantidades de matéria seca comparados aos de baixo MGA. Contudo, o consumo de matéria seca (CMS) em relação ao PC (%) não foi influenciado pelo MGA.

Tabela 3 - Médias paternas da diferença esperada na progênie, acurácia e percentil para características de acabamento de carcaça e peso ao sobreano dos animais utilizados na pesquisa

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|--|--------------------|--------|-------------------|------|--------------------|------------------|-------------------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai ¹ | MGA ² | Interação |
| DEP ⁴ acabamento (mm) | 0,43 | 0,12 | -0,78 | 1,34 | 0,15 | <,0001 | <,0001 | <,0001 |
| Acurácia da DEP ⁴ Acabamento | 0,52 | 0,74 | 0,61 | 0,64 | 0,02 | <,0001 | 0,3914 | 0,0264 |
| Percentis dos touros para acabamento (%) | 48,34 | 50,13 | 96,89 | 1,58 | 5,47 | 0,0071 | <,0001 | <,0001 |
| Acurácia da DEP ⁴ peso ao sobreano | 0,62 | 0,81 | 0,69 | 0,73 | 0,03 | <,0001 | 0,3886 | 0,2365 |
| Percentis dos touros para peso ao sobreano (%) | 9,63 | 11,21 | 13,90 | 6,94 | 0,98 | 0,3900 | 0,0003 | 0,7082 |
| Interação dos fatores nas variáveis | Angus | | | | Nelore | | | |
| | Baixo | | Alto | | Baixo | | Alto | |
| DEP ⁴ acabamento (mm) | -1,20 ^d | | 2,06 ^a | | -0,37 ^c | | 0,62 ^b | |
| Acurácia de DEP ⁴ Acabamento | 0,54 ^b | | 0,49 ^b | | 0,69 ^{ab} | | 0,78 ^a | |
| Percentis dos touros para acabamento (%) | 94,64 ^a | | 2,05 ^c | | 99,15 ^b | | 1,10 ^c | |

¹ Raça paterna das progênies, ² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça, ³ Erro padrão da média;

⁴ Diferença esperada na progênie;

^{abcd} Médias com letras distintas nas mesmas linhas diferem pelo teste de Tukey Kramer a 5% de significância.

Tabela 4 - Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o desempenho de novilhos durante recria a pasto

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|---|------------------|--------|------------------|--------|------------------|------------------|------------------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai ¹ | MGA ² | Interação |
| Idade ao desmame (meses) | 8,89 | 8,42 | 8,63 | 8,68 | 0,04 | <,0001 | 0,4490 | 0,3759 |
| Peso corporal ao desmame ⁵ (kg) | 211,91 | 205,21 | 205,80 | 211,32 | 2,21 | 0,1322 | 0,2139 | 0,2638 |
| Peso corporal ao sobreano ⁶ (kg) | 383,56 | 333,54 | 355,36 | 361,74 | 3,85 | <,0001 | 0,2190 | 0,9415 |
| Peso corporal ao final da fase I ⁷ (kg) | 317,45 | 268,76 | 288,93 | 297,28 | 3,72 | <,0001 | 0,0918 | 0,6973 |
| Ganho de peso médio diário fase I ⁷ (g/dia) | 537,24 | 341,73 | 435,83 | 443,14 | 15,89 | <,0001 | 0,7551 | 0,5833 |
| Peso corporal ao final da fase II ⁸ (kg) | 462,55 | 394,63 | 423,22 | 433,96 | 4,70 | <,0001 | 0,0347 | 0,4254 |
| Ganho de peso médio diário fase II ⁸ (g/dia) | 629,80 | 541,26 | 580,41 | 590,65 | 12,70 | 0,0005 | 0,6711 | 0,6188 |
| Ganho de peso médio diário total (g/dia) | 590,22 | 459,75 | 520,69 | 529,28 | 11,72 | <,0001 | 0,6428 | 0,9925 |
| Altura de garupa (cm) | 141,69 | 142,13 | 141,35 | 142,47 | 0,49 | 0,6645 | 0,2718 | 0,9253 |
| Escore de estrutura corporal ⁹ | 6,38 | 6,49 | 6,33 | 6,55 | 0,10 | 0,5920 | 0,2734 | 0,9597 |
| Escore de estrutura corporal ¹⁰ | 10,52 | 10,09 | 9,97 | 10,64 | 0,28 | 0,4473 | 0,2497 | 0,7921 |

¹ Raça paterna das progênie; ² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça, ³ Erro padrão da média;

⁴ Diferença esperada na progênie;

⁵ Peso ajustado para 240 dias;

⁶ Peso ajustado para 550 dias;

⁷ Fase inicial da recria correspondente a estação seca (junho a outubro);

⁸ Fase final da recria correspondente a estação chuvosa (novembro a maio).

⁹ Escore de estrutura corporal calculado conforme BIF (2018)

¹⁰ Escore de estrutura corporal calculado conforme Horimoto, Ferraz, Balieiro, & Eler (2006)

Animais AN foram abatidos com maior ($P < 0,05$) média de PC e tiveram maiores ($P < 0,05$) GMD e CMS durante o confinamento (Tabela 5). No entanto, não houve efeito ($P > 0,05$) da raça paterna sobre o CMS em porcentagem do PC. Animais AN apresentaram maior ($P < 0,05$) eficiência alimentar bruta e tendência ($P = 0,057$) a menor conversão alimentar, quando comparados a animais N. O consumo alimentar residual não foi influenciado ($P > 0,05$) por nenhum dos fatores estudados.

O comportamento alimentar não foi influenciado ($P > 0,05$) pelo MGA (Tabela 6). Contudo, o número de visitas, a quantidade de comedouros visitados e a taxa de ingestão diária de MS foram influenciadas ($P < 0,05$) pela raça paterna. Animais N e AN passaram a mesma quantidade de tempo (min/dia) alimentando-se, contudo, animais N visitaram maior número de comedouros, mais vezes por dia. Este comportamento, aliado ao menor CMS, contribuíram para a menor taxa de ingestão de MS dos animais N em relação aos AN.

Tabela 5 - Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o desempenho de novilhos na terminação em confinamento

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|---|------------------|--------|------------------|--------|------------------|------------------|------------------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai ¹ | MGA ² | Interação |
| Idade ao abate (meses) | 25,93 | 25,47 | 25,67 | 25,73 | 0,11 | <,0001 | 0,4512 | 0,3520 |
| Peso corporal ao abate (kg) | 653,98 | 542,96 | 590,95 | 605,99 | 7,66 | <,0001 | 0,0284 | 0,2604 |
| Ganho de peso médio diário na terminação (kg/dia) | 1,94 | 1,50 | 1,71 | 1,74 | 0,04 | <,0001 | 0,6287 | 0,5397 |
| Consumo de MS ⁴ (kg/dia) | 12,74 | 10,56 | 11,37 | 11,93 | 0,18 | <,0001 | 0,0209 | 0,3054 |
| Consumo de MS ⁴ (% do PC ⁵ /dia) | 2,09 | 2,06 | 2,07 | 2,09 | 0,02 | 0,3689 | 0,5542 | 0,9989 |
| Eficiência alimentar bruta (Kg de PC ⁵ / Kg de MS ⁴) | 0,135 | 0,126 | 0,133 | 0,128 | 0,003 | 0,0221 | 0,2369 | 0,9841 |
| Conversão alimentar (Kg de MS ⁴ / Kg de PC ⁵) | 7,62 | 8,09 | 7,70 | 8,01 | 0,15 | 0,0567 | 0,2172 | 0,8470 |
| CAR ⁶ pela equação 1 (Kg/dia) | 0,00 | 0,02 | -0,04 | 0,06 | 0,10 | 0,9298 | 0,5700 | 0,8694 |

¹ Raça paterna das progênies,

² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça,

³ Erro padrão da média;

⁴ Matéria seca;

⁵ Peso corporal;

⁶ Consumo alimentar residual.

Tabela 6 - Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o comportamento alimentar de novilhos em confinamento

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|---|------------------|--------|------------------|--------|------------------|------------------|------------------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai ¹ | MGA ² | Interação |
| Tempo total no comedouro (min/dia) | 125,97 | 124,21 | 123,45 | 126,73 | 2,08 | 0,6698 | 0,4272 | 0,1672 |
| Tempo com consumo (min/dia) | 1,96 | 1,95 | 1,94 | 1,96 | 0,03 | 0,9302 | 0,7454 | 0,1006 |
| Tempo sem consumo (min/dia) | 117,32 | 116,99 | 116,55 | 117,76 | 1,82 | 0,9304 | 0,7453 | 0,1005 |
| Visitas aos comedouros (vezes/dia) | 48,06 | 57,70 | 53,93 | 51,83 | 2,06 | 0,0018 | 0,4813 | 0,1589 |
| Visitas com consumo (vezes/dia) | 38,34 | 47,25 | 43,53 | 42,07 | 1,79 | 0,0002 | 0,5184 | 0,2279 |
| Visitas sem consumo (vezes/dia) | 9,73 | 10,12 | 10,07 | 9,78 | 0,48 | 0,6431 | 0,7267 | 0,1831 |
| Comedouros visitados (%) | 94,65 | 96,10 | 95,62 | 95,14 | 0,37 | 0,0145 | 0,4108 | 0,8453 |
| Taxa de ingestão de MS ⁴ (kg/h) | 6,06 | 5,24 | 5,56 | 5,74 | 0,12 | 0,0003 | 0,4200 | 0,2286 |
| Taxa de ingestão de MS ⁴ (g/min) | 100,98 | 87,37 | 92,73 | 95,62 | 2,05 | 0,0003 | 0,4191 | 0,2290 |
| Taxa de ingestão de MS (g/visita) | 370,67 | 255,28 | 298,46 | 327,49 | 14,26 | <,0001 | 0,1225 | 0,1783 |

¹ Raça paterna das progênies,

² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça,

³ Erro padrão da média;

⁴ Matéria seca;

3.3.2. *Características de carcaça*

Houve efeito ($P < 0,05$) do MGA sobre peso da carcaça quente (PCQ), escores de conformação, acabamento, distribuição de gordura e sobre a EGS. Animais de alto MGA apresentaram carcaças mais pesadas e com melhor conformação em relação aos de baixo MGA (Tabela 7). No entanto, as medidas de comprimento e profundidades foram semelhantes entre os níveis de MGA.

As características de carcaça como PCQ, escore de conformação, comprimento, profundidade interna e externa da carcaça, EGS e área de olho de lombo foram influenciadas ($P < 0,05$) pela raça paterna (Tabela 7). Em geral, animais AN proporcionaram carcaças mais pesadas, com maior conformação, comprimento, profundidades e maior área de olho de lombo comparados aos N.

3.3.3. *Expressão de genes adipogênicos no tecido adiposo subcutâneo*

Não houve efeito ($P > 0,05$) do MGA sobre a abundância relativa de mRNA dos genes relacionados a lipogênese no tecido adiposo subcutâneo (TAS) avaliados na presente pesquisa. O mapa de cor (Figura 1) ilustra o nível de expressão normalizada dos genes alvo, onde o gradiente de cor mostra verde para baixa e vermelho para alta expressão. Pode-se inferir que o nível de expressão do gene que codifica a transcrição da Ácido graxo sintase (FASN) foi o mais baixo em relação aos demais, e que os genes da Acetil-CoA carboxilase (ACC) e Perilipina (PLIN) tiveram maior expressão relativa no TAS.

Houve efeito ($P < 0,05$) de raça paterna sobre a abundância relativa de mRNA no tecido adiposo subcutâneo dos genes ACC, Perilipina (PLIN) e do Receptor Proliferador Ativador de Peroxissomos Gama (PPAR γ) (Figura 2). Animais AN apresentaram maior nível de expressão em relação aos N para os genes que codificam a transcrição de ACC, PPAR γ e, em grande magnitude, de PLIN. Observou-se uma tendência de maior expressão do gene codificador da Proteínas de ligação do elemento regulador do esterol 1 (SREBP1) em animais AN.

Tabela 7 - Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre características de carcaça de novilhos

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|--------------------------------------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|------------------|------------------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai ¹ | MGA ² | Interação |
| Peso de carcaça quente (kg) | 363,49 | 304,62 | 328,25 | 339,86 | 4,68 | <0,0001 | 0,0270 | 0,1035 |
| Rendimento de carcaça quente (kg) | 52,99 | 53,01 | 52,98 | 53,03 | 0,22 | 0,9624 | 0,9111 | 0,4265 |
| Escore de distribuição de gordura | 2,28 | 2,19 | 2,07 | 2,40 | 0,05 | 0,2772 | 0,0001 | 0,9803 |
| Escore de conformação | 10,28 | 8,64 | 9,06 | 9,86 | 0,15 | <0,0001 | 0,0002 | 0,7469 |
| Escore de acabamento | 2,58 | 2,53 | 2,42 | 2,69 | 0,05 | 0,5000 | 0,0028 | 0,8023 |
| Comprimento de carcaça (cm) | 142,61 | 133,81 | 138,06 | 138,36 | 0,62 | <0,0001 | 0,6727 | 0,6367 |
| Profundidade externa da carcaça (cm) | 52,48 | 49,29 | 50,96 | 50,82 | 0,26 | <0,0001 | 0,6986 | 0,4948 |
| Profundidade interna de carcaça (cm) | 42,55 | 39,85 | 41,32 | 41,07 | 0,22 | <0,0001 | 0,4227 | 0,3136 |
| EGS ⁴ (mm) | 6,26 | 4,94 | 5,07 | 6,13 | 0,19 | 0,0001 | 0,0018 | 0,9456 |
| AOL ⁵ (cm ²) | 89,56 | 76,33 | 83,16 | 82,73 | 1,06 | <0,0001 | 0,7648 | 0,3143 |

¹ Raça paterna das progênies.

² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça.

³ Erro padrão da média.

⁴ Espessura de gordura subcutânea.

⁵ Área de olho de lombo.

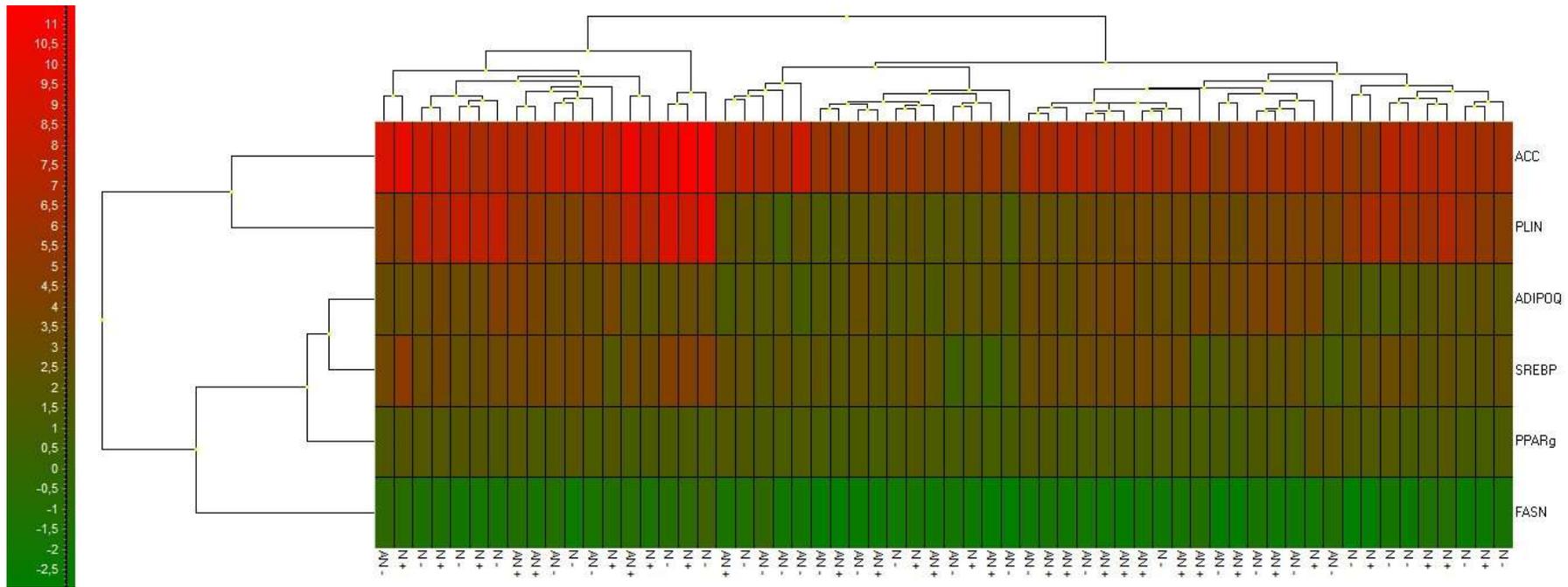


Figura 1 Mapa de cor da expressão de genes relacionados a lipogênese no tecido adiposo subcutâneo de novilhos filhos de touros Nelore ou Aberdeen Angus de alto ou baixo mérito genético paterno para acabamento de carcaça.

O gradiente de cor mostra verde para baixo e vermelho para alta expressão relativa (ΔCq). ACC = Acetyl-CoA carboxylase, ADIPOQ = Adiponectina, FASN = Ácido Graxo Sintase, PLIN = Perilipina, PPAR γ = Receptor Proliferador Ativador de Peroxissomo γ , e SREBP = Proteínas de ligação do elemento regulador do esterol 1; N+ = Filhos de touros Nelore com alto MGA, N- = Filhos de touros Nelore com baixo MGA, AN+ = Filhos de touros Aberdeen Angus com alto MGA, AN- = Filhos de touros Aberdeen Angus com baixo MGA.

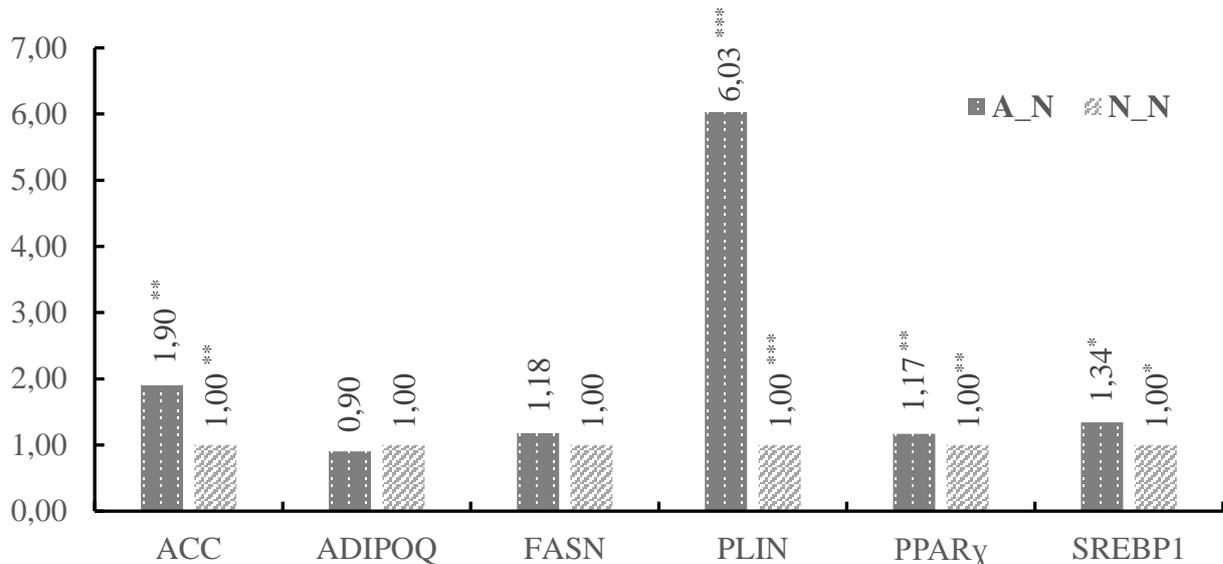


Figura 2 Abundância relativa ($\Delta\Delta Cq$) de genes relacionados a lipogênese no tecido adiposo subcutâneo de novilhos filhos de touros Aberdeen Angus (AN) ou Nelore (N).

ACC = Acetyl-CoA carboxylase, ADIPOQ = Adiponectina, FASN = Ácido Graxo Sintase, PLIN = Perilipina, PPAR γ = Receptor Proliferador Ativador de Peroxissomos γ , e SREBP1 = Proteínas de ligação do elemento regulador do esteroil 1;

*** $P < 0,001$;

** $P < 0,05$;

* Tendência $P = 0,06$.

3.4. Discussão

3.4.1. Desempenho e comportamento alimentar

Mesmo com os cuidados iniciais para selecionar animais com valores genéticos semelhantes para desempenhos, divergentes apenas para acabamento de carcaça, os novilhos nascidos com alto MGA apresentaram maior PC ao final da recria e ao abate. Este fato indica uma resposta à melhor classificação em percentil da DEP para peso ao sobreano dos pais destes animais, o que poderia gerar ganho de peso superior em suas progênie. Contudo, a diferença do PC não exerceu impacto sobre as demais características de desempenho animal como GMD, altura de garupa e escore de estrutura corporal.

A estrutura corporal reflete o crescimento e desenvolvimento animal, ocasionado pela diferenciação na forma e composição química das células, resultando em crescimento dos tecidos ósseo, muscular e adiposo (HORIMOTO *et al.*, 2006). Considerando a semelhança na estrutura corporal dos animais de alto e baixo MGA, pode-se inferir que houve semelhança no crescimento e desenvolvimento entre estes animais e que possíveis variações na deposição de tecidos corporais serão respostas legítimas ao valor genético, ou seja sem viés de estrutura corporal (relação entre PC e altura).

O maior PC está relacionado ao maior CMS diário dos animais de alto MGA na terminação, contudo, sem nenhum reflexo observado sobre o CMS relativo ao peso e medidas de eficiência alimentar. O CMS varia durante a terminação dos bovinos de corte e está relacionado a composição corporal ao longo desta fase (AZEVEDO *et al.*, 2016), sendo influenciado principalmente pela proporção de gordura no corpo vazio (NRC, 1987). A maior deposição de gordura na carcaça dos novilhos de alto MGA também poderia ter influenciado o CMS destes animais. No entanto, a semelhanças do CMS relativo ao peso, eficiência alimentar bruta, conversão alimentar e consumo alimentar residual entre os animais de alto e baixo MGA indicam que a variação no CMS foi apenas reflexo da variação do PC. Ceacero *et al.* (2016) reportaram elevada correlação genética (0,65) entre peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$) e CMS. Os mesmos autores também relataram correlações genéticas de 0,23 e 0,29 entre as respectivas variáveis e espessura de gordura subcutânea em bovinos Nelore. As fortes correlações genéticas entre PC, CMS e EGS podem estar relacionadas a expressão destas características nos fenótipos dos animais da presente pesquisa que foram selecionados para maior acabamento (alto MGA).

