

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

EFEITO DE PROTOCOLOS NUTRICIONAIS PARA MARMOREIO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS E QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE
CONFINADOS

LUANA DORETTO FELIZARI

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU – SP
JUNHO/2022

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

EFEITO DE PROTOCOLOS NUTRICIONAIS PARA MARMOREIO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS E QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE
CONFINADOS

LUANA DORETTO FELIZARI

Orientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen
Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Bertelli Pflanze

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU-SP
JUNHO/2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Felizari, Luana Doretto.

Efeito de protocolos nutricionais para marmoreio sobre as características e qualidade da carne de bovinos Nelore confinados / Luana Doretto Felizari. - Botucatu, 2022

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Danilo Domingues Millen

Coorientador: Sérgio Bertelli Pflanzner

Capes: 50403001

1. Carne bovina. 2. Bovinos. 3. Confinamento (Animais). 4. Gordura.

Palavras-chave: Carne bovina; Confinamento; Marmoreio; Nelore.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Luana Doretto Felizari, nascida em 1 de fevereiro de 1997, na cidade de Brusque/SC, filha de Rosane Doretto da Silva e Itamar Antonio Felizari, ingressou no curso de zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Campus de Dracena, em agosto de 2015 e graduou-se em janeiro de 2020. Durante o curso de graduação foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), e realizou um intercâmbio na University of Nebraska-Lincoln. Em março de 2020 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia da Unesp – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu, onde foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/ CAPES e pela Fundação Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo/FAPESP, e realizou um intercâmbio na Texas Tech University, Lubbock, Texas.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe Rosane, que sempre acreditou no