A influência da raça paterna sobre a idade dos animais pode estar relacionada a duração da gestação das matrizes. Alguns estudos reportaram variação no tempo de gestação (TG) das matrizes em função da raça reprodutora (ALENCAR; BARBOSA; NOVAES, 1999; ALENCAR *et al.*, 2005; ROCHA *et al.*, 2005; LEMA *et al.*, 2011). Segundo Alencar *et al.* (2005), o TG de matrizes Nelore acasaladas com touros Nelore é de 8,4 a 10,4 dias mais longo em relação a acasaladas com touros Aberdeen Angus. Segundo Lema *et al.* (2011), matrizes Hereford inseminadas com touros Nelore apresentam de 2,2 a 12,2 dias a mais de gestação em relação às inseminadas com touros Hereford. O conhecimento sobre a influência paterna sobre o TG das matrizes ainda é insipiente. Contudo, ao estudarem a arquitetura genética e epigenética de uma população de bovinos leiteiros, Fang *et al.* (2019) demonstraram evidências de que o desenvolvimento embrionário pode ser regulado por genes dos reprodutores. Deste modo, podemos inferir que por influência da genética paterna sobre o TG das matrizes, os animais AN apresentaram maior idade ao desmame e ao abate por terem nascido em média 13,7 dias antes dos animais N.

O comportamento alimentar indicou que novilhos AN consumiram alimentos com maior taxa de ingestão, demonstrando maior avidez de consumo e isso provavelmente se relacionou com o maior ganho de peso em relação aos N. O ganho em desempenho animal obtido com cruzamentos utilizando a raça Nelore como linhagem materna é amplamente documentado (LEME *et al.*, 2000; MARCONDES *et al.*, 2011; PAIM *et al.*, 2018; FAVERO *et al.*, 2019). Grande parte da melhoria no desempenho é atribuída aos efeitos aditivos da

heterose e não aditivos da complementariedade entre raças (DICKERSON, 1973; BAKER *et al.*, 1989). Abordagens sobre os resultados de raça paterna sobre o desempenho foram relatadas em estudos anteriores com efeitos semelhantes aos do presente estudo sobre PC e GMD (LEME *et al.*, 2000; MARCONDES *et al.*, 2011; LADEIRA *et al.*, 2017; PAIM *et al.*, 2018; GOULART *et al.*, 2020), consumo de matéria seca (MARCONDES *et al.*, 2011; LADEIRA *et al.*, 2017; GOULART *et al.*, 2020) e eficiência alimentar (MARCONDES *et al.*, 2011).

3.4.2. Características de carcaça

O PCQ está diretamente relacionado à remuneração pela carcaça produzida. Neste estudo, o efeito de MGA sobre o PCQ foi reflexo da variação do PC relatado previamente. As carcaças 11,61 kg mais pesadas dos animais de alto MGA poderiam representar benefício produtivo em relação aos animais de baixo MGA. Contudo, como relatado anteriormente, a variação no PC pode ter sido atribuída a variação no percentil da DEPsob que também se refletido sobre o PCQ. Diante do exposto, não podemos atribuir variação no PCQ diretamente ao efeito de MGA.

Conforme esperado, progênes com MGA divergentes expressaram a diferença no valor genético para acabamento por meio da EGS nas carcaças. Adicionalmente, os resultados das avaliações dos escores de acabamento e de distribuição de gordura, demonstram que a variação na deposição de gordura sobre a carcaça foi visivelmente perceptível aos avaliadores. A adipogênese representa custo energético elevado em relação a osteogênese e miogênese (OWENS; DUBESKI; HANSON, 1993). Com isso, a maior composição em gordura corporal pode elevar a exigência de energia líquida de ganho (Elg) dos animais (MARCONDES *et al.*, 2016) e demandar maior ingestão de alimentos (AZEVEDO *et al.*, 2016). Nosso estudo demonstrou que a adipogênese no TAS foi claramente modulada pelo MGA. No entanto, o balanço entre a ingestão de alimentos e o ganho de peso não foi influenciado pelo MGA, como evidenciado pelas variáveis de eficiência alimentar (EAB, CA e CAR). Além disso, nosso estudo indicou que a modulação na adipogênese do TAS ocorreu a uma taxa que não comprometeu o desenvolvimento ósseo e muscular dos animais. Isso pode ser evidenciado pela semelhança no rendimento, morfometria e área de olho de lombo entre as carcaças dos animais de MGA divergentes. Isso também pode ser reforçado pela semelhança na composição física de carcaça entre estes animais (Vieira, *et al.*, Dados não publicados).

A média de EGS 1,4 mm maior dos animais AN em relação aos N poderia estar associada a maior DEPacb dos animais AN, entretanto, a base preditora das DEPs é específica

e não admite comparação entre raças (GREINER, 2009). A maior EGS não refletiu maiores escores de acabamento e de distribuição de gordura na carcaça dos novilhos AN em relação aos N. Isso pode estar relacionado as variações das medidas morfométricas entre as carcaças destes animais. Novilhos com elevada proporção de raça zebuína possuem desenvolvimento ósseo tardio, o que confere carcaças mais curtas e menos profundas em relação a cruzados com raças taurinas (RIBEIRO *et al.*, 2004). Com maior superfície relativa de carcaça para deposição de gordura subcutânea, a possível superioridade nos escores visuais de acabamento e distribuição de gordura dos animais AN acabou sendo equiparada com a dos N. Goulart *et al.* (2020) reportaram maior EGS avaliada por ultrassom em novilhos AN em relação a N terminados em confinamento, e atribuíram esse efeito ao maior CMS, entretanto, não investigaram o escore de acabamento e de distribuição de gordura na carcaça.

O maior crescimento e desenvolvimento dos animais AN se refletiu nas características de carcaça por meio de maiores peso de carcaça quente, escore de conformação e área de olho de lombo. Nosso estudo reforçou os benefícios as características de carcaça com a utilização de Aberdeen Angus como raça paterna em matrizes Nelore em condições tropicais (PEREIRA *et al.*, 2015; LADEIRA *et al.*, 2017; GOULART *et al.*, 2020).

3.4.3. Expressão de genes adipogênicos no tecido adiposo subcutâneo

Neste estudo, os genes que codificam a transcrição da Acetil-CoA carboxilase (ACC) e Perilipina (PLIN) agruparam-se no mapa de cores como os mais expressos no TAS dos animais. A enzima ACC catalisa a carboxilação de acetil-CoA em malonil-CoA, substrato essencial para a síntese de ácido graxo (MUNDAY, 2002). O resultado do nosso estudo reforça a elevada atividade da ACC em tecidos adiposos (BROWNSEY *et al.*, 2006). Naturalmente, esperava-se que a ácido graxo sintase (FASN) também estivesse em elevada atividade (ROY *et al.*, 2005). No entanto, o gene que codifica a FASN foi o menos expresso no TAS, indicando que a síntese de novo de ácido graxo encontrava-se em atividade relativamente inferior à de ACC.

Nosso estudo mostrou que a expressão relativa do gene que codifica adiponectina (ADIPOQ) não está relacionado tanto às respostas de MGA quanto de raça paterna sobre a EGS no TAS. Este gene é expresso exclusivamente no tecido adiposo e codifica uma proteína com similaridade aos colágenos X e VIII e fator de complemento C1q (SCHERER *et al.*, 1995; MAEDA *et al.*, 1996). A adiponectina circula no plasma e modula o metabolismo energético e lipídico em resposta a concentrações de insulina (CHANDRAN *et al.*, 2003). O gene ADIPOQ

está em um QTL (locos de características quantitativas) que atua sobre marmoreio, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea em bovinos (KIM *et al.*, 2003). Pesquisas anteriores encontraram SNPs (polimorfismos de nucleotídeo único) em ADIPOQ que foram associados a variações na EGS em bovinos da raça Hanwoo (SHIN; CHUNG, 2013), Angus (MORSCI; SCHNABEL; TAYLOR, 2006) e Nelore (FONSECA *et al.*, 2015). A semelhança na abundância relativa de ADIPOQ em nosso estudo indica que a atuação relatada desse gene sobre a EGS pode ser atribuída a mecanismos pós-transcricionais. Isso pode ser reforçado pela ocorrência de eventos de splicing alternativos no TAS de bovinos (SHENG *et al.*, 2014; HUANG *et al.*, 2017) que podem influenciar a diferenciação de adipócitos (LIN, 2015).

Exceto para ADIPOQ e FASN, os demais genes estudados (ACC, PLIN, PPAR γ e SREBP1) expressaram-se diferencialmente entre as raças paternas, com ampla variação na expressão relativa do PLIN. O gene PLIN codifica a perilipina, importante substrato de proteína quinase dependente de AMPc em adipócitos (FONSECA-ALANIZ *et al.*, 2006). Esta proteína recobre gotículas lipídicas nos adipócitos (BLANCHETTE-MACKIE *et al.*, 1995) e em seu estado fosforilado, atua na inibição da lipólise impedindo a ação da lipase hormônio-sensível (SZTALRYD *et al.*, 2003). A abundância relativa 6,03 vezes maior do gene PLIN em animais AN, indica uma maior demanda por esta proteína, o que pode estar relacionada a uma intensa mobilização da reserva lipídica no TAS destes animais. Considerando o equilibrado status nutricional dos novilhos, uma maior mobilização das reservas em AN pode ser atribuída a quadros de estresse (FAYLON *et al.*, 2015), uma vez que animais cruzados (*Bos taurus indicus* x *Bos taurus tauros*) são menos tolerantes ao estresse térmico (GAUGHAN *et al.*, 1999) e animais N possuem adaptação ao ambiente tropical (BIANCHINI *et al.*, 2006).

Os genes SREBP1 e PPAR γ codificam respectivamente proteínas de ligação do elemento regulador do colesterol 1 e receptor proliferador ativador de peroxissomos γ , ambos envolvidos na diferenciação de pré-adipócitos (TANIGUCHI *et al.*, 2008). Estes fatores de transcrição se ligam a sequências reguladoras dos promotores dos genes envolvidos na biossíntese de ácidos graxos, como ACC e FASN (SHIMANO *et al.*, 1999). Ao PPAR γ também tem sido atribuído importante papel sobre a deposição de gordura intramuscular (LIU *et al.*, 2020) influenciando o marmoreio na carne de bovinos de corte (MARTINS *et al.*, 2015).

A maior EGS na carcaça de animais AN pode estar relacionada a maior expressão relativa dos genes SREBP1, PPAR γ e ACC no TAS destes animais. No entanto, esta relação não foi observada em função do MGA, indicando que a deposição de gordura divergente sobre a carcaça dos animais de alto e baixo MGA foi regulada por mecanismos genéticos que não envolveram os genes estudados. Outra possibilidade é de que a maior adiposidade na carcaça

obtida pelo MGA tenha sido modulada pelo metabolismo muscular (HAUSMAN *et al.*, 2014; LOUVEAU *et al.*, 2016). Recentemente, ao estudarem biomarcadores para adiposidade, Bazile *et al.* (2019) propuseram 11 proteínas musculares como confiáveis para indicar variações na deposição de gordura na carcaça.

Estes resultados trouxeram informações relevantes e geraram outros questionamentos que poderão ser elucidados em futuros estudos. O detalhamento da expressão gênica diferencial envolvendo técnicas de microarray ou sequenciamento de RNA envolvendo diversos tecidos poderá contribuir ainda mais para elucidar os mecanismos genéticos dos animais com deposição de gordura divergente na carcaça.

3.5. Conclusão

O mérito genético para acabamento permite a obtenção de animais que proporcionam carcaças com acabamento divergente sem influenciar o desempenho, comportamento alimentar e expressão relativa no tecido adiposo subcutâneo (TAS) dos genes estudado. A maior expressão dos genes ACC, PPAR γ e SREBP1 no TAS está relacionada a maior EGS em resposta aos efeitos de raça paterna, contudo, os escores visuais de acabamento e distribuição de gordura na carcaça não são influenciados.

Referências

AAA. **American Angus Association**. Disponível em: <http://www.angus.org>. Acesso em: 05/05/2014.

ALENCAR; BARBOSA, R. T.; NOVAES, A. P. de. Características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore e cruzadas 1/2 Canchim + 1/2 Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 960–967, 1999.

ALENCAR, M. M. *et al.* Período de gestação e peso ao nascimento e a desmama de bezerros de diferentes sistemas de cruzamentos entre raças bovinas de corte, nascidos na primavera. In: 42^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Goiania, GO. **Anais...** Goiania, GO: SBZ, 2005.

ANCP. **Sumário de Touros: Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã**. [s.l.: s.n.].

AZEVÊDO, J. A. G. *et al.* Regulation and prediction of dry matter intake. In: VALADARES FILHO, S. DE C. *et al.* (Ed.). **Nutrient requirements of zebu and crossbred cattle - BR-CORTE**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora Federal de Viçosa, 2016. p. 15–42.

BAKER, J. F. *et al.* Comparison of Cattle of a Five-Breed Diallel: Size Pubertal Characters of Second-Generation Heifers. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 5, p. 1218, 1989.

- BAZILE, J. *et al.* Pathways and biomarkers of marbling and carcass fat deposition in bovine revealed by a combination of gel-based and gel-free proteomic analyses. **Meat Science**, v. 156, n. May, p. 146–155, 2019.
- BIANCHINI, E. *et al.* Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1443–1448, set. 2006.
- BIF. **Guidelines For Uniform Beef Improvement Programs** (L. V. Cundiff, L. D. Van Vleck, W. D. Hohenboken, Eds.). Prairie, MS: Beef Improvement Federation, 2018. .
- BLANCHETTE-MACKIE, E. J. *et al.* Perilipin is located on the surface layer of intracellular lipid droplets in adipocytes. **Journal of Lipid Research**, v. 36, n. 6, p. 1211–1226, 1995.
- BROWNSEY, R. W. *et al.* Regulation of acetyl-CoA carboxylase. **Biochemical Society Transactions**, v. 34, n. 2, p. 223–227, 1 abr. 2006.
- BUSTIN, S. A. *et al.* The MIQE Guidelines: Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments. **Clinical Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 611–622, 1 abr. 2009.
- CEACERO, T. M. *et al.* Phenotypic and Genetic Correlations of Feed Efficiency Traits with Growth and Carcass Traits in Nellore Cattle Selected for Postweaning Weight. **PLOS ONE**, v. 11, n. 8, p. e0161366, 18 ago. 2016.
- CHANDRAN, M. *et al.* Adiponectin: More Than Just Another Fat Cell Hormone? **Diabetes Care**, v. 26, n. 8, p. 2442–2450, 1 ago. 2003.
- DICKERSON, G. E. INBREEDING AND HETEROSIS IN ANIMALS. **Journal of Animal Science**, v. 1973, n. Symposium, p. 54–77, 1 jan. 1973.
- FANG, L. *et al.* Genetic and epigenetic architecture of paternal origin contribute to gestation length in cattle. **Communications Biology**, v. 2, n. 1, p. 1–11, 2019.
- FAVERO, R. *et al.* Crossbreeding applied to systems of beef cattle production to improve performance traits and carcass quality. **Animal**, v. 13, n. 11, p. 2679–2686, 2019.
- FAYLON, M. P. *et al.* Effects of acute heat stress on lipid metabolism of bovine primary adipocytes. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 8732–8740, dez. 2015.
- FERRAZ, M. V. C. *et al.* A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **Animal**, v. 12, n. 3, p. 569–574, 23 mar. 2018.
- FONSECA-ALANIZ, M. *et al.* Tecido Adiposo e Regulação Metabólica. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabolismo**, v. 50, n. 2, p. 216–29, 2006.
- FONSECA, P. D. d. S. *et al.* Association of ADIPOQ, OLR1 and PPARGC1A gene polymorphisms with growth and carcass traits in Nelore cattle. **Meta Gene**, v. 4, p. 1–7, 2015.
- GAUGHAN, J. B. *et al.* Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 9, p. 2398, 1999.
- GOULART, R. S. *et al.* Comparison of Nellore and Bos taurus × Nellore beef crosses at the same age on performance, carcass characteristics, and fecal starch content. **Applied Animal Science**, v. 36, n. 3, p. 430–436, 2020.

GREINER, S. P. **Understanding Expected Progeny Differences (EPDs)**: Virginia Cooperative Extension. Blacksburg, VA: College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009. .

GROEN. **Relatório de Avaliação Ambiental**. Campo Grande, MS: GROEN Engenharia e Meio Ambiente LTDA., 2015. . Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/segov/downloads/raa-relatorio-de-avaliacao-ambiental-viva-campo-gande-2a-etapa/>. Acesso em: 10/07/2020.

HAUSMAN, G. J. *et al.* Preadipocyte and Adipose Tissue Differentiation in Meat Animals: Influence of Species and Anatomical Location. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 2, n. 1, p. 323–351, fev. 2014.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 15, n. 76, p. 663–670, 1975.

HORIMOTO, A. R. *et al.* Estimation of genetic parameters for a new model for defining body structure scores (frame scores) in Nellore cattle. **Genetics and molecular research : GMR**, v. 5, n. 4, p. 828–836, 2006.

HOSSEINI, A.; SAUERWEIN, H.; MIELENZ, M. Putative reference genes for gene expression studies in propionate and β -hydroxybutyrate treated bovine adipose tissue explants. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, n. 5, 2010.

HUANG, W. *et al.* Global transcriptome analysis identifies differentially expressed genes related to lipid metabolism in Wagyu and Holstein cattle. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017.

KENNEDY, J. *et al.* Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 2, p. 610–621, 2003.

KIM, J.-J. *et al.* Detection of quantitative trait loci for growth and beef carcass fatness traits in a cross between *Bos taurus* (Angus) and *Bos indicus* (Brahman) cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 8, p. 1933–1942, 1 ago. 2003.

LADEIRA, M. M. *et al.* 132 Performance and carcass traits of Nellore and Nellore \times Angus steers fed whole shelled corn diets. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. suppl_4, p. 65–65, 1 ago. 2017.

LEMA, O. M. *et al.* Pre-weaning performance of Hereford, Angus, Salers and Nellore crossbred calves: Individual and maternal additive and non-additive effects. **Livestock Science**, v. 142, n. 1–3, p. 288–297, 2011.

LEME, P. R. *et al.* Desempenho em Confinamento e Características de Diferentes Cruzamentos Abatidos em Três Faixas de Peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2347–2353, 2000.

LIN, J.-C. Impacts of Alternative Splicing Events on the Differentiation of Adipocytes. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 9, p. 22169–22189, 14 set. 2015.

LIU, S. *et al.* Transcription factors regulate adipocyte differentiation in beef cattle. **Animal Genetics**, v. 51, n. 3, p. 351–357, 6 jun. 2020.

- LOUVEAU, I. *et al.* Invited review: Pre- and postnatal adipose tissue development in farm animals: From stem cells to adipocyte physiology. **Animal**, v. 10, n. 11, p. 1839–1847, 2016.
- MAEDA, K. *et al.* cDNA Cloning and Expression of a Novel Adipose Specific Collagen-like Factor, apM1 (Adipose Most Abundant Gene Transcript 1). **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 221, n. 2, p. 286–289, abr. 1996.
- MARCONDES, M. I. *et al.* Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p. 1313–1324, jun. 2011.
- MARCONDES, M. I. *et al.* Using growth and body composition to determine weight at maturity in Nelore cattle. **Animal Production Science**, v. 56, n. 7, p. 1121, 2016.
- MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON, F. E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1989.
- MARTINS, T. S. *et al.* Molecular factors underlying the deposition of intramuscular fat and collagen in skeletal muscle of Nelore and angus cattle. **PLoS ONE**, v. 10, n. 10, p. 1–13, 2015.
- MORSCI, N. S.; SCHNABEL, R. D.; TAYLOR, J. F. Association analysis of adiponectin and somatostatin polymorphisms on BTA1 with growth and carcass traits in Angus cattle. **Animal Genetics**, v. 37, n. 6, p. 554–562, 2006.
- MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos** Santa Maria, RS, BrasilUFSM, , 1987. .
- MUNDAY, M. R. Regulation of mammalian acetyl-CoA carboxylase. **Biochemical Society Transactions**, v. 30, n. 6, p. 1059–1064, 1 nov. 2002.
- NRC. Beef Cattle. In: **Predicting feed intake of food-producing animals**. Washington, DC: National Academies Press, 1987. p. 56–74.
- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Revised Edition**. Washington, D.C.: National Academies Press, 1996.
- OHTANI, Y. *et al.* Gene expression and hormonal regulation of adiponectin and its receptors in bovine mammary gland and mammary epithelial cells. **Animal Science Journal**, v. 82, n. 1, p. 99–106, 2011.
- OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 11, p. 3138–3150, 1993.
- PAIM, T. P. *et al.* Relationship of weight gain with infrared temperatures in Nelore and F1 (Nelore × Angus) heifers reared in two forage production systems1. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 9, p. 4002–4011, 7 set. 2018.
- PEREIRA, A. S. C. *et al.* Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nelore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. **Animal Production Science**, v. 55, n. 10, p. 1295, 2015.
- RIBEIRO, E. L. d. A. *et al.* Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH

immunocastrated, castrated and intact *Bos indicus* bulls. **Meat Science**, v. 68, n. 2, p. 285–290, out. 2004.

RIISPOA. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. [s.l.: s.n.].

ROCHA, J. C. M. C. *et al.* Componentes de variância para o período de gestação em bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 6, p. 784–791, 2005.

ROY, R. *et al.* Genomic structure and alternative transcript of bovine fatty acid synthase gene (FASN): comparative analysis of the FASN gene between monogastric and ruminant species. **Cytogenetic and Genome Research**, v. 111, n. 1, p. 65–73, 2005.

SADRI, H. *et al.* Plasma leptin and mRNA expression of lipogenesis and lipolysis-related factors in bovine adipose tissue around parturition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 95, n. 6, p. 790–797, 2011.

SAREMI, B. *et al.* Technical note: Identification of reference genes for gene expression studies in different bovine tissues focusing on different fat depots. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 3131–3138, jun. 2012.

SCHERER, P. E. *et al.* A novel serum protein similar to C1q, produced exclusively in adipocytes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 270, n. 45, p. 26746–26749, 1995.

SCHMITTGEN, T. D.; LIVAK, K. J. Analyzing real-time PCR data by the comparative CT method. **Nature Protocols**, v. 3, n. 6, p. 1101–1108, 5 jun. 2008.

SHENG, X. *et al.* RNA-seq analysis of bovine intramuscular, subcutaneous and perirenal adipose tissues. **Molecular Biology Reports**, v. 41, n. 3, p. 1631–1637, 2014.

SHIMANO, H. *et al.* Sterol regulatory element-binding protein-1 as a key transcription factor for nutritional induction of lipogenic enzyme genes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 274, n. 50, p. 35832–35839, 1999.

SHIN, S.; CHUNG, E. Novel SNPs in the bovine ADIPOQ and PPARGC1A genes are associated with carcass traits in Hanwoo (Korean cattle). **Molecular Biology Reports**, v. 40, n. 7, p. 4651–4660, 2013.

SUGISAWA, L.; MATOS, B. da C. de; SUGISAWA, J. M. Uso da Ultrassonografia na avaliação de características de carcaça e de qualidade da carne. In: ROSA, A. DO N. *et al.* (Ed.). **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 97–107.

SZTALRYD, C. *et al.* Perilipin A is essential for the translocation of hormone-sensitive lipase during lipolytic activation. **Journal of Cell Biology**, v. 161, n. 6, p. 1093–1103, 23 jun. 2003.

TAGA, H. *et al.* Adipocyte metabolism and cellularity are related to differences in adipose tissue maturity between holstein and charolais or Blond d'aquitaine fetuses. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 3, p. 711–721, 2011.

TANIGUCHI, M. *et al.* Adipogenesis of bovine perimuscular preadipocytes. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 366, n. 1, p. 54–59, 2008.

4 EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO E DA RAÇA PATERNA SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE NOVILHOS TERMINADOS A PASTO

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos do mérito genético para acabamento de carcaça (MGA) sobre o desempenho animal e características de carcaça de novilhos Nelore (N) ou cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore, AN) terminados a pasto. Os animais foram obtidos pelo acasalamento entre matrizes Nelore com touros Nelore (N) ou Aberdeen Angus (AN). Ambos os grupos genéticos paternos foram selecionados para possuírem diferenças esperadas na progênie positivas (+, alto MGA) ou negativas (-, baixo MGA) para acabamento de carcaça (DEPacb). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizado em arranjo fatorial 2 (alto e baixo MGA) x 2 (N e AN). Foram utilizados cento e setenta e dois animais, sendo 34 N+, 33 N-, 46 AN+ e 59 AN-. Os novilhos foram recriados e terminados a pasto com avaliações do desempenho animal em cada uma das fases. Foi realizada avaliação carcaça por ultrassonografia ao final da recria. Na ocasião, realizou-se a castração cirúrgica dos animais. Os novilhos foram abatidos ao atingirem aproximadamente 550 kg de peso corporal (PC) e as carcaças foram avaliadas quali-quantitativamente. Não houve efeito ($P > 0,05$) do MGA sobre o PC ao desmame, PC ao sobreano, PC e idade ao final da recria, altura de garupa e escore de estrutura corporal. Animais de alto MGA apresentaram maiores ($P < 0,05$) médias em relação aos animais de baixo MGA para espessura de gordura subcutânea (EGS) ao final da recria, espessura gordura sobre a picanha ao final da recria, EGS de carcaça, escore de acabamento, escore de distribuição de gordura e escore de conformação. Animais AN apresentaram desempenho superior durante a recria e terminação a pasto e foram abatidos mais jovens em relação aos N. Contudo animais N apresentaram maior ($P < 0,05$) escore de distribuição de gordura sobre a carcaça e tendência ($P = 0,0503$) a maior escore de acabamento em relação aos AN. Ao utilizar PC como critério de abate, deve-se considerar pesos mais elevados para abate de novilhos AN em relação aos N. O MGA permite a obtenção de animais que proporcionam carcaças com maior grau de acabamento sem influenciar o desempenho dos animais recriados e terminados a pasto.

Palavras-chave: Aberdeen Angus. Acabamento de carcaça. Distribuição de gordura. Nelore.

ABSTRACT

The objective was to evaluate effects of genetic merit for finishing (GMF) on animal performance and carcass traits of Nellore (N) or crossbred steers ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nellore, AN) finished on pasture. Animals were obtained by mating Nellore sires with Nellore (N) or Aberdeen Angus (AN) bulls. Both paternal genetic groups were selected to have positive (+, high GMF) or negative (-, low GMF) expected progeny differences for backfat thickness (EPDbf). A randomized block design in a factorial arrangement 2 (high and low MGA) x 2 (N and AN) was used. One hundred and seventy-two animals were used, being 34 N +, 33 N-, 46 AN + and 59 AN-. The steers were raised and finished on pasture with assessments of animal performance in each phase. Qualitative carcass traits were evaluated by ultrasound of the animals at the end of rearing. In that occasion, the animals were surgically castrated. Steers were slaughtered when they reached approximately 550 kg of body weight (BW) and the carcasses were evaluated qualitatively and quantitatively. There was no effect ($P > 0.05$) of GMF on BW at weaning, BW at yearling, BW and age at the end of rearing, croup height and body structure score. High GMF animals showed higher ($P < 0.05$) averages compared to low GMF animals for backfat thickness (BFT) at the end of rearing, rump fat thickness at the end of rearing, carcass BFT, finishing score, fat distribution score and conformation score. AN animals showed superior performance during rearing and finishing on pasture and were slaughtered younger than N. However, N animals showed higher ($P < 0.05$) carcass fat distribution score and tendency ($P = 0.0503$) to higher finishing score compared to AN. When using BW as a slaughter criterion, higher weights for slaughtering AN steers compared to N should be considered. GMF makes it possible to obtain animals that provide carcasses with a higher degree of finish without influencing the performance of the animals growing and finished on pasture.

Keywords: Aberdeen Angus. Carcass finish. Fat distribution. Genetic value. Nellore.

4.1. Introdução

Produzir animais jovens com adequado acabamento de carcaça ainda é desafiador em algumas realidades produtivas, como nas regiões tropicais, por exemplo. O Brasil é um dos países de maior destaque na pecuária de corte mundial com grande parte da produção conduzida em pastagens tropicais. Nestas condições os índices produtivos são baixos e os desafios são amplos, fazendo-se necessário o uso de tecnologias e estratégias adequadas para aumento da produtividade (POPPI *et al.*, 2018). Dentre elas estão a escolha dos sistemas de produção e terminação dos animais, bem como a escolha da genética dos animais que mais se adaptem a esses sistemas de produção.

Estudos têm demonstrado efeitos importantes do mérito genético sobre características produtivas e reprodutivas de animais leiteiros (BUCKLEY *et al.*, 2000; SNIJDERS *et al.*, 2001), possibilitando o entendimento dos eventos fisiológicos relacionados a tais características e contrasta-las em diferentes sistemas (BEDERE *et al.*, 2016). Na bovinocultura de corte, o acabamento de carcaça é uma característica de importância econômica de difícil controle, principalmente em condições de pastejo e com uso de cruzamentos envolvendo raças taurinas e zebuínas (MOREIRA *et al.*, 2003). O progresso genético das raças bovinas tem possibilitado melhores estimativas do mérito genético dos animais expressos pelas diferenças esperadas na progênie (DEP).

As DEPs são informações amplamente utilizadas e difundidas por programas de melhoramento e sistemas de produção especializados em seleção (MARTINS, 2013). Nada impede que o valor genético dos reprodutores tenha aplicação direta na cadeia produtiva com objetivos direcionados a produção de progênies com características divergentes. No entanto, é importante avaliar a magnitude destas variações nos fenótipos, as implicações no contexto produtivo e os mecanismos que permitem controlar estas modificações em condições que expressam a realidade dos sistemas de produção. Diante do exposto, o objetivo com a presente pesquisa foi verificar os efeitos do mérito genético para acabamento de carcaça sobre o desempenho e características de carcaça de novilhos Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) recriados e terminados em pastagens tropicais.

4.2. Material e métodos

Os procedimentos adotados na presente pesquisa foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Processo CEUA/CNPGC nº 007-2015).

4.2.1. Animais experimentais e tratamentos

Os animais foram produzidos por IATF de matrizes Nelore multíparas na mesma fase da estação reprodutiva com touros Nelore (N) ou Aberdeen Angus (AN). Ambos os grupos genéticos paternos foram selecionados para possuírem DEPs positivas (+) ou negativas (-) para acabamento (DEP_{ac}), para obtenção de animais com alto e baixo mérito genético para acabamento (MGA), respectivamente. Os critérios de escolha e os touros selecionados estão descritos na Tabela 8. Foram utilizados 172 animais oriundos dos acasalamentos descritos anteriormente, sendo 34 N+, 33 N-, 46 AN+ e 59 AN-, divididos em três experimentos.

O experimento I foi conduzido apenas com animais cruzados (19 AN- e 15 AN+) desmamados no ano de 2016. Devido a fortes chuvas da estação em 2015 e por estarem em zona de alagamento característica do Pantanal Sul Mato-grossense, os animais do experimento I tiveram que ser transferidos subitamente para uma área com menor suporte forrageiro. Em virtude do ocorrido, alguns dos animais da pesquisa, principalmente N, não puderam seguir em avaliação.

O experimento II contou com animais de todos os grupos genéticos (15 N-, 19 N+, 16 AN- e 18 AN+), nascidos em 2015 e desmamados em 2016. Na mesma propriedade foram produzidos os animais do experimento III (18 N-, 15 N+, 24 AN- e 13 AN+) da estação reprodutiva seguinte, que nasceram em 2016 e foram desmamados em 2017.

Da parição ao desmame (0 a 8 meses de idade), os animais pertencentes a cada um dos três experimentos foram mantidos com as matrizes em pastagens de *Brachiaria spp.*, recebendo suplementação mineral *ad libitum*. Os bezerros foram desmamados pela separação definitiva das mães, aos $8,77 \pm 0,78$ meses de idade e peso corporal (PC) médio de $218,31 \pm 37,54$ kg.

Tabela 8 - Critérios utilizados para a escolha dos touros e informações dos touros selecionados para produzir os animais experimentais¹

| Produtos ¹ | %Psob ² | Acc ³ | %Acab ⁴ | Acc ³ | Sumário ⁵ | |
|---------------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
| N+ | <30% | >30% | <5% | >30% | ANCP (2014) | |
| N- | <30% | >30% | 99% | >30% | ANCP (2014) | |
| A+ | <30% | >30% | <10% | >30% | AAA (2014) | |
| A- | <30% | >30% | >65% | >30% | AAA (2014) | |
| Nome dos touros | %Psob ² | Acc ³ | %Acab ⁴ | DEPac ⁶ | Acc ³ | NF ⁷ |
| N+ | | | | | | 34 |
| REM Quilano | 4 | 0,93 | 0,1 | 1,09 | 0,88 | 5 |
| Relevo do Golias | 25 | 0,82 | 1 | 0,50 | 0,73 | 4 |
| Quarto JHV | 4 | 0,87 | 2 | 0,44 | 0,77 | 11 |
| Maximus da Matinha | 2 | 0,79 | 2 | 0,36 | 0,74 | 7 |
| Samaritano JHV | 3 | 0,84 | 2 | 0,38 | 0,73 | 7 |
| N- | | | | | | 33 |
| Golias FIV Col | 25 | 0,71 | 99 | -0,54 | 0,68 | 5 |
| Nougan do API | 2 | 0,77 | 99 | -0,37 | 0,68 | 5 |
| Faracatu JB da Gur | 10 | 0,78 | 99 | -0,33 | 0,64 | 10 |
| Imperioso Col | 15 | 0,74 | 99 | -0,22 | 0,66 | 9 |
| Donato de Navirai CSCC | 2 | 0,93 | 99 | -0,28 | 0,79 | 4 |
| A+ | | | | | | 46 |
| Sitz Gunslinger 11612 | 3 | 0,36 | 3 | 2,21 | 0,33 | 12 |
| EF Complement 8088 | 5 | 0,82 | 1 | 2,13 | 0,64 | 2 |
| Sitz RLS Undertaker 11582 | 5 | 0,36 | 3 | 1,98 | 0,34 | 8 |
| Connealy Final Product | 5 | 0,93 | 2 | 1,93 | 0,68 | 14 |
| SAV Plainsman 0468 | 15 | 0,33 | 2 | 1,91 | 0,33 | 10 |
| A- | | | | | | 59 |
| Connealy Lead On | 30 | 0,96 | 99 | -2,34 | 0,72 | 4 |
| SAV Blacksmith 2815 | 3 | 0,38 | 97 | -1,30 | 0,34 | 14 |
| Quaker Hill Rampage 0A36 | 1 | 0,34 | 95 | -1,14 | 0,39 | 13 |
| HA PROGRAM 5652 | 17 | 0,91 | 95 | -1,14 | 0,66 | 16 |
| Circle A Incentive | 10 | 0,67 | 85 | -0,64 | 0,70 | 12 |
| Total | | | | | | 172 |

¹ N+ = touro Nelore com alto mérito genético para acabamento de carcaça; N- = touro Nelore com baixo mérito genético para acabamento de carcaça; A+ = touro Aberdeen Angus com alto mérito genético para acabamento de carcaça; A- = touro Aberdeen Angus com baixo mérito genético para acabamento de carcaça;

² Percentil do touro para a característica peso ao sobreano;

³ Acurácia da característica, calculada segundo o BIF (Beef Improvement Federation);

⁴ Percentil do touro para espessura de gordura subcutânea;

⁵ Informações obtidas no sumário de touros da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, agosto 2014 (ANCP, 2014) e sumário da Associação Americana de Angus 2014 (AAA, 2014);

⁶ Diferença esperada na progênie para espessura de gordura subcutânea, em milímetros;

⁷ Número de filhos utilizados na pesquisa.

4.2.2. Fase de recria

A recria de cada experimento foi realizada mantendo os animais em um único lote, em pasto de capim *Brachiaria sp* sob lotação contínua. Os novilhos receberam suplementação proteico-energética (Anexo A), ofertada ao nível de 0,3% do PC médio do lote, com livre acesso a água. Os períodos totais de recria foram subdivididos em duas fases, sendo a primeira correspondente estação seca (junho a outubro - Fase I) e a segunda à estação chuvosa (novembro a maio - Fase II).

Os animais foram pesados no início e em períodos com intervalo de 45 dias para acompanhamento do desempenho animal e ajuste da oferta de suplemento. O ganho de peso médio diário (GMD) na recria foi calculado pela diferença entre os pesos finais e iniciais, dividido pelo tempo de duração em dias de cada fase. Os pesos corporais (PC) ao desmame e ao sobreano foram ajustados em função do tempo para 240 e 550 dias, respectivamente.

No início de cada período também foram realizadas avaliações de disponibilidade de forragem e coletadas amostras por simulação de pastejo para determinação do valor nutricional das pastagens. A massa de forragem (MF) foi estimada por avaliadores treinados utilizando o sistema de rendimento visual comparativo proposto por Haydock & Shaw (1975). Posteriormente, pôde-se calcular a oferta de forragem (OF) e a taxa de lotação (TL) em cada fase dos experimentos. As médias dos experimentos I, II e III de MF, OF e TL durante a recria foram respectivamente: 1955,00; 4238,98 e 4950,98 kg de matéria seca (MS)/ha; 458,30; 1067,73 e 1292,05 kg de MS/ 100 kg de PC e 0,96; 0,88 e 1,25 Unidade animal/ha (Anexo D).

Utilizou-se o PC como critério para a transição dos animais da recria para a terminação. Ao atingirem PC médio de 420 kg, os animais foram castrados cirurgicamente e direcionados em lotes para terminação. Na ocasião, foram coletadas medidas de altura de garupa de todos os animais para estimativa do escore de estrutura corporal segundo a BIF (2018).

Ao final da recria, foram feitas avaliações de parâmetros qualitativos de carcaça *in vivo* por ultrassonografia. Utilizou-se aparelho ESAOTE Piemedical Aquila Vet (ESAOTE Pie Medical Imaging, Inc., Maastricht, Holanda), com transdutor linear de 3,5 MHz, com 18 cm, acoplador acústico (stand-off) e óleo vegetal como transmissor acústico. Foram tomadas imagens ultrassonográficas entre a 12^a e 13^a costelas, transversalmente ao músculo *longissimus thoracis* (LT) para medir a área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS). Do mesmo modo, uma imagem do músculo *biceps femoris* (BF) foi obtida para medir a espessura da gordura sobre a picanha (EGP). A obtenção das imagens, bem como suas

interpretações auxiliadas pelo software Lince (M&S Consultoria Agropecuária Ltda, Pirassununga, SP, Brasil), foram realizadas por técnico capacitado.

4.2.3. Fase de terminação

Em todos os experimentos deste capítulo a terminação foi realizada a pasto com suplementação proteico-energética. Os animais do experimento I foram terminados em pastagens de integração com cultivo de soja, formada momentaneamente com capim *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. Por estarem em pastagem com alta produção de forragem de elevado valor nutritivo, este grupo foi mantido com oferta de suplemento ao nível de 0,3 % do PC médio do lote.

Durante a terminação, os animais dos experimentos II e III permaneceram em pastos convencionais formados com capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e foram suplementados com ração concentrada (Anexo E) ofertada diariamente ao nível de 1,5% do PC médio do lote. Inicialmente, a suplementação foi ofertada de forma gradual até o nível preconizado, promovendo uma adaptação dos animais ao sistema de alimentação.

As avaliações das forragens e acompanhamento do desempenho animal seguiram o mesmo padrão descrito para a recria. As médias dos experimentos I, II e III de MF, OF e TL durante a terminação foram respectivamente: 5502,11; 5835,84 e 6238,01 kg de MS/ha; 1032,17; 1319,50 e 1723,86 kg de MS/kg de PC e 1,57; 1,09 e 0,70 Unidade animal/ha (Anexo D)

O PC de 550 kg foi utilizado como critério para abate dos animais. Deste modo, o tempo de permanência e idade dos animais em cada uma das fases passam a ser um dos principais parâmetros de resposta do desempenho animal. Utilizando a função de previsão linear do software Excel (Microsoft® Excel®, Washington, DC, USA), foram estimadas individualmente as datas para atingir 420 e 550 kg, em função da regressão linear entre datas e PC dos animais, tomados durante a recria e terminação respectivamente. Deste modo, pode-se calcular o tempo estimado para cada novilho atingir 420 e 550 kg, pela diferença entre as datas preditas e as datas iniciais de cada fase.

4.2.4. Abate e avaliação de carcaça

O abate ocorreu em frigorífico comercial seguindo regulamentações brasileiras previstas no RIISPOA (2017). As carcaças foram identificadas individualmente, seccionadas

longitudinalmente, pesadas e resfriadas (2 °C) por 24 h. Calculou-se o rendimento de carcaça quente (RCQ) em função do peso da carcaça quente (PCQ) e o peso corporal final (PCF) em jejum dos animais ($PCQ/PCF \times 100$).

Após o resfriamento, as carcaças foram avaliadas para escores de conformação (MÜLLER, 1987), acabamento e de distribuição de gordura nas meias carcaças esquerdas. Para o escore de acabamento adotou-se a escala em relação a quantidade de gordura sobre a carcaça seguir: ausente (A- = 0,7, A = 1 e A+ = 1,3), escassa (E- = 1,7, E = 2 e E+ = 2,3), mediana (M- = 2,7, M = 3 e M+ = 3,3), uniforme (U- = 3,7, U = 4 e U+ = 4,3), e excessiva (Ex- = 4,7, Ex = 5 e Ex+ = 5,3). Quanto ao escore de distribuição de gordura, utilizou-se a escala a seguir: desuniforme = 1, mediana = 2 e uniforme = 3, podendo ser atribuindo valores intermediários (0,5) entre as classes. Em seguida, foram realizadas medidas de comprimento, profundidade interna e profundidade externa das carcaças por meio das respectivas distâncias: entre as bordas craniais da sínfise ísquio-pubiana e da primeira costela; entre a borda inferior do canal medular na altura entre a 5ª e 6ª vertebrae torácicas até as bordas do osso esterno tomada internamente ou externamente à carcaça.

O músculo *longissimus thoracis* (LT) foi seccionado entre a 12ª e 13ª costelas, expondo a área de olho de lombo (AOL), permitindo o desenho do seu contorno em papel vegetal. Na ocasião, foram mensuradas as espessuras de gordura subcutânea (EGS) com auxílio de um paquímetro digital. Posteriormente, os contornos de AOL foram lidos em medidor de área foliar LI-3100C (Li-Cor Inc., LI, EUA), exibindo resultados em centímetros quadrados.

4.2.5. Análise estatística

Utilizou-se delineamento em blocos casualizados com arranjo fatorial 2 (MGA alto e baixo) x 2 (raça paterna AN e N) conforme modelo matemático a seguir:

$$Y_{ijklm} = \mu + L_k + E_l + R_i + M_j + (R \times M)_{ij} + \varepsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklm} = variável dependente observada no animal “m”, raça paterna “i”, MGA “j”; lote “k” e grupo “l”; μ = média populacional ou constante global; R_i = efeito da raça paterna “i”; M_j = efeito do MGA “j”; L_k = efeito do lote “k”; E_l = efeito do experimento “l”; $(R \times M)_{ij}$ interação entre os fatores de raça “i” e MGA “j”; e ε_{ijklm} = erro aleatório não observado.

Os dados foram submetidos a análise de máxima verossimilhança restrita, pelo procedimento PROC MIXED do SAS, versão 9.3, considerando lotes e experimento como efeitos aleatórios. O efeito de lote incluiu variações individuais como peso de abate. Já os experimentos

contemplam efeitos de origem e ano de nascimento. Considerou-se significativos os efeitos a 5% de probabilidade.

4.3. Resultados

4.3.1. Desempenho

As médias de diferença esperada na progênie para as características de acabamento de carcaça (DEPacb), acurácias e percentis das DEPacb e de peso ao sobreano (DEPsob) dos pais dos animais utilizados no presente estudo, estão apresentadas na Tabela 9. Houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores estudados sobre os índices de valor genético apresentados (Tabela 9).

Houve efeito ($P < 0,05$) de MGA para DEPacb e para os percentis das DEPacb e DEPsob. Novilhos com alto MGA apresentaram maior média de DEPacb em relação aos de baixo MGA. Pais de animais de alto MGA apresentaram menor percentil para DEPsob que pais dos novilhos de baixo MGA. Houve efeito ($P < 0,05$) da raça paterna sobre DEPacb. Filhos de touros Aberdeen Angus (AN) apresentaram DEPacb 0,13 mm maiores ($P < 0,05$) em relação aos filhos de touros Nelore (N).

Tabela 9 - Média das diferenças esperadas na progênie, acurácia e percentil para características de acabamento de carcaça e peso ao sobreano dos pais dos animais terminados a pasto

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|--|--------------------|--------|--------------------|------|--------------------|---------|-------------------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai | MGA | Interação |
| DEP ⁴ acabamento (mm) | 0,23 | 0,10 | -0,86 | 1,38 | 0,10 | 0,0001 | <,0001 | <,0001 |
| Acurácia de DEP ⁴ Acabamento | 0,50 | 0,73 | 0,61 | 0,61 | 0,01 | <,0001 | 0,8321 | <,0001 |
| Percentis dos touros para acabamento (%) | 48,05 | 50,36 | 96,42 | 2,00 | 3,58 | <,0001 | <,0001 | <,0001 |
| Acurácia de DEP ⁴ peso ao sobreano | 0,57 | 0,79 | 0,68 | 0,69 | 0,02 | <,0001 | 0,6595 | 0,0099 |
| Percentis dos touros para peso ao sobreano (%) | 26,59 | 22,36 | 45,64 | 3,31 | 2,93 | 0,2707 | <,0001 | 0,0083 |
| Interação dos fatores nas variáveis | Angus | | | | Nelore | | | |
| | Baixo | | Alto | | Baixo | | Alto | |
| DEP ⁴ acabamento (mm) | -1,16 ^d | | 2,02 ^a | | -0,33 ^c | | 0,51 ^b | |
| Acurácia de DEP ⁴ Acabamento | 0,54 ^c | | 0,45 ^d | | 0,68 ^b | | 0,78 ^a | |
| Percentis dos touros para acabamento (%) | 93,71 ^b | | 2,39 ^c | | 99,12 ^a | | 1,60 ^c | |
| Acurácia de DEP ⁴ peso ao sobreano | 0,60 ^b | | 0,54 ^c | | 0,75 ^a | | 0,84 ^a | |
| Percentis dos touros para peso ao sobreano (%) | 43,06 ^a | | 10,11 ^b | | 48,21 ^a | | 3,49 ^c | |

¹ Raça paterna das progênies.

² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça.

³ Erro padrão da média.

⁴ Diferença esperada na progênie.

^{abcd} Médias com letras distintas nas mesmas linhas diferem pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de significância.

Tabela 10 - Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o desempenho de novilhos durante recria a pasto

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|---|------------------|--------|------------------|--------|------------------|---------|--------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai | MGA | Interação |
| Idade ao desmame (meses) | 8,88 | 9,01 | 8,91 | 8,98 | 0,06 | 0,1702 | 0,4352 | 0,2327 |
| Peso corporal ao desmame ⁵ (kg) | 221,03 | 190,61 | 204,30 | 207,34 | 2,92 | <,0001 | 0,4596 | 0,7538 |
| Peso corporal ao sobreano ⁶ (kg) | 370,76 | 292,54 | 327,89 | 335,41 | 4,66 | <,0001 | 0,2375 | 0,9816 |
| Peso corporal ao final da fase I ⁷ da recria (kg) | 260,58 | 213,01 | 234,99 | 238,60 | 3,28 | <,0001 | 0,4961 | 0,2198 |
| Ganho de peso médio diário fase I ⁷ da recria (g/dia) | 168,07 | 69,31 | 114,53 | 122,85 | 16,61 | <,0001 | 0,7052 | 0,2959 |
| Peso corporal ao final da fase II ⁸ da recria (kg) | 425,69 | 419,30 | 423,17 | 421,83 | 2,71 | 0,1373 | 0,7367 | 0,4147 |
| Ganho de peso médio diário fase II ⁸ da recria (g/dia) | 756,76 | 634,83 | 685,46 | 706,13 | 8,86 | <,0001 | 0,1695 | 0,5322 |
| Ganho de peso médio diário total (g/dia) | 480,31 | 414,72 | 446,44 | 448,59 | 7,17 | <,0001 | 0,8512 | 0,6473 |
| Idade ao final da recria (meses) | 19,95 | 23,74 | 22,02 | 21,67 | 0,21 | <,0001 | 0,2184 | 0,4496 |
| Altura de garupa (cm) | 143,24 | 154,26 | 149,54 | 147,96 | 0,83 | <,0001 | 0,1227 | 0,7147 |
| Escore de estrutura corporal ⁹ | 6,21 | 8,03 | 7,25 | 6,99 | 0,11 | <,0001 | 0,1292 | 0,7988 |
| Tempo estimado do desmame aos 420 kg (meses) | 10,40 | 14,87 | 12,95 | 12,32 | 0,27 | <,0001 | 0,1208 | 0,7277 |

¹ Raça paterna das progênie.² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça.³ Erro padrão da média.⁴ Diferença esperada na progênie.⁵ Peso ajustado para 240 dias.⁶ Peso ajustado para 550 dias.⁷ Fase inicial da recria correspondente a estação seca (junho a outubro).⁸ Fase final da recria correspondente a estação chuvosa (novembro a maio).⁹ Escore de estrutura corporal calculado conforme BIF (2018).

Não houve interação entre fatores para nenhuma das variáveis de desempenho estudadas na presente pesquisa (Tabelas 10 e 11). As variáveis de desempenho animal durante a recria não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelo MGA (Tabela 10). Quanto à raça paterna, o desempenho animal foi amplamente influenciado ($P < 0,05$). Animais AN apresentaram desempenho superior ($P < 0,05$), com maiores médias de pesos corporais ao desmame (corrigido para 240 dias) e sobreano (corrigido para 550 dias), maior GMD e menor tempo estimado de recria e idade ao final da recria em relação aos N.

Em relação ao desempenho animal durante a terminação, houve efeito ($P < 0,05$) de MGA sobre o peso corporal e idade ao abate, de modo que animais de baixo MGA apresentaram maiores médias para ambas as variáveis. Houve efeito ($P < 0,05$) de raça paterna sobre o desempenho em terminação, com animais AN apresentando menor idade ao abate, maior PC ao abate e menor tempo estimado do desmame aos 550 kg, comparados aos novilhos N (Tabela 11). Contudo, o tempo em terminação e GMD foram semelhantes ($P > 0,05$) entre os animais AN e N.

4.3.2. Características de carcaça

Houve interação ($P < 0,05$) entre MGA e raça paterna para as medidas de EGP e AOL avaliadas *in vivo* ao final da recria (Tabela 12). Animais N+ apresentaram maior EGP em relação N-. Novilhos AN- apresentaram maior AOL ao final da recria, em relação aos AN+.

Não houve efeito ($P > 0,05$) do MGA sobre peso e rendimento da carcaça quente, bem como, sobre as medidas de comprimento e profundidades interna e externa da carcaça (Tabela 12). Novilhos de alto MGA apresentaram maior EGS e EGP já na fase final da recria (início da terminação). Ao abate, animais de alto MGA apresentaram carcaças com maior EGS e maiores escores de conformação, acabamento e distribuição de gordura.

Houve efeito ($P < 0,05$) de raça paterna sobre AOL, escore de distribuição de gordura e medidas morfométricas da carcaça (Tabela 12). Animais AN tiveram maior AOL desde o final da recria e apresentaram carcaças mais compridas e profundas do que animais N. A EGS, o peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça quente (RCQ) foram semelhantes ($P > 0,05$) entre os animais de ambas as raças paternas. No entanto, animais N apresentaram maior escore de distribuição de gordura e tendência ($P = 0,0503$) a maior escore de acabamento.

Tabela 11 - Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre o desempenho de novilhos durante terminação a pasto

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|--|------------------|--------|------------------|--------|------------------|---------|--------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai | MGA | Interação |
| Idade ao abate (meses) | 25,07 | 28,68 | 27,22 | 26,54 | 0,19 | <,0001 | 0,0200 | 0,3269 |
| Peso corporal ao abate (kg) | 540,38 | 525,17 | 538,07 | 527,48 | 2,38 | 0,0010 | 0,0127 | 0,5944 |
| Tempo estimado dos 420 aos 550 kg (meses) | 4,57 | 4,92 | 4,64 | 4,86 | 0,10 | 0,0508 | 0,2224 | 0,2280 |
| Tempo estimado da desmama aos 550 kg (meses) | 14,97 | 19,82 | 17,62 | 17,18 | 0,31 | <,0001 | 0,3620 | 0,4905 |
| Tempo em terminação (meses) | 4,76 | 4,63 | 4,80 | 4,60 | 0,07 | 0,3800 | 0,1810 | 0,6183 |
| Ganho de peso médio diário na terminação (g/dia) | 751,22 | 725,08 | 757,25 | 719,05 | 11,80 | 0,3199 | 0,1163 | 0,7485 |

¹ Raça paterna das progênes.

² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça.

³ Erro padrão da média.

⁴ Matéria seca.

⁵ Peso corporal.

Tabela 12 - Efeito da raça e do mérito genético paterno para acabamento de carcaça sobre características de carcaça de novilhos

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|---|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|---------|---------------------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai | MGA | Interação |
| AOL ⁴ ao final da fase II (cm ²) | 79,91 | 74,75 | 77,20 | 77,46 | 0,81 | 0,0031 | 0,8378 | 0,0081 |
| EGS ⁵ ao final da fase II (mm) | 3,30 | 3,23 | 2,97 | 3,55 | 0,10 | 0,7881 | 0,0025 | 0,9749 |
| EGP ⁶ ao final da fase II (mm) | 3,40 | 3,85 | 3,19 | 4,06 | 0,14 | 0,0914 | 0,0002 | 0,0007 |
| Peso de carcaça quente (kg) | 283,94 | 286,00 | 284,01 | 285,93 | 1,18 | 0,1664 | 0,1411 | 0,2432 |
| Rendimento de carcaça quente (kg) | 52,52 | 52,94 | 52,57 | 52,89 | 0,13 | 0,1285 | 0,1877 | 0,3486 |
| Escore de distribuição de gordura | 2,08 | 2,28 | 2,05 | 2,30 | 0,04 | 0,0196 | 0,0033 | 0,6740 |
| Escore de conformação | 9,26 | 8,99 | 8,76 | 9,50 | 0,11 | 0,2068 | 0,0005 | 0,1185 |
| Escore de acabamento | 2,20 | 2,39 | 2,18 | 2,41 | 0,05 | 0,0503 | 0,0165 | 0,0916 |
| Comprimento de carcaça (cm) | 139,00 | 136,10 | 137,93 | 137,18 | 0,35 | <,0001 | 0,1752 | 0,1162 |
| Profundidade externa da carcaça (cm) | 51,81 | 51,12 | 51,37 | 51,57 | 0,14 | 0,0166 | 0,4691 | 0,3371 |
| Profundidade interna de carcaça (cm) | 42,91 | 41,75 | 42,59 | 42,08 | 0,17 | 0,0008 | 0,1263 | 0,9433 |
| EGS ⁵ (mm) | 3,66 | 3,70 | 3,26 | 4,09 | 0,12 | 0,9057 | 0,0007 | 0,6650 |
| AOL ⁴ (cm ²) | 80,10 | 76,48 | 79,18 | 77,40 | 0,63 | 0,0393 | 0,0837 | 0,7631 |
| Interação entre fatores das variáveis | Angus | | | | Nelore | | | |
| | Baixo | | Alto | | Baixo | | Alto | |
| AOL ao final da fase II (cm ²) | 81,45 ^a | | 78,37 ^b | | 72,95 ^c | | 76,55 ^{bc} | |
| EGP ao final da fase II (mm) | 3,36 ^b | | 3,44 ^b | | 3,02 ^b | | 4,68 ^a | |

¹ Raça paterna das progênes, ² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça, ³ Erro padrão da média;

⁴ Área de olho de lombo

⁵ Espessura de gordura subcutânea;

⁶ Espessura de gordura sobre a picanha.

^{abcd} Médias com letras distintas nas mesmas linhas diferem pelo teste de Tukey Kramer a 5% de significância.

4.4. Discussão

4.4.1. Desempenho

Como preconizado, as médias de DEP_{acb} foram divergentes para MGA, indicando que os valores genéticos dos animais foram diferentes para acabamento de carcaça. Já os efeitos da raça paterna sobre os índices genéticos não são passivos de comparação, uma vez que as DEPs são índices preditores específicos de cada raça (GREINER, 2009).

Em nosso estudo, o PC foi considerado como critério para entrada em terminação (≈ 420) e saída para abate (≈ 550) dos animais. Em virtude disso, as respostas mais apropriadas para indicar a influência dos tratamentos sobre o desempenho animal foram idade e tempo necessário para atingir o PC determinado.

Mesmo buscando selecionar touros com valor genético semelhantes para peso ao sobreano, os touros escolhidos com alto MGA apresentaram melhor classificação no ranking dos sumários para a característica de peso ao sobreano (percentil DEP_{sob}). No entanto, o menor percentil da DEP_{sob} não se refletiu em variações no desempenho, uma vez que o MGA não influenciou a idade ao final da recria, o tempo estimado para alcançar 420 kg PC, o tempo estimado até 550 kg PC, o tempo estimado entre 420 e 550 kg de PC, escore de estrutura corporal, o tempo em terminação, bem como o GMD nas fases da recria e na terminação. A estrutura corporal está relacionada ao crescimento e desenvolvimento animal, em função da deposição de tecidos (HORIMOTO *et al.*, 2006). Em virtude da semelhança na estrutura corporal entre animais de MGA divergente, pode-se considerar que o crescimento e desenvolvimento entre animais de alto e baixo MGA foi semelhante.

Quanto ao fator de raça paterna, o desempenho animal na recria foi amplamente influenciado. Isso está relacionado aos efeitos aditivos da heterose individual e não aditivos sobre a maior taxa de crescimento pós-desmame em condições tropicais obtida com o cruzamento entre as raças estudadas (LOPES *et al.*, 2010; BERTOLI *et al.*, 2015). O maior desempenho durante a recria se refletiu em menores idade ao abate e tempo estimado do desmame aos 550 kg para novilhos AN. Contudo, o tempo em terminação e GMD em condição de pastejo foram semelhantes entre novilhos AN e N. Isso pode estar relacionado ao efeito mais pronunciado da heterose sobre a musculosidade durante a fase inicial de crescimento (KIPPERT *et al.*, 2008). Além disso, a terminação em pastejo pode ter sido condição limitante do ganho em desempenho dos animais com proporção genética taurina em relação aos zebuínos (BARBOSA *et al.*, 2014). Em outro estudo com os mesmos grupos genéticos (Capítulo I) o

maior ganho de peso de animais AN em relação a N ocorreu não apenas durante a fase de recria mas também em terminação, entretanto, os animais foram mantidos não castrados e foram terminados em sistema de confinamento.

4.4.2. Características de carcaça ao abate

Nas condições ambientais descritas, o MGA divergente promoveu efeito sobre EGS ao abate, escores de acabamento e de distribuição de gordura na carcaça, indicando que a divergência no grau de acabamento foi visualmente perceptível. Além disso, demonstrou-se que o MGA modulou a taxa de deposição de gordura subcutânea nos novilhos na fase de terminação sem influenciar o tempo necessário para atingir os pesos corporais determinados. Os mecanismos genéticos que atuam sobre este fenômeno não são conhecidos. No entanto, nossa pesquisa anterior (Capítulo I) indicou não haver relação entre os efeitos do MGA sobre o acabamento e a expressão relativa de alguns genes adipogênicos como ACC, ADIPOQ, FASN, PLIN, PPAR γ e SREBP1 no tecido adiposo subcutâneo. Além disso, existem evidências de que o metabolismo muscular também pode estar envolvido com a adiposidade das carcaças bovinas (HAUSMAN *et al.*, 2014; LOUVEAU *et al.*, 2016; BAZILE *et al.*, 2019).

Nos bovinos, a adipogênese do tecido adiposo subcutâneo inicia-se durante a gestação e ocorre por hiperplasia até aproximadamente 250 dias de idade (DU *et al.*, 2015). Posteriormente, os pré-adipócitos passam a ser diferenciados em adipócitos maduros por hipertrofia, dando volume ao tecido adiposo (DU *et al.*, 2013). As avaliações de carcaça por ultrassonografia ao final da recria evidenciaram que o efeito do MGA teve início ainda na fase de crescimento dos animais. A maior EGP ao final da recria exibida pelos animais N+ pode estar relacionada a eficiência do Nelore em dietas menos energéticas (PUTRINO *et al.*, 2007; PAULINO *et al.*, 2009), acentuando o efeito do MGA sobre a EGP nestes animais.

A área de olho de lombo (AOL) é indicador da musculosidade, do rendimento de cortes de alto valor comercial (LUCHIARI FILHO, 2000). Nosso estudo demonstrou que a AOL não é influenciada pelo MGA. No entanto, quanto a raça paterna, animais AN apresentaram maiores médias de AOL já ao final da recria em relação aos N, reforçando a precocidade no desenvolvimento muscular de animais frutos do cruzamento entre Taurinos e Zebuínos (MARSHALL, 1994; FRANKE, 1997).

Esse estudo reforçou que novilhos N são mais tardios para atingir os critérios de PC, aumentando a idade ao abate sem influenciar a EGS, PCQ e RCQ (PEREIRA *et al.*, 2015; LADEIRA *et al.*, 2017; GOULART *et al.*, 2020). Contudo, o acabamento e distribuição de

gordura sobre a carcaça destes animais foram superiores em relação aos novilhos AN. Estes resultados sugerem que para novilhos AN obterem acabamento compatível com N, deve-se utilizar estratégias nutricionais mais intensivas ou considerar pesos mais elevados para entrada em terminação destes animais. Considerando a antecipação em 113 dias para novilhos AN atingirem o PC estipulado (420 kg), pode-se inferir que o mais apropriado seria elevar o peso de entrada destes animais na terminação. Deste modo, os novilhos AN poderiam aproximar-se do seu peso maduro e com isso elevar a deposição de gordura sobre a carcaça (NRC, 1987; MOREIRA *et al.*, 2003).

4.5. Conclusão

O mérito genético para acabamento de carcaça (MGA) permite a obtenção de animais que proporcionam carcaças com maior grau de acabamento e esta diferença ocorre já durante a fase de recria. Animais Nelore com alto MGA iniciam a deposição de gordura mais precocemente em relação a cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) e apresentam maior deposição de gordura na carcaça quando abatidos a um mesmo peso.

Referências

AAA. **American angus association**. Disponível em: <http://www.angus.org>. Acesso em: 05/05/2014.

ANCP. **Sumério de Touros: Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã**. [s.l.: s.n.].

BARBOSA, F. A. *et al.* Desempenho de bovinos tabapuã e seus cruzados em pastagens de braquiária no estado da Bahia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 1, p. 253–258, 2014.

BAZILE, J. *et al.* Pathways and biomarkers of marbling and carcass fat deposition in bovine revealed by a combination of gel-based and gel-free proteomic analyses. **Meat Science**, v. 156, n. May, p. 146–155, 2019.

BEDERE, N. *et al.* Toward improved postpartum cyclicity of primiparous dairy cows: Effects of genetic merit for production traits under contrasting feeding systems. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 2, p. 1266–1276, fev. 2016.

BERTOLI, C. D. *et al.* Modeling breed additive and non-additive genetic effects using a Angus x Nelore crossbred population. **Livestock Science**, v. 176, n. 2015, p. 1–13, jun. 2015.

BIF. **Guidelines For Uniform Beef Improvement Programs** (L. V. Cundiff, L. D. Van Vleck, W. D. Hohenboken, Eds.). Prairie, MS: Beef Improvement Federation, 2018. .

BUCKLEY, F. *et al.* The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium

genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. **Livestock Production Science**, v. 64, n. 2–3, p. 107–119, jun. 2000.

DU, M. *et al.* MEAT SCIENCE AND MUSCLE BIOLOGY SYMPOSIUM: Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 1419–1427, 1 mar. 2013.

DU, M. *et al.* Fetal programming in meat production. **Meat Science**, v. 109, n. 21, p. 40–47, 1 nov. 2015.

FRANKE, D. E. Postweaning performance and carcass merit of F1 steers sired by Brahman and alternative subtropically adapted breeds. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 10, p. 2604, 1997.

GOULART, R. S. *et al.* Comparison of Nellore and Bos taurus × Nellore beef crosses at the same age on performance, carcass characteristics, and fecal starch content. **Applied Animal Science**, v. 36, n. 3, p. 430–436, 2020.

GREINER, S. P. **Understanding Expected Progeny Differences (EPDs)**: Virginia Cooperative Extension. Blacksburg, VA: College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009. .

HAUSMAN, G. J. *et al.* Preadipocyte and Adipose Tissue Differentiation in Meat Animals: Influence of Species and Anatomical Location. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 2, n. 1, p. 323–351, fev. 2014.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 15, n. 76, p. 663–670, 1975.

HORIMOTO, A. R. *et al.* Estimation of genetic parameters for a new model for defining body structure scores (frame scores) in Nellore cattle. **Genetics and molecular research : GMR**, v. 5, n. 4, p. 828–836, 2006.

KIPPERT, C. J. *et al.* Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus × Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, p. 1383–1391, ago. 2008.

LADEIRA, M. M. *et al.* 132 Performance and carcass traits of Nellore and Nellore × Angus steers fed whole shelled corn diets. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. suppl_4, p. 65–65, 1 ago. 2017.

LOPES, J. . *et al.* Avaliação do desempenho na pós-desmama para uma população bovina multirracial Aberdeen Angus x Nelore utilizando-se diferentes modelos genéticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1439–1447, dez. 2010.

LOUVEAU, I. *et al.* Invited review: Pre- and postnatal adipose tissue development in farm animals: From stem cells to adipocyte physiology. **Animal**, v. 10, n. 11, p. 1839–1847, 2016.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1. ed. São Paulo: R Vieira Gráfica e Editora, 2000.

MARSHALL, D. M. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 10, p. 2745–2755, 1 out. 1994.

- MARTINS, E. N. Avaliação genética: dos dados às DEPs. In: ROSA, A. DO N. *et al.* (Ed.). **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 130–148.
- MOREIRA, F. B. *et al.* Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 609–616, dez. 2003.
- MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos**Santa Maria, RS, BrasilUFSM, , 1987. .
- NRC. Beef Cattle. In: **Predicting feed intake of food-producing animals**. Washington, DC: National Academies Press, 1987. p. 56–74.
- PAULINO, P. V. R. *et al.* Body tissue and chemical component deposition in Nellore bulls, steers and heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2516–2524, dez. 2009.
- PEREIRA, A. S. C. *et al.* Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. **Animal Production Science**, v. 55, n. 10, p. 1295, 2015.
- POPPI, D. P. *et al.* Challenges of beef cattle production from tropical pastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.
- PUTRINO, S. M. *et al.* Apparent digestibility of diets with increasing concentrate levels in Brangus and Nellore steers. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 2, p. 406–413, 2007.
- RIISPOA. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. [s.l.: s.n.].
- SNIJDERS, S. E. . *et al.* Genetic merit for milk production and reproductive success in dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 65, n. 1–2, p. 17–31, jan. 2001.

5 EFEITO DO MÉRITO GENÉTICO PARA ACABAMENTO DE CARCAÇA SOBRE A QUALIDADE DA CARNE DE NOVILHOS DE CORTE

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos do mérito genético para acabamento de carcaça (MGA) e da espessura de gordura subcutânea (EGS) sobre a qualidade da carne de novilhos Nelore (N) ou cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore, AN). Os animais foram obtidos pelo acasalamento entre matrizes Nelore com touros Nelore (N) ou Aberdeen Angus (AN). Ambos os grupos genéticos paternos foram selecionados para possuírem diferenças esperadas na progênie positivas (+, alto MGA) ou negativas (-, baixo MGA) para acabamento de carcaça (DEPacb). Utilizou-se duzentos e quatorze animais (48 N+, 53 N-, 51 AN+ e 62 AN-) que foram recriados a pasto e terminados em confinamento ou a pasto (semiconfinamento). Os novilhos foram abatidos aos 26,24 meses de idade, com peso corporal médio de 539,70 kg para N e 592,33 kg para AN. As carcaças dos animais foram avaliadas quanto ao escore de acabamento, espessura de gordura subcutânea (EGS), escores de marmoreio e aspectos de cor (L^* , a^* , b^*) da carne 24 h *post mortem*. Em amostras de carne *in natura* (sem maturação) e maturada (14 dias) foram analisados o pH, cor, perdas por exsudação e cocção (PCo), força de cisalhamento (FC) e calculado o amaciamento pela maturação. Foram determinadas concentrações de umidade e gordura intramuscular (GI) da carne. Um segundo delineamento foi proposto para avaliar a influência de classes de EGS (baixa = $3,66 \pm 0,58$ mm; média = $4,99 \pm 0,49$ mm e alta = $7,81 \pm 1,06$ mm) sobre as mesmas variáveis da pesquisa original. Os delineamentos experimentais foram em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 (N e AN) x 2 (alto e baixo MGA) e 2 (N e AN) x 3 (baixa, média e alta EGS). Para avaliar associações entre as variáveis foi realizada uma análise de correlação linear de Pearson. O MGA influenciou ($P < 0,05$) a EGS e o acabamento de carcaça, mas não influenciou ($P > 0,05$) as características físico-químicas e o teor de gordura da carne. Novilhos de baixa, média e alta EGS proporcionaram carnes com atributos físico-químicos semelhantes ($P > 0,05$). As associações entre EGS em grande parte dos atributos físico-químicos da carne (pH, a^* , PCo, FC) foram significativas ($P < 0,05$), no entanto, de baixa magnitude. Animais com MGA divergentes proporcionam carne com atributos físico-químicos semelhantes. O MGA atua no tecido adiposo subcutâneo sem influenciar o teor de gordura intramuscular. Não é necessário elevar a EGS de novilhos a níveis acima da menor classe avaliada ($3,66 \pm 0,58$ mm) com o propósito de beneficiamento dos atributos físico-químicos da carne.

Palavras-chave: Aberdeen Angus. Acabamento de carcaça. Atributos da carne. Espessura de gordura. Nelore.

ABSTRACT

The objective was to evaluate effects of genetic merit for finishing (GMF) and backfat thickness (BFT) on meat quality of Nelore (N) or crossbred steers ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore, AN). Animals were obtained by mating Nelore sires with Nelore (N) or Aberdeen Angus (AN) bulls. Both paternal genetic groups were selected to have positive (+, high GMF) or negative (-, low GMF) expected progeny differences for backfat thickness (EPDbf). Two hundred and fourteen animals (48 N +, 53 N-, 51 AN + and 62 AN-) were used, which were grazing reared and finished on feedlot or pasture. Steers were slaughtered at 26.24 months of age, with an average body weight of 539.70 kg for N and 592.33 kg for AN. Carcasses of the animals were evaluated for finishing score, backfat thickness (BFT), marbling scores and color aspects (L *, a *, b *) of the meat 24 h *post mortem*. In meat samples *in natura* (without maturation) and matured (14 days) the pH, color, losses by exudation and cooking (CL), shear force (SF) and softening by maturation were determined. Meat moisture and fat (MF) concentrations were determined. A second design was proposed to evaluate influence of BFT classes (low = 3.66 ± 0.58 mm; medium = 4.99 ± 0.49 mm and high = 7.81 ± 1.06 mm) over them variables from the original research. The experimental designs were randomized blocks in a factorial arrangement 2 (N and AN) x 2 (high and low GMF) and 2 (N and AN) x 3 (low, medium and high BFT). To evaluate associations between variables, Pearson's linear correlation analysis was performed. GMF influenced ($P < 0.05$) BFT and carcass finishing score but did not influence ($P > 0.05$) physicochemical meat attributes and MF content. Low, medium and high BFT steers provided meat with similar physicochemical attributes ($P > 0.05$). The associations between BFT and most of the physicochemical meat attributes (pH, a *, CL, SF) were significant ($P < 0.05$), however, of low magnitude. Animals with divergent GMF provide meat with similar physicochemical attributes. GMF acts on subcutaneous adipose tissue (BFT) without influencing the intramuscular fat content (MF). It is not necessary to raise the BFT of steers to levels above the minimum studied (3.66 ± 0.58 mm) in order to improve the physicochemical meat attributes.

Keywords: Aberdeen Angus. Carcass finish. Fat thickness. Genetic value. Meat attributes. Nellore.

5.1. Introdução

A deposição de tecido adiposo é de extrema relevância para a produção de bovinos de corte. Estudos clássicos demonstraram ampla variação em quantidade e distribuição deste tecido nas carcaças bovinas (SAINZ; DE LA TORRE; OLTJEN, 1995), variando de 2 a 50% da composição no corpo vazio do animal (LUCHIARI FILHO, 2000). Foi evidenciada também a suscetibilidade deste tecido a fatores genéticos, sexuais, nutricionais e de maturidade (ZEMBAYASHI *et al.*, 1995; MALAU-ADULI *et al.*, 1997; SPRINKLE *et al.*, 1998).

A presença de gordura subcutânea na carcaça costuma ser relacionada à qualidade da carcaça e da carne, principalmente devido a sua ação termo isolante que previne efeitos danosos causados pelo resfriamento (DOLEZAL *et al.*, 1982; KOOHMARAIE; DOUMIT; WHEELER, 1996). Para evitar efeitos nocivos a carne ocasionados pelo rápido resfriamento, a recomendação é de um mínimo de 3 mm de espessura de gordura subcutânea na carcaça (PRADO *et al.*, 2008). Devido à sua relevância, a gordura de cobertura passou a ser importante critério de classificação de carcaça e de seleção genética, sendo representada principalmente pela espessura de gordura subcutânea (EGS).

A busca por produzir carcaças com maior acabamento fez surgir inconvenientes com carcaças excessivamente gordas como a redução do rendimento comercial em virtude da necessidade de se retirar excessos de gordura da carcaça (LAWRIE, 2005). Adicionalmente, a hipertrofia do tecido adiposo, apesar de mais eficiente (OWENS *et al.*, 1995), possui elevado custo energético em relação aos demais tecidos (OWENS; DUBESKI; HANSON, 1993). Isso contribui para aumentar a exigência de energia líquida de ganho dos animais (MARCONDES *et al.*, 2016), reduzindo sua eficiência alimentar, podendo acarretar em redução da eficiência produtivo do sistema. Estes efeitos se acentuam a medida que o animal se aproxima do peso a maturidade (NRC, 1984).

Os avanços no melhoramento genético dos bovinos de corte têm alavancado o setor e gerado predições cada vez mais precisas das características produtivas. O mérito genético dos reprodutores deve ser utilizado em benefício da produção e na obtenção de animais com méritos genéticos distintos (SNIJDERS *et al.*, 2001; FERRAZ *et al.*, 2018b). Neste sentido, a DEP (diferença esperada na progênie) para acabamento pode auxiliar na promoção da deposição de gordura e na padronização do acabamento nas carcaças bovinas. No entanto, é importante

entender a magnitude dos efeitos expressos no fenótipo de animais geneticamente distintos para esta característica, em diferentes situações e como isso terá reflexo sobre as características de qualidade da carne.

Os estudos sobre efeitos de grupos genéticos e cruzamentos sobre a qualidade da carne de bovinos de corte são amplos na literatura (OLIVEIRA *et al.*, 2011; MIGUEL *et al.*, 2014; AROEIRA *et al.*, 2017; BARCELLOS *et al.*, 2017). Entretanto, os efeitos do mérito genético para acabamento sobre a qualidade de carne são pouco conhecidos. O estudo do mérito genético envolvendo diferentes genótipos deve contemplar uma abordagem de populações divergentes e legitimar ainda mais as respostas a estes fatores. Diante do exposto, o objetivo com a presente pesquisa foi avaliar os efeitos do mérito genético para acabamento e da EGS sobre os atributos de qualidade da carne de novilhos Nelore ou cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore).

5.2. Material e métodos

Os procedimentos adotados na presente pesquisa foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte (CNPGC) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Processo CEUA/CNPGC nº 007-2015).

5.2.1. Animais experimentais e tratamentos

Os animais foram obtidos pelo acasalamento entre matrizes Nelore com touros Nelore (N) ou Aberdeen Angus (AN). Ambos os grupos genéticos paternos foram selecionados para possuírem diferenças esperadas na progênie positivas (+, alto MGA) ou negativas (-, baixo MGA) para acabamento de carcaça (DEPacb). Foram utilizados 214 animais oriundos dos acasalamentos descritos, sendo: 48 N+, 53 N-, 51 AN+ e 62 AN- em três experimentos que foram conduzidos em dois sistemas de terminação diferentes.

Os experimentos I e II foram conduzidos em sistema de recria a pasto, com terminação de novilhos castrados em semiconfinamento (sistema I) e lotes de desmame de dois anos consecutivos: 2016 (n = 68) e 2017 (n = 70). Um terceiro experimento (III) foi realizado em sistema de recria a pasto, com terminação de novilhos não castrados em confinamento (sistema II) e lote de desmame de 2017 (n = 76).

Os sistemas de cria e recria foram semelhantes para os animais de todos os experimentos. Da parição ao desmame as progênies foram mantidas com as matrizes em

pastagens de *Brachiaria spp.*, recebendo suplementação mineral *ad libitum*. Os bezerros foram desmamados pela separação definitiva das mães, aos $8,60 \pm 0,55$ meses de idade e peso corporal (PC) de $222,43 \pm 28,83$ kg (corrigido para 240 dias).

5.2.2. Fases de recria e terminação

A recria de cada experimento foi realizada mantendo os animais em um único lote, em pasto de capim *Brachiaria spp.* sob lotação contínua. Os novilhos receberam suplementação proteico-energética (Anexo A), fornecida ao nível de 0,3% do PC médio do lote e tiveram livre acesso à água. O peso corporal dos animais foi avaliado no início e a cada 45 dias. Os animais encerraram a recria com PC médio de 309,51 kg e 382,27 kg para N e AN, respectivamente. O ganho de peso médio diário (GMD) nesta fase foi de 449,89 g/dia para N e 556,44 g/dia para AN.

Para terminação nos experimentos I e II, os animais foram castrados cirurgicamente, e mantidos em semiconfinamento. Os novilhos permaneceram em pastos formados com capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e foram suplementados com ração concentrada (Anexo E) ofertada diariamente ao nível de 1,5% do PC médio do lote.

Os animais do experimento III foram mantidos não castrados e terminados em confinamento recebendo uma ração de mistura total (RMT) duas vezes ao dia. A TMR continha 50% de silagem de sorgo e 50% de ração concentrada com base em matéria seca. Os detalhes de formulação e composição da dieta na terminação estão disponíveis no Anexo C.

Ao final da terminação os animais apresentaram idade média de $26,24 \pm 2,36$ meses. Durante este período, o GMD dos animais N foi de 0,98 kg/dia e atingiram PC final de 539,70 kg, enquanto AN ganharam 1,20 kg/dia com 592,33 kg de PC final. Os animais foram encaminhados em lotes para serem abatidos em frigorífico comercial seguindo regulamentações brasileiras previstas no RIISPOA (2017).

5.2.3. Abate e avaliações 24 h post-mortem

Os animais foram abatidos seguindo procedimentos humanitários regulamentados pela legislação Brasileira (RIISPOA, 2017). As carcaças foram identificadas individualmente, seccionadas longitudinalmente, pesadas e resfriadas a 2 °C por 24 horas. Após período de resfriamento, foi avaliado o escore de acabamento utilizando escala em relação a quantidade de gordura sobre a carcaça a seguir: ausente (A- = 0,7, A = 1 e A+ = 1,3), escassa (E- = 1,7, E = 2

e E+ = 2,3), mediana (M- = 2,7, M = 3 e M+ = 3,3), uniforme (U- = 3,7, U = 4 e U+ = 4,3), e excessiva (Ex- = 4,7, Ex = 5 e Ex+ = 5,3). Em seguida, o músculo *longissimus thoracis* (LT) foi seccionado entre a 12^a e 13^a costelas, possibilitando medir a espessura de gordura subcutânea (EGS) com auxílio de paquímetro digital. Foi avaliado o escore de marmoreio pelo padrão de classificação proposto pelo USDA (2017). A cada padrão foi atribuído um valor numérico incluindo valores intermediários entre os mesmos, na ordem crescente de: traço (tr- = 1, tr0 = 2 e tr+ = 3), leve (le- = 4, le0 = 5 e le+ = 6), pequeno (pe- = 7, pe0 = 8 e pe+ = 9), médio (me- = 10, me0 = 11 e me+ = 12), moderado (mo- = 13, mo0 = 14 e mo+ = 15) a abundante (ab- = 16, ab0 = 17 e ab+ = 18).

Posteriormente, a porção do LT entre a 10^a e 12^a costelas de cada uma das carcaças foi retirada. Após período de oxigenação da mioglobina (\approx 30 min.), foram avaliados os aspectos de cor instrumental da carne e da gordura subcutânea sobre o LT. Utilizou-se colorímetro MiniScan XE Plus (HunterLab, Reston, EUA) programado para mensuração dos parâmetros do sistema CIELab: luminosidade (L^* 24 h *post mortem*) e intensidades de vermelho (a^* 24 h *post mortem*) e amarelo (b^* 24 h *post mortem*). Registrou-se a média resultante das mensurações tomadas em três pontos da amostra.

5.2.4. Análises de qualidade da carne

O músculo LT foi utilizado para as avaliações de qualidade de carne. Três bifês de 2,5 cm de espessura foram retirados na mesma sequência e posição anatômica. Um dos bifês de cada amostra foi submetido a maturação por quatorze dias a 4 °C. Todas as subamostras foram embaladas a vácuo e armazenadas a -20 °C.

Uma das subamostra de carne não maturada foi moída em multiprocessador e submetida a liofilização por 38 horas em liofilizador LJJ (JJ Científica, São Carlos, SP, Brasil). A umidade retirada com a liofilização foi obtida pela diferença de pesos das amostras antes e após o processo. Posteriormente, o teor de umidade total foi determinado seguindo o método 967.03 da AOAC, (2002). Com amostras liofilizadas foi determinado o teor de gordura total conforme procedimento AM 5-04 oficializado pela AOCS (2017), utilizando sistema ANKOM XT15 (ANKOM Technology, Macedonia, EUA) e éter de petróleo como solvente.

As demais análises foram realizadas nas subamostras com e sem maturação seguindo as diretrizes da AMSA (2016). Para isso, as subamostras foram descongeladas sob refrigeração (4 °C), retiradas das embalagens e acomodadas em grelhas para cozimento. A massa do exsudato contido na embalagem foi cuidadosamente pesada em balança de precisão LS2 (Marte

Científica, MG, Brasil) para obtenção das perdas por exsudação. Posteriormente, os aspectos de cor (L^* , a^* , b^*) foram mensurados em cada subamostra conforme descrito anteriormente.

Em seguida, o pH da carne foi medido com auxílio de potenciômetro HI99163 (Hanna Instruments, Woonsocket, EUA). Após registro do peso, cada amostra foi cozida em forno elétrico LTedesco 6GNs (Fogões Tedesco, Caxias do Sul, RS, Brasil) até a temperatura interna atingir 71 °C. Em seguida, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente (≈ 26 °C), pesadas, embaladas em plástico filme e armazenadas sob refrigeração (4 °C). Por diferença de peso antes e após o cozimento, foi calculada a perda de peso por cocção.

Com as amostras previamente cozidas, foi avaliada a força de cisalhamento (FC). Com o auxílio de um vazador, um total de seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro foram retirados de cada amostra paralelamente ao sentido das fibras musculares. A força necessária para romper cada cilindro foi registrada com auxílio de texturômetro analógico 235 6X (Salter Brecknell, Birmingham, Inglaterra) com lâmina Warner-Bratzler de 1,18 mm de espessura. Calculou-se a média das seis medidas realizadas para obtenção do valor médio de FC. Calculou-se também o amaciamento promovido pela maturação por meio da diferença entre a FC dos bifes maturados e não maturados.

Foi proposto um segundo delineamento para avaliar o efeito de classes de EGS (estudo II) sobre os mesmos parâmetros da pesquisa original. Após abate e avaliação da EGS das progênes, os novilhos de cada experimento e raça foram ranqueados formando três classes de acordo com valores individuais de EGS. Considerou-se de classe alta os animais que apresentaram EGS acima de 0,5 desvios padrão ($EGS > 0,5 \sigma$, $n = 82$) em relação à média geral de cada raça e sistema; considerou-se de média os indivíduos com EGS situadas entre -0,5 e 0,5 desvios padrão ($-0,5 \sigma < EGS < 0,5 \sigma$, $n = 66$); e de baixa classe os animais com EGS inferiores a $-0,5\sigma$ ($EGS < -0,5\sigma$, $n = 62$).

5.2.5. Análise estatística

Utilizou-se delineamento em blocos casualizados com arranjo fatorial 2 x 2 (raças paternas x MGA) e 2 x 3 (raças paternas x classes de EGS) conforme modelos matemáticos a seguir:

$$Y_{ijlmn} = \mu + R_i + M_j + L_l + E_m + (R \times M)_{ij} + \varepsilon_{ijlmn}$$

$$Y_{iklmn} = \mu + R_i + C_k + L_l + E_m + (R \times C)_{ik} + \varepsilon_{iklmn}$$

Y_{ijlmn} = variável dependente observada no animal “n”, raça paterna “i”, MGA “j”; lote “l” e experimento “m”; Y_{iklmn} = variável dependente observada no animal “n”, raça paterna “i”, classe

de EGS “k”; lote “l” e experimento “m”; μ = média populacional ou constante global; R_i = efeito da raça paterna “i”; M_j = efeito do MGA “j”; C_k = efeito da classe de EGS “k”; L_l = efeito do lote “l”; E_m = efeito do experimento “m”; $(R \times M)_{ij}$ interação entre os fatores de raça “i” e MGA “j”; $(R \times C)_{ik}$ interação entre os fatores de raça “i” e classe “k”; ε_{ijklmn} e ε_{iklmn} = erro aleatório não observado.

Os dados foram submetidos a análise de máxima verossimilhança restrita, pelo procedimento PROC MIXED do SAS, considerando lote e experimento como efeitos aleatórios. O efeito de lote incluiu variações individuais como peso ao abate e idade, enquanto o experimento contemplou efeitos de origem, ano de nascimento e sistema de terminação. O teste de Tukey-Kramer foi aplicado entre as médias de classe de EGS. Considerou-se o nível de 5% de significância.

Foi realizada análise de correlação linear de Pearson para verificar as associações entre DEPacb, medidas fenotípicas de EGS e os parâmetros físico-químicos de qualidade da carne.

5.3. Resultados

5.3.1. Efeito do MGA e raça paterna

As médias paternas de DEPacb, bem como a EGS e escore de acabamento dos animais são apresentados na Tabela 13. Os efeitos e interações entre os fatores para estas variáveis foram abordados nos capítulos anteriores.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre raça paterna e MGA sobre as variáveis avaliadas 24 h *post mortem*. Não houve efeito ($P > 0,05$) de MGA sobre as variáveis avaliadas 24 h *post mortem* (Tabela 13). Deste modo, animais de alto e baixo MGA proporcionaram carnes com escore de marmoreio e aspectos de cor semelhantes. Houve efeito ($P < 0,05$) de raça paterna para a maioria das avaliações 24 h *post mortem*, exceto sobre b^* da carne e L^* da gordura subcutânea. Animais N proporcionaram carne com menor escore de marmoreio, maior luminosidade (L^*) e menor intensidade da cor vermelha (a^*). Animais AN apresentaram gordura de cobertura sobre o LT com maiores intensidades de vermelho (a^*) e amarelo (b^*).

Houve interação ($P < 0,05$) entre raça paterna e MGA sobre aspectos de cor da carne maturada (Tabela 14). Animais N- diferiram de AN- em L^* e b^* da carne maturada, com o primeiro grupo genético apresentando maiores médias para estas características. Não houve efeito ($P > 0,05$) de MGA sobre a qualidade instrumental e os teores de gordura e umidade da

carne. Houve efeito ($P < 0,05$) de raça paterna sobre grande parte das variáveis de qualidade instrumental e sobre o teor de gordura da carne.

Em relação aos aspectos instrumentais de cor, animais N proporcionaram carnes com maiores luminosidade (L^*) e intensidade da cor amarela (b^*) em relação a AN, tanto na carne maturado quanto na não maturado (Tabela 14). Do mesmo modo, independentemente do processo de maturação, a carne dos animais AN perdeu mais peso durante o cozimento, contudo, a força de cisalhamento da carne destes animais foi menor. Com a maturação, a carne de N teve maior redução na força de cisalhamento em relação aos AN. Enquanto a carne de AN reduziu 12,6 Newtons com a maturação, a carne de N diminuiu 17,30 Newtons de força de cisalhamento. Contudo, o mesmo resultado não foi observado com o valor relativo (%) ao peso da amostra.

Tabela 13 - Efeito da raça paterna e do mérito genético para acabamento de carcaça sobre o marmoreio e cor da carne fresca (24 horas *post mortem*) e da gordura subcutânea de novilhos de corte

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|--|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------------|---------|-------------------|-----------|
| | Angus (n=113) | Nelore (n=101) | Baixo (n=115) | Alto (n=99) | | Pai | MGA | Interação |
| DEP ⁴ acabamento de carcaça | 0,29 | 0,08 | -0,79 | 1,32 | 0,08 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Espessura de gordura subcutânea (mm) | 5,26 | 4,64 | 4,49 | 5,40 | 0,11 | 0,0071 | <0,0001 | 0,3893 |
| Escore de acabamento de carcaça | 2,55 | 2,58 | 2,44 | 2,69 | 0,04 | 0,6392 | 0,0002 | 0,1276 |
| Escore de marmoreio | 6,07 | 4,69 | 5,48 | 5,28 | 0,16 | <0,0001 | 0,4714 | 0,9348 |
| L* da carne fresca (%) | 34,63 | 35,89 | 35,02 | 35,50 | 0,16 | <0,0001 | 0,0952 | 0,1689 |
| a* da carne fresca (%) | 19,80 | 18,79 | 19,27 | 19,32 | 0,16 | 0,0002 | 0,8197 | 0,4612 |
| b* da carne fresca (%) | 15,55 | 15,38 | 15,42 | 15,52 | 0,14 | 0,5128 | 0,6577 | 0,9454 |
| L* da gordura subcutânea (%) | 73,90 | 74,71 | 74,05 | 74,26 | 0,21 | 0,2525 | 0,5960 | 0,6171 |
| a* da gordura subcutânea (%) | 9,92 | 8,94 | 9,28 | 9,57 | 0,15 | 0,0029 | 0,3283 | 0,4522 |
| b* da gordura subcutânea (%) | 22,34 | 20,93 | 21,56 | 21,71 | 0,23 | 0,0008 | 0,6695 | 0,8265 |
| Interação dos fatores na variável | Angus | | | | Nelore | | | |
| | Baixo | | Alto | | Baixo | | Alto | |
| DEP ⁴ acabamento (mm) | -1,17 ^d | | 2,05 ^a | | -0,35 ^c | | 0,54 ^b | |

¹ Raça paterna das progênie, ² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça, ³ Erro padrão da média;

⁴ Diferença esperada na progênie;

^{abc} Médias com letras distintas nas mesmas linhas diferem pelo teste de Tukey Kramer a 5% de significância.

Tabela 14 - Efeito da raça paterna e do mérito genético para acabamento de carcaça sobre a qualidade da carne de novilhos de corte

| Variáveis | Pai ¹ | | MGA ² | | EPM ³ | P-Valor | | |
|---|--------------------|--------|---------------------|--------|--------------------|---------|---------------------|-----------|
| | Angus | Nelore | Baixo | Alto | | Pai | MGA | Interação |
| pH da carne não maturada | 5,61 | 5,60 | 5,60 | 5,60 | 0,01 | 0,4615 | 0,9078 | 0,8851 |
| L* da carne não maturada (%) | 35,65 | 37,19 | 36,40 | 36,44 | 0,17 | <,0001 | 0,9202 | 0,2857 |
| a* da carne não maturada (%) | 12,93 | 13,07 | 13,18 | 12,82 | 0,13 | 0,5362 | 0,0886 | 0,2145 |
| b* da carne não maturada (%) | 12,07 | 12,58 | 12,41 | 12,25 | 0,08 | 0,0019 | 0,3039 | 0,1805 |
| Exsudação da carne não maturada (g) | 17,83 | 17,73 | 17,94 | 17,61 | 0,56 | 0,9302 | 0,7481 | 0,9392 |
| Perda por cocção da carne não maturada (g) | 50,10 | 46,02 | 48,09 | 48,03 | 1,00 | 0,0175 | 0,9682 | 0,4647 |
| FC ⁴ da carne não maturada (N) | 54,61 | 71,91 | 62,89 | 63,62 | 1,40 | <,0001 | 0,7525 | 0,9113 |
| pH da carne maturada ⁵ | 5,70 | 5,67 | 5,69 | 5,68 | 0,01 | 0,1035 | 0,8523 | 0,4032 |
| L* da carne maturada ⁵ (%) | 37,36 | 39,21 | 38,24 | 38,34 | 0,17 | <,0001 | 0,7404 | 0,0061 |
| a* da carne maturada ⁵ (%) | 12,09 | 12,28 | 12,18 | 12,19 | 0,13 | 0,4287 | 0,9380 | 0,2460 |
| b* da carne maturada ⁵ (%) | 12,22 | 12,92 | 12,58 | 12,56 | 0,08 | <,0001 | 0,8679 | 0,0024 |
| Exsudação da carne madurada ⁵ (g) | 19,38 | 19,22 | 18,79 | 19,81 | 0,47 | 0,8611 | 0,2122 | 0,6086 |
| Perda por cocção da carne madurada ⁵ (g) | 48,27 | 44,75 | 46,87 | 46,15 | 0,89 | 0,0091 | 0,5698 | 0,7371 |
| FC ⁴ da carne madurada ⁵ (N) | 35,71 | 48,32 | 40,61 | 43,41 | 1,02 | <,0001 | 0,1004 | 0,8866 |
| Amaciamento pela maturação ⁵ (N) | -17,87 | -25,04 | -21,30 | -21,61 | 1,11 | 0,0018 | 0,8786 | 0,2711 |
| Amaciamento pela maturação ⁵ (%) | -32,06 | -31,90 | -32,55 | -31,40 | 1,26 | 0,9533 | 0,6191 | 0,2561 |
| Teor de umidade da carne (g/100g) | 81,08 | 80,89 | 80,95 | 81,02 | 0,40 | 0,8169 | 0,9182 | 0,2307 |
| Teor de gordura da carne (g/100g) | 1,40 | 1,13 | 1,32 | 1,22 | 0,04 | 0,0045 | 0,2314 | 0,6393 |
| Interação dos fatores nas variáveis | Angus | | | | Nelore | | | |
| | Baixo | | Alto | | Baixo | | Alto | |
| L* da carne madurada ⁵ (%) | 36,90 ^c | | 37,81 ^{bc} | | 39,58 ^a | | 38,86 ^{ab} | |
| b* da carne madurada ⁵ (%) | 12,03 ^c | | 12,41 ^{bc} | | 13,14 ^a | | 12,71 ^{ab} | |

¹ Raça paterna das progênes, ² Mérito genético paterno para acabamento de carcaça, ³ Erro padrão da média;

⁴ Força de cisalhamento; ⁵ Maturação por 14 dias;

^{abc} Médias com letras distintas nas mesmas linhas diferem pelo teste de Tukey Kramer a 5% de significância.

5.3.2. Efeito de classes de Espessura de Gordura Subcutânea

As médias paternas de DEPacb, bem como a EGS e escore de acabamento dos animais estão apresentados (Tabela 15) e conforme o preconizado, a EGS e o escore de acabamento diferiram ($P < 0,05$) entre as classes de EGS e os efeitos de raça paterna, observados no estudo I, repetiram-se no estudo II.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre raça paterna e classes de EGS sobre as variáveis avaliadas 24 h *post mortem* (carne fresca - Tabela 15). Não houve efeito ($P > 0,05$) de classes de EGS sobre marmoreio e sobre atributos instrumentais de cor avaliados na carne fresca, exceto para b*. A intensidade da cor amarela foi maior na carne fresca de animais de alta EGS em relação a dos de baixa EGS, enquanto a dos de média EGS não diferiu das demais.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre raça paterna e classe de EGS sobre os atributos físico-químicos da carne maturada e não maturada (Tabela 16). Com exceção do teor de gordura intramuscular, as classes de EGS não influenciaram os atributos físico-químicos de qualidade da carne. O teor de gordura intramuscular da carne dos animais classificados de alta EGS foi maior em relação as demais classes (média e baixa) que não diferiram entre si.

5.3.3. Associações entre DEP de acabamento, EGS e qualidade da carne

As associações entre DEPacb, EGS e atributos físico-químicos de qualidade da carne estão descritas na Tabela 17. A DEPacb apresentou correlação linear negativa baixa com b* ($r = -0,14$) na carne maturada. Como esperado, a DEPacb associou-se positivamente com as medidas fenotípicas de EGS, no entanto, esta associação foi de baixa magnitude ($r = 0,17$).

Tabela 15 - Efeito da raça paterna e de classes¹ de espessura de gordura subcutânea (EGS) sobre o marmoreio e cor da carne fresca (24 horas *post mortem*) e da gordura subcutânea de novilhos

| Variáveis | Pai ² | | Classe de EGS ¹ | | | EPM ³ | P-Valor | | |
|--|------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------|
| | Angus (n=113) | Nelore (n=101) | Baixa (n=82) | Média (n=66) | Alta (n=62) | | Pai ² | Classe ¹ | Interação |
| DEF ⁴ acabamento de carcaça | 0,34 | 0,08 | -0,07 ^c | 0,18 ^b | 0,51 ^a | 0,09 | 0,1508 | 0,0214 | 0,3322 |
| Espessura de gordura subcutânea (mm) | 5,38 | 4,93 | 3,66 ^c | 4,99 ^b | 6,81 ^a | 0,11 | 0,0003 | <,0001 | 0,7237 |
| Escore de acabamento de carcaça | 2,51 | 2,62 | 2,40 ^b | 2,50 ^b | 2,81 ^a | 0,03 | 0,1207 | <,0001 | 0,0321 |
| Escore de marmoreio | 6,11 | 4,75 | 5,04 | 5,58 | 5,68 | 0,16 | <,0001 | 0,1117 | 0,5761 |
| L* da carne fresca (%) | 34,59 | 35,86 | 35,13 | 34,91 | 35,64 | 0,16 | 0,0002 | 0,1386 | 0,4712 |
| a* da carne fresca (%) | 19,82 | 18,78 | 19,10 ^b | 19,09 ^b | 19,73 ^a | 0,16 | 0,0002 | 0,0471 | 0,4605 |
| b* da carne fresca (%) | 15,46 | 15,39 | 15,18 ^b | 15,24 ^b | 15,85 ^a | 0,13 | 0,8111 | 0,0269 | 0,4249 |
| L* da gordura subcutânea (%) | 73,85 | 74,46 | 73,98 | 74,10 | 74,40 | 0,21 | 0,1800 | 0,6774 | 0,8827 |
| a* da gordura subcutânea (%) | 9,92 | 8,91 | 9,26 | 9,52 | 9,45 | 0,15 | 0,0022 | 0,7454 | 0,9159 |
| b* da gordura subcutânea (%) | 22,44 | 20,86 | 21,60 | 21,65 | 21,69 | 0,23 | 0,0002 | 0,9748 | 0,7665 |

¹ Alta: EGS > 0,5 σ de cada raça paterna; Média: -0,5 σ < EGS < 0,5 σ de cada raça paterna; Baixa: EGS < -0,5 σ de cada raça paterna;

² Raça paterna das progênie, ³ Erro padrão da média;

⁴ Diferença esperada na progênie;

^{abc} Médias com letras distintas nas mesmas linhas diferem pelo teste de Tukey Kramer a 5% de significância.

Tabela 16 - Efeito da raça paterna e de classes¹ de espessura de gordura subcutânea (EGS) sobre a qualidade da carne de novilhos

| Variáveis | Pai ² | | Classe de EGS ¹ | | | EPM ³ | P-Valor | | |
|---|------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|-----------|
| | Angus (n=113) | Nelore (n=101) | Baixa (n=82) | Média (n=66) | Alta (n=62) | | Pai ² | Classe ¹ | Interação |
| pH da carne não maturada | 5,62 | 5,59 | 5,61 | 5,61 | 5,60 | 0,01 | 0,2535 | 0,8022 | 0,4415 |
| L* da carne não maturada (%) | 35,62 | 37,21 | 36,28 | 36,38 | 36,58 | 0,17 | <,0001 | 0,7376 | 0,6898 |
| a* da carne não maturada (%) | 12,96 | 13,14 | 12,77 | 13,17 | 13,22 | 0,14 | 0,4610 | 0,1420 | 0,9316 |
| b* da carne não maturada (%) | 12,09 | 12,61 | 12,19 | 12,29 | 12,58 | 0,08 | 0,0020 | 0,1174 | 0,7019 |
| Exsudação da carne não maturada (g) | 8,70 | 9,47 | 8,95 | 9,30 | 9,01 | 0,30 | 0,2004 | 0,8448 | 0,6286 |
| Perda por cocção da carne não maturada (g) | 23,22 | 24,26 | 23,88 | 22,96 | 24,37 | 0,34 | 0,1084 | 0,1707 | 0,1588 |
| FC ⁴ da carne não maturada (N) | 55,21 | 71,15 | 64,03 | 62,51 | 62,99 | 1,42 | <,0001 | 0,8486 | 0,2916 |
| pH da carne maturada ⁵ | 5,62 | 5,59 | 5,61 | 5,61 | 5,60 | 0,01 | 0,2535 | 0,8022 | 0,4415 |
| L* da carne maturada ⁵ (%) | 35,62 | 37,21 | 36,28 | 36,38 | 36,58 | 0,17 | <,0001 | 0,7376 | 0,6898 |
| a* da carne maturada ⁵ (%) | 12,96 | 13,14 | 12,77 | 13,17 | 13,22 | 0,14 | 0,4610 | 0,1420 | 0,9316 |
| b* da carne maturada ⁵ (%) | 12,09 | 12,61 | 12,19 | 12,29 | 12,58 | 0,08 | 0,0020 | 0,1174 | 0,7019 |
| Exsudação da carne madurada ⁵ (%) | 9,54 | 10,31 | 9,80 | 9,98 | 10,00 | 0,25 | 0,1284 | 0,9025 | 0,6493 |
| Perda por cocção da carne madurada ⁵ (%) | 23,65 | 23,62 | 23,86 | 23,44 | 23,62 | 0,34 | 0,9619 | 0,7933 | 0,9387 |
| FC ⁴ da carne madurada ⁵ (N) | 35,57 | 48,22 | 42,15 | 41,24 | 42,29 | 1,03 | <,0001 | 0,8702 | 0,2843 |
| Amaciamento pela maturação ⁵ (%) | -32,67 | -32,11 | -32,55 | -31,22 | -33,39 | 1,28 | 0,8356 | 0,7583 | 0,1356 |
| Teor de umidade da carne (%) | 81,13 | 80,90 | 81,69 | 81,30 | 80,07 | 0,41 | 0,7870 | 0,1845 | 0,5548 |
| Teor de gordura da carne (%) | 1,39 | 1,14 | 1,17 ^b | 1,19 ^b | 1,44 ^a | 0,04 | 0,0075 | 0,0130 | 0,2489 |

¹ Alta: EGS > 0,5 σ de cada grupo genético; Média: EGS ente -0,5 σ e 0,5 σ de cada grupo genético; Baixa: EGS < -0,5 σ de cada grupo genético;

² Raça paterna das progêneses, ³ Erro padrão da média; ⁴ Força de cisalhamento; ⁵ Maturação por 14 dias.

^{ab} Médias de Classe de EGS com letras distintas nas mesmas linhas diferem pelo teste de Tukey Kramer a 5% de significância.

Tabela 17 - Correlações de Pearson entre DEP para acabamento de carcaça, espessura de gordura subcutânea e variáveis de qualidade da carne

| | DEP | EGS | PC0 | pH0 | L*0 | a*0 | b*0 | FC0 | PC14 | pH14 | L*14 | a*14 | b*14 | FC14 |
|------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-------|------|
| EGS | 0,17** | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| PC0 | -0,01 | 0,29** | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| pH0 | -0,02 | 0,10 | 0,15* | 1,00 | | | | | | | | | | |
| L*0 | -0,05 | -0,02 | 0,09 | 0,02 | 1,00 | | | | | | | | | |
| a*0 | -0,05 | 0,17* | 0,06 | 0,01 | -0,12 | 1,00 | | | | | | | | |
| b*0 | -0,09 | -0,01 | -0,08 | -0,03 | 0,55** | 0,29** | 1,00 | | | | | | | |
| FC0 | 0,09 | 0,14* | 0,26** | 0,01 | 0,17* | 0,26** | 0,08 | 1,00 | | | | | | |
| PC14 | -0,05 | 0,21** | 0,62** | 0,10 | 0,11 | 0,03 | 0,01 | 0,05 | 1,00 | | | | | |
| pH14 | 0,03 | 0,12 | 0,14* | 0,28** | 0,02 | -0,10 | 0,00 | -0,02 | 0,06 | 1,00 | | | | |
| L*14 | -0,11 | 0,09 | 0,19** | 0,01 | 0,60** | 0,08 | 0,41** | 0,29** | 0,24** | 0,02 | 1,00 | | | |
| a*14 | -0,02 | -0,18** | -0,23** | 0,04 | 0,12 | -0,03 | 0,14* | -0,10 | -0,37** | 0,20** | 0,00 | 1,00 | | |
| b*14 | -0,14* | -0,11 | -0,15* | -0,11 | 0,44** | -0,01 | 0,44** | 0,09 | -0,16* | 0,06 | 0,54** | 0,51** | 1,00 | |
| FC14 | 0,13 | 0,05 | 0,12 | 0,05 | 0,10 | 0,14* | 0,06 | 0,65** | 0,20** | 0,01 | 0,18** | -0,23** | 0,06 | 1,00 |
| GI | 0,00 | 0,37** | 0,20** | 0,17* | 0,08 | 0,14* | -0,01 | 0,14* | 0,10 | 0,16* | 0,05 | -0,06 | -0,03 | 0,02 |

DEP = diferença esperada na progênie para acabamento de carcaça (mm); EGS = espessura de gordura subcutânea (mm); PC0 = perdas por cocção da carne (g); pH0 = pH0 da carne; L*0 = luminosidade da carne (%); a*0 = intensidade de vermelho da carne (%); b*0 = intensidade de amarelo da carne (%); FC0 = Força de cisalhamento da carne cozida (N); PC14 = perdas por cocção da carne maturada por 14 dias (g); pH14 = pH da carne maturada por 14 dias; L*14 = luminosidade da carne maturada por 14 dias (%); a*14 = intensidade de vermelho da carne maturada por 14 dias (%); b*14 = intensidade de amarelo da carne maturada por 14 dias (%); FC14 = Força de cisalhamento após cozimento da carne maturada por 14 dias (N); GI = porcentagem de gordura intramuscular;

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

A EGS associou-se significativamente a parâmetros de qualidade da carne como perda por cocção ($r = 0,29$), pH ($r = 0,10$), intensidade da cor vermelha ($r = 0,17$) e força de cisalhamento ($r = 0,14$). Contudo, exceto entre o teor de gordura da carne, onde a associação foi positiva e moderada, as correlações lineares das demais variáveis com a EGS foram de baixa magnitude.

As perdas por cocção (PCO) da carne *in natura* e maturada apresentaram associação com a maioria dos demais atributos. Independentemente do processo de maturação, a PCO da carne associou-se positivamente ao pH, força de cisalhamento e luminosidade. Este atributo também apresentou associação com intensidades das cores vermelha (a^*) e amarela (b^*), neste caso, associações negativas e apenas na carne maturada. Outras correlações lineares significativas observadas foram presumíveis, uma vez que os mesmos atributos foram avaliados em amostras maturadas e não maturadas.

5.4. Discussão

5.4.1. Efeito do MGA e raça paterna

Os resultados demonstraram haver poucas e inconclusivas interações entre os fatores de MGA e raça paterna sobre os atributos físico-químicos da carne. Em virtude disso, pode-se inferir que há uma independência entre os fatores estudados em relação a maioria das variáveis analisadas.

Nossa pesquisa revelou que os animais de MGA divergentes expressaram essa característica em seus fenótipos nos sistemas produtivos utilizados. O que resultou em indivíduos com EGS e acabamento de carcaça divergentes, indicando haver distinção do metabolismo lipídico entre estes animais. No entanto, mesmo os animais de baixo MGA não apresentaram EGS com valores inferiores ao mínimo de 3 mm recomendado para evitar danos causados pelo resfriamento rápido (PRADO *et al.*, 2008). O que pode explicar a ausência de efeito do MGA sobre os atributos físico-químicos da carne.

A ausência de efeito do MGA sobre o escore de marmoreio e teor de gordura da carne são indicativos de que o mecanismo genético que modulou o metabolismo lipídico no tecido adiposo subcutâneo (TAS) não influenciou a taxa de deposição de gordura no tecido adiposo intramuscular (TAI). Os mecanismos bioquímicos divergentes entre estes tecidos são evidentes, com destaque para o substrato primário para a lipogênese: glicose no TAI e acetato no TAS (SMITH; CROUSE, 1984; RHOADES *et al.*, 2007). Contudo, os mecanismos genéticos que

regulam a adipogênese e suas interdependências entre os diferentes tecidos ainda estão sendo elucidados (URRUTIA *et al.*, 2020).

Ao analisarem o sequenciamento de RNA no TAI, TAS e TA peri-renal de bovinos, Sheng *et al.* (2014) revelaram haver um padrão envolvendo 110 genes diferencialmente expressos entre os tecidos. Os autores também observaram uma maior ocorrência de eventos de splicing alternativo no TAS, o que denota maior dinamismo na tradução das informações genéticas para as funções biológicas.

Recentemente, Hudson *et al.* (2020) reforçaram a expressão gênica amplamente divergente entre TAS e TAI e destacaram que as principais diferenças são relacionadas ao metabolismo de carboidratos, colesterol e ácido retinóico. Estas evidências podem ser a chave para explicar como o MGA modulou o metabolismo lipídico apenas no TAS. Contudo, em nosso estudo não foram avaliados todos os parâmetros necessários para comprovação destas hipóteses.

Os resultados observados entre as raças estudadas foram previamente descritos na literatura. Animais cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore - AN) proporcionaram carnes com maior marmoreio e teor de gordura intramuscular (OLIVEIRA *et al.*, 2011; CHARDULO; SILVEIRA; VIANELLO, 2013), maior perda por cocção (OLIVEIRA *et al.*, 2011), menor força de cisalhamento (OLIVEIRA *et al.*, 2011; MIGUEL *et al.*, 2014; AROEIRA *et al.*, 2017; BARCELLOS *et al.*, 2017), menor luminosidade e intensidade de amarelo (MIGUEL *et al.*, 2014; AROEIRA *et al.*, 2017) em relação a de animais Nelore.

Nosso estudo reforça os benefícios dos parâmetros físico-químicos à qualidade da carne com a utilização da Aberdeen Angus como raça paterna nos sistemas de produção adotados. Além disso, foi demonstrado que tais benefícios podem ser observados mesmo em população com indivíduos selecionados para características de acabamento de carcaça divergente.

5.4.2. Efeito de classes de Espessura de Gordura Subcutânea

Alguns estudos avaliaram o impacto da EGS sobre a qualidade da carne de bovinos de corte, incluindo meta análises (BOITO *et al.*, 2017), estudos empíricos (PFLANZER; DE FELÍCIO, 2011; MAGGIONI *et al.*, 2012) e análises multivariadas de componentes principais (BALDASSINI *et al.*, 2017). Com a presente pesquisa, avaliamos os efeitos da EGS sobre atributos qualitativos da carne em experimentos com fatores genéticos, ambientais e de maturidade controlados com uma população amostral ampla e abrangente.

Com relação aos atributos de cor a^* e b^* , tiveram maior intensidade na carne fresca (24 h *post mortem*) de animais com alta EGS. Isso pode estar relacionado a uma discreta variação na temperatura interna do músculo durante o resfriamento, em resposta ao efeito de isolamento térmico obtido com o maior acabamento na carcaça destes animais (MACDOUGALL, 1982). O *rigor mortis* se estabelece mais rapidamente em temperaturas de câmaras mais elevadas (YOUNG *et al.*, 1999) e durante este processo as miofibrilas se tornam mais reflexivas (MACDOUGALL, 1982). Contudo, a mensuração dos atributos de cor no curto período pós-abate não é parâmetro definitivo do aspecto de cor e têm baixa correlação com a cor da carne nos dias ou semanas seguintes (YOUNG *et al.*, 1999), isso foi evidenciado pela semelhança dos atributos físico-químicos da carne *in natura* e maturada entre as classes de EGS.

Com o desenvolvimento do animal, os pré-adipócitos presentes nos diversos tecidos corporais são maturados a adipócitos por hiperplasia e o TAI é o último na ordem de diferenciação prioritária (DU *et al.*, 2013). O maior teor de gordura intramuscular na carne de novilhos de alta EGS observado nesse estudo é um indício de que estes animais poderiam estar em transição para um aumento da diferenciação de adipócitos no TAI. No entanto, a maior deposição de gordura não foi visualmente perceptível, uma vez que o escore de marmoreio não foi influenciado. É importante ressaltar que as progênes foram abatidas relativamente jovens ($26,24 \pm 2,36$ meses, 0 a 2 dentes definitivos) e que estes efeitos poderiam ser mais evidentes com o avanço da maturidade destes animais.

Esse estudo reforça que a EGS não exerce influência sobre os atributos físico-químicos de qualidade da carne, mesmo em populações geneticamente divergentes. Considerando os impactos produtivos e econômicos para promover alta deposição de gordura sobre a carcaça, pode-se inferir que não seria necessário elevar a EGS muito acima dos níveis mínimos de 2 a 3 mm para proteção da carne (LAWRIE, 2005) com o propósito de beneficiamento dos seus atributos de qualidade objetiva. É importante ressaltar que nenhuma das carcaças dos animais utilizados na presente pesquisa apresentou ausência de acabamento ou EGS abaixo dos valores mínimos preconizados.

5.4.3. Associações entre DEP de acabamento, EGS e qualidade da carne

A baixa magnitude da associação entre DEP_{ac} e os valores fenotípicos de EGS pode relacionar-se ao fato da DEP representar um valor de dispersão em relação à média de uma população de contemporâneos, enquanto a EGS trata-se de um valor individual absoluto.

Em geral, as associações entre atributos físico-químicos e EGS foram reflexo dos resultados obtidos com o estudo II. Como exemplo, a associação positiva de magnitude moderada entre EGS e teor de gordura da carne, reforça que ao aumentar a EGS pode-se chegar a maior deposição de gordura na carne. Contudo, como visto anteriormente, seria necessário elevar a EGS dos animais acima do nível máximo (6,81 mm) para se obter maior concentração de gordura intramuscular sem necessariamente garantir maior grau de marmoreio da carne.

A perda por cocção (PCO) mostrou-se uma medida amplamente associada aos demais atributos físico-químicos da carne. Durante o cozimento ocorrem diversas alterações morfológicas na carne como compressão de proteínas miofibrilares, coagulação de filamentos, encolhimento miofibrilar, granulação do sarcolema, fragmentação miofibrilar no disco Z, encolhimento de endomísio, e a magnitude destes eventos é determinada principalmente pela temperatura de cozimento (CHENG; PARRISH, 1976; JONES; CARROLL; CAVANAUGH, 1977; PALKA; DAUN, 1999). O complexo arranjo estrutural das proteínas da carne e a capacidade de ligação destas com moléculas de água são determinantes das perdas de líquidos e da textura da carne após o cozimento (TORNBORG, 2005). Além disso, o arranjo estrutural das miofibrilas também pode ter impacto sobre a reflexão luminosa (MACDOUGALL, 1982). Estes fatos podem explicar as associações positivas do PCO com demais atributos como força de cisalhamento e luminosidade da carne. As associações negativas do PCO aos aspectos de cor a^* e b^* podem ser relacionados as concentrações mioglobina e demais pigmentos presentes na carne.

5.5. Conclusão

Animais com méritos genéticos para acabamento (MGA) divergentes proporcionam carnes com atributos físico-químicos semelhantes. Ainda que em populações com MGA divergentes, os atributos físico-químicos de qualidade da carne são melhorados pelo uso da raça Aberdeen Angus em matrizes Nelore. As classes de EGS não influenciam os atributos físico-químicos da carne avaliados.

Referências

AMSA. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat**. Champaign, IL: American Meat Science Association, 2016. .

AOAC. **Official Analytical Methods of Analysis**. 17. ed. Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists, 2002.

AOCS. **Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High-Temperature Solvent Extraction Official Methods and Recommended Practices of the AOCS**. [s.l.: s.n.].

AROEIRA, C. N. *et al.* Effect of freezing prior to aging on myoglobin redox forms and CIE color of beef from Nellore and Aberdeen Angus cattle. **Meat Science**, v. 125, p. 16–21, 2017.

BALDASSINI, W. A. *et al.* Meat quality traits of Nellore bulls according to different degrees of backfat thickness: A multivariate approach. **Animal Production Science**, v. 57, n. 2, p. 363–370, 2017.

BARCELLOS, V. C. *et al.* Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nellore steers and crossbred Angus vs. Nellore bulls. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 4, p. 437, 22 set. 2017.

BOITO, B. *et al.* Influence of subcutaneous fat thickness on the carcass characteristics and meat quality of beef cattle. **Ciência Rural**, v. 48, n. 1, p. 1, 18 dez. 2017.

CHARDULO, L. A. L.; SILVEIRA, A. C.; VIANELLO, F. Analytical Aspects for Tropical Meat Quality Assessment. In: LIMA, G. P. P.; VIANELLO, F. (Ed.). **Food Quality, Safety and Technology**. Vienna: Springer Vienna, 2013. p. 53–62.

CHENG, C. S.; PARRISH, F. C. SCANNING ELECTRON MICROSCOPY OF BOVINE MUSCLE: EFFECT OF HEATING ON ULTRASTRUCTURE. **Journal of Food Science**, v. 41, n. 6, p. 1449–1454, nov. 1976.

DOLEZAL, H. G. *et al.* Comparison of Subcutaneous Fat Thickness, Marbling and Quality Grade for Predicting Palatability of Beef. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 397–401, 1982.

DU, M. *et al.* MEAT SCIENCE AND MUSCLE BIOLOGY SYMPOSIUM: Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 1419–1427, 1 mar. 2013.

FERRAZ, M. V. C. *et al.* A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **animal**, v. 12, n. 3, p. 569–574, 23 mar. 2018.

HUDSON, N. J. *et al.* Gene expression identifies metabolic and functional differences between intramuscular and subcutaneous adipocytes in cattle. **BMC Genomics**, v. 21, n. 1, p. 1–23, 2020.

JONES, S. B.; CARROLL, R. J.; CAVANAUGH, J. R. STRUCTURAL CHANGES IN HEATED BOVINE MUSCLE: A SCANNING ELECTRON MICROSCOPE STUDY. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 1, p. 125–131, jan. 1977.

KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M. E.; WHEELER, T. L. Meat Toughening Does Not Occur When Rigor Shortening Is Prevented. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 12, p. 2935–2942, 1996.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre, RS, Brasil: Artmed, 2005.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1. ed. São Paulo: R Vieira Gráfica e Editora, 2000.

MACDOUGALL, D. B. Changes in the colour and opacity of meat. **Food Chemistry**, v. 9, n. 1–2, p. 75–88, jul. 1982.

MAGGIONI, D. *et al.* Grupos genéticos e graus de acabamento sobre qualidade da carne de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 391–402, 5 abr. 2012.

MALAU-ADULI, A. E. O. *et al.* A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 48, n. 5, p. 715, 1997.

MARCONDES, M. I. *et al.* Using growth and body composition to determine weight at maturity in Nellore cattle. **Animal Production Science**, v. 56, n. 7, p. 1121, 2016.

MIGUEL, G. Z. *et al.* Immunocastration improves carcass traits and beef color attributes in Nellore and Nellore×Aberdeen Angus crossbred animals finished in feedlot. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 884–891, 2014.

NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 6. ed. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1984.

OLIVEIRA, I. M. de *et al.* Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or ad libitum with two concentrate levels in the diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2894–2902, dez. 2011.

OWENS, F. N. *et al.* Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 3152, 1995.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of animal science**, v. 71, n. 11, p. 3138–3150, 1993.

PALKA, K.; DAUN, H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. **Meat Science**, v. 51, n. 3, p. 237–243, mar. 1999.

PFLANZER, S. B.; DE FELÍCIO, P. E. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. **Meat Science**, v. 87, n. 1, p. 7–11, 2011.

PRADO, I. N. *et al.* Carcass Characteristics and Chemical Composition of the Longissimus Muscle of Purunã and 1/2 Purunã vs . 1/2 Canchin Bulls Meat Quality of Bulls. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 21, n. 9, p. 1296–1302, 2008.

RHOADES, R. D. *et al.* Effect of dietary energy source on in vitro substrate utilization and insulin sensitivity of muscle and adipose tissues of Angus and Wagyu steers. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 7, p. 1719–1726, 1 jul. 2007.

RIISPOA. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. [s.l.: s.n.].

SAINZ, R. D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J. W. Compensatory Growth and Carcass Quality in Growth-Restricted and Refed Beef Steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2971–2979, 1995.

SHENG, X. *et al.* RNA-seq analysis of bovine intramuscular, subcutaneous and perirenal adipose tissues. **Molecular Biology Reports**, v. 41, n. 3, p. 1631–1637, 2014.

SMITH, S. B.; CROUSE, J. D. Relative Contributions of Acetate, Lactate and Glucose to Lipogenesis in Bovine Intramuscular and Subcutaneous Adipose Tissue. **The Journal of Nutrition**, v. 114, n. 4, p. 792–800, 1 abr. 1984.

SNIJDERS, S. E. . *et al.* Genetic merit for milk production and reproductive success in dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 65, n. 1–2, p. 17–31, jan. 2001.

SPRINKLE, J. E. *et al.* Adipose Tissue Partitioning of Limit-Fed Beef Cattle and Beef Cattle with Ad Libitum Access to Feed Differing in Adaptation to Heat. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 665–673, 1998.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 493–508, jul. 2005.

URRUTIA, O. *et al.* Adipose tissue modification through feeding strategies and their implication on adipogenesis and adipose tissue metabolism in ruminants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 9, 2020.

USDA. **United States Standards for Grades of Carcass Beef**. [*s.l.: s.n.*].

YOUNG, O. . *et al.* Effects of rigor attainment temperature on meat blooming and colour on display. **Meat Science**, v. 52, n. 1, p. 47–56, maio 1999.

ZEMBAYASHI, M. *et al.* Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 11, p. 3325–3332, 1 nov. 1995.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Nossos estudos demonstraram que o mérito genético para acabamento de carcaça (MGA) permite a obtenção de animais com maior acabamento tanto em sistema de terminação em confinamento como de terminação a pasto. O MGA não influencia o desempenho e os atributos físico-químicos de qualidade da carne. Em sistema de recria e terminação a pasto, a modulação da deposição de gordura sobre a carcaça pelo MGA ocorre ainda na fase de recria principalmente em novilhos Nelore.

Ao utilizar peso corporal como critério de abate, deve-se considerar pesos mais elevados para animais cruzados ($\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) ao início e final da terminação a pasto com o objetivo de melhorar a distribuição da gordura sobre a carcaça destes animais em relação aos Nelore.

Os resultados com o fator de classes de EGS reforçam que não é necessário elevar a EGS dos novilhos a níveis superiores a menor classe estudada na presente pesquisa (3,66 mm), com o propósito de beneficiamento dos atributos físico-químicos da carne. Entretanto, outros aspectos sensoriais que definem a escolha pelo consumidor ainda precisariam ser avaliados.

O uso de forma estratégica das informações do mérito genético dos reprodutores deve ser amplamente recomendado em todos os sistemas de produção.

REFERÊNCIAS

- AAA. **American angus association**. Disponível em: <http://www.angus.org>. Acesso em: 05/05/2014.
- ALBRECHT, E. *et al.* Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. **Journal of animal science**, v. 84, n. 5, p. 1067–75, maio 2006.
- ALENCAR; BARBOSA, R. T.; NOVAES, A. P. de. Características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore e cruzadas 1/2 Canchim + 1/2 Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 960–967, 1999.
- ALENCAR, M. M. *et al.* Período de gestação e peso ao nascimento e a desmama de bezerros de diferentes sistemas de cruzamentos entre raças bovinas de corte, nascidos na primavera. In: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Goiania, GO. **Anais...** Goiania, GO: SBZ, 2005.
- AMSA. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat**. Champaign, IL: American Meat Science Association, 2016. .
- ANCP. **Sumério de Touros: Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã**. [s.l.: s.n.].
- AOAC. **Official Analytical Methods of Analysis**. 17. ed. Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists, 2002.
- AOCS. **Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High-Temperature Solvent Extraction Official Methods and Recommended Practices of the AOCS**. [s.l.: s.n.].
- AROEIRA, C. N. *et al.* Effect of freezing prior to aging on myoglobin redox forms and CIE color of beef from Nellore and Aberdeen Angus cattle. **Meat Science**, v. 125, p. 16–21, 2017.
- AZEVÊDO, J. A. G. *et al.* Regulation and prediction of dry matter intake. In: VALADARES FILHO, S. DE C. *et al.* (Ed.). **Nutrient requirements of zebu and crossbred cattle - BR-CORTE**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora Federal de Viçosa, 2016. p. 15–42.
- BAKER, J. F. *et al.* Comparison of Cattle of a Five-Breed Diallel: Size, Growth, Condition and Pubertal Characters of Second-Generation Heifers. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 5, p. 1218, 1989.
- BALDASSINI, W. A. *et al.* Meat quality traits of Nellore bulls according to different degrees of backfat thickness: A multivariate approach. **Animal Production Science**, v. 57, n. 2, p. 363–370, 2017.
- BARBOSA, F. A. *et al.* Desempenho de bovinos tabapuã e seus cruzados em pastagens de braquiária no estado da Bahia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 1, p. 253–258, 2014.
- BARCELLOS, V. C. *et al.* Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nellore steers and crossbred Angus vs. Nellore bulls. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 4, p. 437, 22 set. 2017.

- BAZILE, J. *et al.* Pathways and biomarkers of marbling and carcass fat deposition in bovine revealed by a combination of gel-based and gel-free proteomic analyses. **Meat Science**, v. 156, n. May, p. 146–155, 2019.
- BEDERE, N. *et al.* Toward improved postpartum cyclicity of primiparous dairy cows: Effects of genetic merit for production traits under contrasting feeding systems. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 2, p. 1266–1276, fev. 2016.
- BERTOLI, C. D. *et al.* Modeling breed additive and non-additive genetic effects using a Angus x Nellore crossbred population. **Livestock Science**, v. 176, n. 2015, p. 1–13, jun. 2015.
- BIANCHINI, E. *et al.* Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1443–1448, set. 2006.
- BIF. **Guidelines For Uniform Beef Improvement Programs** (L. V. Cundiff, L. D. Van Vleck, W. D. Hohenboken, Eds.). Prairie, MS: Beef Improvement Federation, 2018. .
- BLANCHETTE-MACKIE, E. J. *et al.* Perilipin is located on the surface layer of intracellular lipid droplets in adipocytes. **Journal of Lipid Research**, v. 36, n. 6, p. 1211–1226, 1995.
- BOITO, B. *et al.* Influence of subcutaneous fat thickness on the carcass characteristics and meat quality of beef cattle. **Ciência Rural**, v. 48, n. 1, p. 1, 18 dez. 2017.
- BROWNSEY, R. W. *et al.* Regulation of acetyl-CoA carboxylase. **Biochemical Society Transactions**, v. 34, n. 2, p. 223–227, 1 abr. 2006.
- BUCKLEY, F. *et al.* The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. **Livestock Production Science**, v. 64, n. 2–3, p. 107–119, jun. 2000.
- BUSTIN, S. A. *et al.* The MIQE Guidelines: Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments. **Clinical Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 611–622, 1 abr. 2009.
- CALEGARE, L. *et al.* Preweaning performance and body composition of calves from straightbred Nellore and *Bos taurus* × Nellore crosses¹. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 5, p. 1814–1820, 1 maio 2009.
- CAPPELLE, E. R. *et al.* Estimativas do Valor Energético a partir de Características Químicas e Bromatológicas dos Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1837–1856, dez. 2001.
- CEACERO, T. M. *et al.* Phenotypic and Genetic Correlations of Feed Efficiency Traits with Growth and Carcass Traits in Nellore Cattle Selected for Postweaning Weight. **PLOS ONE**, v. 11, n. 8, p. e0161366, 18 ago. 2016.
- CHANDRAN, M. *et al.* Adiponectin: More Than Just Another Fat Cell Hormone? **Diabetes Care**, v. 26, n. 8, p. 2442–2450, 1 ago. 2003.
- CHARDULO, L. A. L.; SILVEIRA, A. C.; VIANELLO, F. Analytical Aspects for Tropical Meat Quality Assessment. In: LIMA, G. P. P.; VIANELLO, F. (Ed.). **Food Quality, Safety**

and Technology. Vienna: Springer Vienna, 2013. p. 53–62.

CHARGÉ, S. B. P.; RUDNICKI, M. A. Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. **Physiological reviews**, v. 84, n. 1, p. 209–38, jan. 2004.

CHENG, C. S.; PARRISH, F. C. SCANNING ELECTRON MICROSCOPY OF BOVINE MUSCLE: EFFECT OF HEATING ON ULTRASTRUCTURE. **Journal of Food Science**, v. 41, n. 6, p. 1449–1454, nov. 1976.

DETMANN, E. *et al.* An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v. 162, n. 1, p. 141–153, 2014.

DICKERSON, G. E. INBREEDING AND HETEROSIS IN ANIMALS. **Journal of Animal Science**, v. 1973, n. Symposium, p. 54–77, 1 jan. 1973.

DOLEZAL, H. G. *et al.* Comparison of Subcutaneous Fat Thickness , Marbling and Quality Grade for Predicting Palatability of Beef. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 397–401, 1982.

DU, M. *et al.* Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals1. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. suppl_13, p. E51–E60, 1 abr. 2010.

DU, M. *et al.* MEAT SCIENCE AND MUSCLE BIOLOGY SYMPOSIUM: Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 1419–1427, 1 mar. 2013.

DU, M. *et al.* Fetal programming in meat production. **Meat Science**, v. 109, n. 21, p. 40–47, 1 nov. 2015.

FANG, L. *et al.* Genetic and epigenetic architecture of paternal origin contribute to gestation length in cattle. **Communications Biology**, v. 2, n. 1, p. 1–11, 2019.

FARMER, S. R. Transcriptional control of adipocyte formation. **Cell Metabolism**, v. 4, n. 4, p. 263–273, out. 2006.

FAVERO, R. *et al.* Crossbreeding applied to systems of beef cattle production to improve performance traits and carcass quality. **Animal**, v. 13, n. 11, p. 2679–2686, 2019.

FAYLON, M. P. *et al.* Effects of acute heat stress on lipid metabolism of bovine primary adipocytes. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 8732–8740, dez. 2015.

FERRAZ, M. V. C. *et al.* A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **animal**, v. 12, n. 3, p. 569–574, 23 mar. 2018a.

FERRAZ, M. V. C. *et al.* A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **animal**, v. 12, n. 3, p. 569–574, 23 mar. 2018b.

FONSECA-ALANIZ, M. *et al.* Tecido Adiposo e Regulação Metabólica. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabolismo**, v. 50, n. 2, p. 216–29, 2006.

FONSECA, P. D. d. S. *et al.* Association of ADIPOQ, OLR1 and PPARGC1A gene polymorphisms with growth and carcass traits in Nelore cattle. **Meta Gene**, v. 4, p. 1–7, 2015.

FRANKE, D. E. Postweaning performance and carcass merit of F1 steers sired by Brahman and alternative subtropically adapted breeds. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 10, p. 2604, 1997.

GAUGHAN, J. B. *et al.* Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 9, p. 2398, 1999.

GLIMP, H. A. *et al.* Effect of Sex Condition on Growth and Carcass Traits of Male Hereford and Angus Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 33, n. 6, p. 1242–1247, 1 dez. 1971.

GOMES, R. da C. *et al.* Estratégias nutricionais para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. In: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. DA C.; BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2015. p. 121–139.

GOMIDE, L. de M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e qualidade da carne: fundamentos**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2013.

GOOTWINE, E. Variability in the rate of decline in birth weight as litter size increases in sheep. **Animal Science**, v. 81, n. 03, 9 dez. 2005.

GOULART, R. S. *et al.* Comparison of Nellore and Bos taurus × Nellore beef crosses at the same age on performance, carcass characteristics, and fecal starch content. **Applied Animal Science**, v. 36, n. 3, p. 430–436, 2020.

GREENWOOD, P. L. *et al.* Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: II. Skeletal muscle growth and development. **Journal of animal science**, v. 78, n. 1, p. 50–61, jan. 2000.

GREINER, S. P. **Understanding Expected Progeny Differences (EPDs)**: Virginia Cooperative Extension. Blacksburg, VA: College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009. .

GROEN. **Relatório de Avaliação Ambiental**. Campo Grande, MS: GROEN Engenharia e Meio Ambiente LTDA., 2015.

GUPTA, R. K. *et al.* Transcriptional control of preadipocyte determination by Zfp423. **Nature**, v. 464, n. 7288, p. 619–623, 3 mar. 2010.

GUPTA, R. K. *et al.* Zfp423 Expression Identifies Committed Preadipocytes and Localizes to Adipose Endothelial and Perivascular Cells. **Cell Metabolism**, v. 15, n. 2, p. 230–239, fev. 2012.

HAUSMAN, G. J. *et al.* Preadipocyte and Adipose Tissue Differentiation in Meat Animals: Influence of Species and Anatomical Location. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 2, n. 1, p. 323–351, fev. 2014.

HAUSMAN, G. J.; DODSON, M. V. Stromal Vascular Cells and Adipogenesis: Cells within Adipose Depots Regulate Adipogenesis. **Journal of Genomics**, v. 1, p. 56–66, 2013.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal**

Husbandry, v. 15, n. 76, p. 663–670, 1975.

HOCQUETTE, J. F. *et al.* Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. **animal**, v. 4, n. 02, p. 303–319, 23 fev. 2010.

HOOD, R. L.; ALLEN, C. E. Cellularity of bovine adipose tissue. **Journal of lipid research**, v. 14, n. 6, p. 605–610, 1973.

HORIMOTO, A. R. *et al.* Estimation of genetic parameters for a new model for defining body structure scores (frame scores) in Nellore cattle. **Genetics and molecular research : GMR**, v. 5, n. 4, p. 828–836, 2006.

HOSSEINI, A.; SAUERWEIN, H.; MIELENZ, M. Putative reference genes for gene expression studies in propionate and β -hydroxybutyrate treated bovine adipose tissue explants. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, n. 5, 2010.

HOTAMISLIGIL, G.; SHARGILL, N.; SPIEGELMAN, B. Adipose expression of tumor necrosis factor- α : direct role in obesity-linked insulin resistance. **Science**, v. 259, n. 5091, p. 87–91, 1 jan. 1993.

HUANG, W. *et al.* Global transcriptome analysis identifies differentially expressed genes related to lipid metabolism in Wagyu and Holstein cattle. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017.

HUANG, Y. *et al.* Zfp423 Promotes Adipogenic Differentiation of Bovine Stromal Vascular Cells. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, p. e47496, 10 out. 2012.

HUDSON, N. J. *et al.* Gene expression identifies metabolic and functional differences between intramuscular and subcutaneous adipocytes in cattle. **BMC Genomics**, v. 21, n. 1, p. 1–23, 2020.

JOE, A. W. B. *et al.* Muscle injury activates resident fibro/adipogenic progenitors that facilitate myogenesis. **Nature Cell Biology**, v. 12, n. 2, p. 153–163, 17 fev. 2010.

JONES, S. B.; CARROLL, R. J.; CAVANAUGH, J. R. STRUCTURAL CHANGES IN HEATED BOVINE MUSCLE: A SCANNING ELECTRON MICROSCOPE STUDY. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 1, p. 125–131, jan. 1977.

KARUNARATNE, J. F.; ASHTON, C. J.; STICKLAND, N. C. Fetal programming of fat and collagen in porcine skeletal muscles. **Journal of Anatomy**, v. 207, n. 6, p. 763–768, dez. 2005.

KENNEDY, J. *et al.* Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 2, p. 610–621, 2003.

KIM, J.-J. *et al.* Detection of quantitative trait loci for growth and beef carcass fatness traits in a cross between *Bos taurus* (Angus) and *Bos indicus* (Brahman) cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 8, p. 1933–1942, 1 ago. 2003.

KIPPERT, C. J. *et al.* Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os

desempenhos pré e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus × Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, p. 1383–1391, ago. 2008.

KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M. E.; WHEELER, T. L. Meat Toughening Does Not Occur When Rigor Shortening Is Prevented. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 12, p. 2935–2942, 1996.

LADEIRA, M. M. *et al.* 132 Performance and carcass traits of Nellore and Nellore × Angus steers fed whole shelled corn diets. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. suppl_4, p. 65–65, 1 ago. 2017.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre, RS, Brasil: Artmed, 2005.

LEMA, O. M. *et al.* Pre-weaning performance of Hereford, Angus, Salers and Nellore crossbred calves: Individual and maternal additive and non-additive effects. **Livestock Science**, v. 142, n. 1–3, p. 288–297, 2011.

LEME, P. R. *et al.* Desempenho em Confinamento e Características de Diferentes Cruzamentos Abatidos em Três Faixas de Peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2347–2353, 2000.

LIN, J.-C. Impacts of Alternative Splicing Events on the Differentiation of Adipocytes. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 9, p. 22169–22189, 14 set. 2015.

LIU, S. *et al.* Transcription factors regulate adipocyte differentiation in beef cattle. **Animal Genetics**, v. 51, n. 3, p. 351–357, 6 jun. 2020.

LOBLEY, G. E. *et al.* Muscle protein synthesis in response to testosterone administration in wether lambs. **British Journal of Nutrition**, v. 64, n. 3, p. 691–704, 9 nov. 1990.

LOPES, J. . *et al.* Avaliação do desempenho na pós-desmama para uma população bovina multirracial Aberdeen Angus x Nelore utilizando-se diferentes modelos genéticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1439–1447, dez. 2010.

LOUVEAU, I. *et al.* Invited review: Pre- and postnatal adipose tissue development in farm animals: From stem cells to adipocyte physiology. **Animal**, v. 10, n. 11, p. 1839–1847, 2016.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1. ed. São Paulo: R Vieira Gráfica e Editora, 2000.

MACDOUGALL, D. B. Changes in the colour and opacity of meat. **Food Chemistry**, v. 9, n. 1–2, p. 75–88, jul. 1982.

MAEDA, K. *et al.* cDNA Cloning and Expression of a Novel Adipose Specific Collagen-like Factor, apM1 (Adipose Most Abundant Gene Transcript 1). **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 221, n. 2, p. 286–289, abr. 1996.

MAGGIONI, D. *et al.* Grupos genéticos e graus de acabamento sobre qualidade da carne de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 391–402, 5 abr. 2012.

MALAU-ADULI, A. E. O. *et al.* A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of**

Agricultural Research, v. 48, n. 5, p. 715, 1997.

MARCONDES, M. I. *et al.* Performance of animals fed individually or in groups and carcass traits of Nellore cattle from three sexual classes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2243–2250, dez. 2008.

MARCONDES, M. I. *et al.* Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p. 1313–1324, jun. 2011.

MARCONDES, M. I. *et al.* Using growth and body composition to determine weight at maturity in Nellore cattle. **Animal Production Science**, v. 56, n. 7, p. 1121, 2016.

MARSHALL, D. M. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 10, p. 2745–2755, 1 out. 1994.

MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON, F. E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1989.

MARTINS, E. N. Avaliação genética: dos dados às DEPs. In: ROSA, A. DO N. *et al.* (Ed.). **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 130–148.

MARTINS, T. S. *et al.* Molecular factors underlying the deposition of intramuscular fat and collagen in skeletal muscle of Nellore and angus cattle. **PLoS ONE**, v. 10, n. 10, p. 1–13, 2015.

MAY, S. G. *et al.* Lipogenic activity of intramuscular and subcutaneous adipose tissues from steers produced by different generations of angus sires. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 5, p. 1310–1317, 1 maio 1995.

MENEZES, G. R. de O. *et al.* Genômica Aplicada ao Melhoramento Genético de Gado de Corte. In: ROSA, A. DO N. *et al.* (Ed.). **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 214–225.

MIGUEL, G. Z. *et al.* Immunocastration improves carcass traits and beef color attributes in Nellore and Nellore×Aberdeen Angus crossbred animals finished in feedlot. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 884–891, 2014.

MILLEN, D. D. *et al.* A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 10, p. 3427–3439, 1 out. 2009.

MOREIRA, F. B. *et al.* Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 609–616, dez. 2003.

MORETTI, M. H. *et al.* Performance of Nellore young bulls on Marandu grass pasture with protein supplementation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 6, p. 438–446, jun. 2013.

MORGAN, J. B. *et al.* Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous

proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 2, p. 408–414, 1 fev. 1993.

MORSCI, N. S.; SCHNABEL, R. D.; TAYLOR, J. F. Association analysis of adiponectin and somatostatin polymorphisms on BTA1 with growth and carcass traits in Angus cattle. **Animal Genetics**, v. 37, n. 6, p. 554–562, 2006.

MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos** Santa Maria, RS, BrasilUFSM, , 1987.

MUNDAY, M. R. Regulation of mammalian acetyl-CoA carboxylase. **Biochemical Society Transactions**, v. 30, n. 6, p. 1059–1064, 1 nov. 2002.

NEVES, D. S. B. *et al.* Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 7, p. 1411–1416, 2018.

NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 6. ed. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1984.

NRC. Beef Cattle. In: **Predicting feed intake of food-producing animals**. Washington, DC: National Academies Press, 1987. p. 56–74.

NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Revised Edition**. Washington, D.C.: National Academies Press, 1996.

OHTANI, Y. *et al.* Gene expression and hormonal regulation of adiponectin and its receptors in bovine mammary gland and mammary epithelial cells. **Animal Science Journal**, v. 82, n. 1, p. 99–106, 2011.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64–75, nov. 2014.

OLIVEIRA, I. M. de *et al.* Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or ad libitum with two concentrate levels in the diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2894–2902, dez. 2011.

OWENS, F. N. *et al.* Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 3152, 1995.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of animal science**, v. 71, n. 11, p. 3138–3150, 1993.

PAIM, T. P. *et al.* Relationship of weight gain with infrared temperatures in Nelore and F1 (Nelore × Angus) heifers reared in two forage production systems1. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 9, p. 4002–4011, 7 set. 2018.

PALKA, K.; DAUN, H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. **Meat Science**, v. 51, n. 3, p. 237–243, mar. 1999.

PAULINO, P. V. R. *et al.* Body tissue and chemical component deposition in Nellore bulls,

steers and heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2516–2524, dez. 2009.

PEREIRA, A. S. C. *et al.* Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. **Animal Production Science**, v. 55, n. 10, p. 1295, 2015.

PFLANZER, S. B.; DE FELÍCIO, P. E. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. **Meat Science**, v. 87, n. 1, p. 7–11, 2011.

PICKWORTH, C. L. *et al.* Adipogenic differentiation state-specific gene expression as related to bovine carcass adiposity. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 2, p. 355–366, 2011.

POPPI, D. P. *et al.* Challenges of beef cattle production from tropical pastures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.

PRADO, I. N. *et al.* Carcass Characteristics and Chemical Composition of the Longissimus Muscle of Purunã and 1/2 Purunã vs . 1/2 Canchin Bulls Meat Quality of Bulls. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 21, n. 9, p. 1296–1302, 2008.

PUTRINO, S. M. *et al.* Apparent digestibility of diets with increasing concentrate levels in Brangus and Nellore steers. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 2, p. 406–413, 2007.

REDMER, D. A.; WALLACE, J. M.; REYNOLDS, L. P. Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 27, n. 3, p. 199–217, out. 2004.

RHOADES, R. D. *et al.* Effect of dietary energy source on in vitro substrate utilization and insulin sensitivity of muscle and adipose tissues of Angus and Wagyu steers. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 7, p. 1719–1726, 1 jul. 2007.

RIBEIRO, E. L. d. A. *et al.* Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact Bos indicus bulls. **Meat Science**, v. 68, n. 2, p. 285–290, out. 2004.

RIISPOA. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. [s.l.: s.n.].

ROBELIN, J. Cellularity of bovine adipose tissues: developmental changes from 15 to 65 percent mature weight. **Journal of lipid research**, v. 22, n. 3, p. 452–7, mar. 1981.

ROCHA, J. C. M. C. *et al.* Componentes de variância para o período de gestação em bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 6, p. 784–791, 2005.

ROH, S.-G. *et al.* Control of adipogenesis in ruminants. **Animal Science Journal**, v. 77, n. 5, p. 472–477, out. 2006.

ROSEN, E. D.; MACDOUGALD, O. A. Adipocyte differentiation from the inside out. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 7, n. 12, p. 885–896, 1 dez. 2006.

- ROY, R. *et al.* Genomic structure and alternative transcript of bovine fatty acid synthase gene (FASN): comparative analysis of the FASN gene between monogastric and ruminant species. **Cytogenetic and Genome Research**, v. 111, n. 1, p. 65–73, 2005.
- SADRI, H. *et al.* Plasma leptin and mRNA expression of lipogenesis and lipolysis-related factors in bovine adipose tissue around parturition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 95, n. 6, p. 790–797, 2011.
- SAINZ, R. D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J. W. Compensatory Growth and Carcass Quality in Growth-Restricted and Refed Beef Steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2971–2979, 1995.
- SAREMI, B. *et al.* Technical note: Identification of reference genes for gene expression studies in different bovine tissues focusing on different fat depots. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 3131–3138, jun. 2012.
- SCHERER, P. E. *et al.* A novel serum protein similar to C1q, produced exclusively in adipocytes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 270, n. 45, p. 26746–26749, 1995.
- SCHMITTGEN, T. D.; LIVAK, K. J. Analyzing real-time PCR data by the comparative CT method. **Nature Protocols**, v. 3, n. 6, p. 1101–1108, 5 jun. 2008.
- SHENG, X. *et al.* RNA-seq analysis of bovine intramuscular, subcutaneous and perirenal adipose tissues. **Molecular Biology Reports**, v. 41, n. 3, p. 1631–1637, 2014.
- SHIMANO, H. *et al.* Sterol regulatory element-binding protein-1 as a key transcription factor for nutritional induction of lipogenic enzyme genes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 274, n. 50, p. 35832–35839, 1999.
- SHIN, S.; CHUNG, E. Novel SNPs in the bovine ADIPOQ and PPARGC1A genes are associated with carcass traits in Hanwoo (Korean cattle). **Molecular Biology Reports**, v. 40, n. 7, p. 4651–4660, 2013.
- SMITH, S. B.; CROUSE, J. D. Relative Contributions of Acetate, Lactate and Glucose to Lipogenesis in Bovine Intramuscular and Subcutaneous Adipose Tissue. **The Journal of Nutrition**, v. 114, n. 4, p. 792–800, 1 abr. 1984.
- SNIJDERS, S. E. *et al.* Genetic merit for milk production and reproductive success in dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 65, n. 1–2, p. 17–31, jan. 2001.
- SPRINKLE, J. E. *et al.* Adipose Tissue Partitioning of Limit-Fed Beef Cattle and Beef Cattle with Ad Libitum Access to Feed Differing in Adaptation to Heat. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 665–673, 1998.
- STICKLAND, N. C. A Quantitative Study of Muscle Development in the Bovine Foetus (*Bos indicus*). **Anatomia, Histologia, Embryologia: Journal of Veterinary Medicine Series C**, v. 7, n. 3, p. 193–205, set. 1978.
- SUGISAWA, L.; MATOS, B. da C. de; SUGISAWA, J. M. Uso da Ultrassonografia na avaliação de características de carcaça e de qualidade da carne. In: ROSA, A. DO N. *et al.* (Ed.). **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 97–107.

SWATLAND, H. J. Muscle Growth in the Fetal and Neonatal Pig. **Journal of Animal Science**, v. 37, n. 2, p. 536–545, 1 ago. 1973.

SZTALRYD, C. *et al.* Perilipin A is essential for the translocation of hormone-sensitive lipase during lipolytic activation. **Journal of Cell Biology**, v. 161, n. 6, p. 1093–1103, 23 jun. 2003.

TAGA, H. *et al.* Adipocyte metabolism and cellularity are related to differences in adipose tissue maturity between holstein and charolais or Blond d'aquitaine fetuses. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 3, p. 711–721, 2011.

TANIGUCHI, M. *et al.* Adipogenesis of bovine perimuscular preadipocytes. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 366, n. 1, p. 54–59, 2008.

TANNER, J. E. *et al.* Sire × Sex Interactions and Sex Differences in Growth and Carcass Traits of Angus Bulls, Steers and Heifers. **Journal of Animal Science**, v. 31, n. 6, p. 1058–1064, 1 dez. 1970.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 493–508, jul. 2005.

UEZUMI, A. *et al.* Mesenchymal progenitors distinct from satellite cells contribute to ectopic fat cell formation in skeletal muscle. **Nature Cell Biology**, v. 12, n. 2, p. 143–152, 17 fev. 2010.

UEZUMI, A. *et al.* Fibrosis and adipogenesis originate from a common mesenchymal progenitor in skeletal muscle. **Journal of Cell Science**, v. 124, n. 21, p. 3654–3664, 1 nov. 2011.

URRUTIA, O. *et al.* Adipose tissue modification through feeding strategies and their implication on adipogenesis and adipose tissue metabolism in ruminants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 9, 2020.

USDA. **United States Standards for Grades of Carcass Beef**. [*s.l: s.n.*].

WU, G. *et al.* BOARD-INVITED REVIEW: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences1. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 9, p. 2316–2337, 1 set. 2006.

YOUNG, O. . *et al.* Effects of rigor attainment temperature on meat blooming and colour on display. **Meat Science**, v. 52, n. 1, p. 47–56, maio 1999.

ZEMBAYASHI, M. *et al.* Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 11, p. 3325–3332, 1 nov. 1995.

**ANEXO A – NÍVEIS DE GARANTIA DO SUPLEMENTO
PROTEICO-ENERGÉTICO UTILIZADO DURANTE A RECRIA DOS ANIMAIS**

| Informação Nutricional | Valor |
|----------------------------|--------------|
| Umidade (máx.) | 120 g/kg |
| Proteína Bruta (mín.) | 250 g/kg |
| NNP Equiv. PB (máx.) | 170 g/kg |
| NDT Estimado (mín.) | 460 g/kg |
| Cálcio (mín./máx.) | 45 - 65 g/kg |
| Cobalto (mín.) | 15 mg/kg |
| Cobre (mín.) | 200 mg/kg |
| Enxofre (mín.) | 6000 mg/kg |
| Flúor (máx.) | 100 mg/kg |
| Fósforo (mín.) | 10 g/kg |
| Iodo (mín.) | 18 mg/kg |
| Magnésio (mín.) | 3500 mg/kg |
| Manganês (mín.) | 185 mg/kg |
| Selênio (mín.) | 2 mg/kg |
| Sódio (mín.) | 45 g/kg |
| Zinco (mín.) | 700 mg/kg |
| Salinomicina Sódica (mín.) | 85 mg/kg |

Composição básica: Milho moído, farelo de soja, farelo de trigo, polpa cítrica peletizada, fosfato bicálcico desfluorizado, carbonato de cálcio, cloreto de sódio (11,66%), enxofre ventilado, óxido de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de cobalto, sulfato de manganês, óxido de zinco, iodato de cálcio, selenito de sódio, salinomicina sódica.

¹ Nitrogênio não proteico equivalente a proteína bruta

**ANEXO B – CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E VALOR NUTRICIONAL DAS
FORRAGEIRAS DURANTE A RECRIA REFERENTE AO CAPÍTULO I**

| Característica | Fase I | Fase II | Média Geral |
|---|---------|---------|-------------|
| Massa de forragem total, kg MS ¹ /ha | 5336,29 | 7941,69 | 7231,13 |
| Massa de forragem verde, kg MS ¹ /ha | 2785,86 | 5425,08 | 4705,30 |
| Massa de lâmina foliar verde, kg MS ¹ /ha | 1150,24 | 2546,90 | 2166,00 |
| Relação lâmina foliar:colmo | 0,74 | 0,92 | 0,87 |
| Oferta de forragem total, kg MS ¹ / 100 kg PC ² | 1196,83 | 1512,54 | 1426,44 |
| Pressão de pastejo, kg PC ² /kg MSF ³ | 0,10 | 0,18 | 0,16 |
| Taxa de lotação, UA ⁴ /ha | 1,01 | 2,62 | 2,18 |
| Proteína bruta, g/kg MS ¹ | 11,05 | 7,60 | 8,98 |
| Fibra em detergente neutro, g/kg MS ¹ | 75,00 | 69,96 | 71,98 |
| Fibra em detergente ácido, g/kg MS ¹ | 34,41 | 33,93 | 34,13 |
| Ligninas em detergente ácido, g/kg MS ¹ | 2,71 | 3,31 | 3,07 |
| DIVMO ⁵ , g/kg MS ¹ | 41,92 | 50,87 | 46,40 |

Fase I = junho a outubro de 2017 (temporada seca) e Fase II = novembro de 2017 a maio de 2018 (temporada chuvosa).

¹ Matéria seca;

² Peso corporal;

³ Matéria seca de forragem;

⁴ Unidade animal (450 kg);

⁵ Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica.

**ANEXO C – FORMULAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA RAÇÃO DOS ANIMAIS
DURANTE O CONFINAMENTO**

| Ingrediente | g/kg de MS | | | | | |
|--|------------------|---------|-------------------|--------|----------------|---------------|
| Silagem de sorgo | 500,00 | | | | | |
| Milho grão moído | 240,00 | | | | | |
| Casca de soja | 149,00 | | | | | |
| Farelo de soja | 80,00 | | | | | |
| Ureia | 11,00 | | | | | |
| Núcleo Mineral ¹ | 20,00 | | | | | |
| Composição (g/kg) | RMT ² | Silagem | Ração Concentrada | Milho | Farelo de soja | Casca de soja |
| Matéria seca | 483,40 | 330,18 | 892,72 | 882,55 | 893,28 | 868,62 |
| Proteína Bruta | 122,18 | 49,71 | 223,91 | 87,86 | 486,96 | 139,35 |
| Matéria mineral | 61,00 | 53,26 | 112,15 | 25,61 | 74,65 | 40,12 |
| Fibra em detergente neutro | 473,31 | 573,04 | 322,19 | 118,66 | 141,38 | 631,88 |
| Fibra em detergente ácido | 311,99 | 363,42 | 237,65 | 38,25 | 95,98 | 503,04 |
| Nutrientes digestíveis totais ³ | 640,48 | 598,88 | 703,52 | 788,41 | 778,93 | 574,34 |
| Digestibilidade (%) | | | | | | |
| DIVMO ⁴ | 64,25 | 53,85 | 74,96 | 73,34 | 68,18 | 72,83 |
| Energia (Mcal/ kg de MS) | | | | | | |
| Energia digestível ⁵ | 2,82 | 2,64 | 3,10 | 3,47 | 3,43 | 2,53 |
| Energia metabolizável ⁵ | 2,31 | 2,16 | 2,54 | 2,84 | 2,81 | 2,07 |

¹ Níveis mínimos de garantia por kg: Cálcio 250g (máximo 290 g); Fósforo 22 g; Sódio 40 g; Magnésio 15 g; Enxofre 30 g; Flúor 220 mg; Zinco 2200 mg; Cobre 500 mg; Manganês 800 mg; Cobalto 35 mg; Iodo 45 mg; Selênio 20 mg; Vitamina A 60000 UI; Vitamina D 20000 UI; Vitamina E 400 UI; Monensina Sódica 1000 mg; *Saccaromyces cerev.* 1,0 x 10⁷ UFC; Virginiamicina 1000 mg;

² Ração em mistura total;

³ Calculado conforme Cappelle *et al.*, (2001);

⁴ Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica;

⁵ Estimadas conforme NRC, (1996), considerando 1g de NDT = 0,0044 Mcal de energia digestível (ED) e 1 Mcal de ED = 0,82 Mcal de energia metabolizável.

**ANEXO D – CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO EM PASTEJO
DURANTE A RECRIA E TERMINAÇÃO REFERENTE AO CAPÍTULO II**

| Características | | MF | OF ¹ | TL |
|-----------------|------------|---------|-----------------|------|
| Experimento I | Fase I | 1910,00 | 499,88 | 0,85 |
| | Fase II | 2000,00 | 416,71 | 1,07 |
| | Terminação | 5500,00 | 1032,17 | 1,57 |
| Experimento II | Fase I | 2020,00 | 778,00 | 0,70 |
| | Fase II | 6457,97 | 1351,46 | 1,05 |
| | Terminação | 5835,84 | 1319,50 | 1,09 |
| Experimento III | Fase I | 3932,42 | 1759,13 | 0,64 |
| | Fase II | 5969,55 | 824,97 | 1,86 |
| | Terminação | 6238,01 | 1723,86 | 0,70 |
| Média | Fase I | 2620,81 | 1012,34 | 0,73 |
| | Fase II | 4809,17 | 864,38 | 1,33 |
| | Terminação | 5857,95 | 1358,51 | 1,12 |

MF= Massa de forragem (kg de MS/ha); OF¹ = oferta de forragem (kg MS/ 100 kg PC); TL = taxa de lotação (UA/ha). Fase I = junho a outubro (temporada seca) e Fase II = novembro a maio (temporada chuvosa).

**ANEXO E – NÍVEIS DE GARANTIA DO NÚCLEO DE TERMINAÇÃO INTENSIVA
A PASTO**

| Informação Nutricional | Valor |
|-----------------------------------|--------------|
| Umidade (máx.) | 120 g/kg |
| Proteína Bruta (mín.) | 450 g/kg |
| NNP Equiv. PB ¹ (mín.) | 340 g/kg |
| Cálcio (mín./máx.) | 50 – 90 g/kg |
| Cobalto (mín.) | 13 mg/kg |
| Cobre (mín.) | 100 mg/kg |
| Enxofre (mín.) | 11 g/kg |
| Flúor (máx.) | 250 mg/kg |
| Fósforo (mín.) | 25 g/kg |
| Iodo (mín.) | 21 mg/kg |
| Magnésio (mín.) | 12 g/kg |
| Manganês (mín.) | 160 mg/kg |
| Selênio (mín.) | 3,3 mg/kg |
| Sódio (mín.) | 10 g/kg |
| Zinco (mín.) | 400 mg/kg |
| Monensina Sódica (mín.) | 133 mg/kg |
| Virginiamicina (mín.) | 167 mg/kg |

Composição básica: Farelo de soja, farelo de glúten de milho, farelo de trigo, polpa cítrica peletizada, carbonato de cálcio, fosfato bicálcico desfluorizado, cloreto de sódio, enxofre ventilado, óxido de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de cobalto, sulfato de manganês, óxido de zinco, iodato de cálcio, selenito de sódio, uréia pecuária, uréia protegida, monensina sódica, virginiamicina. A ser diluído com farelos energéticos na proporção de 15:85.

¹ Nitrogênio não proteico equivalente a proteína bruta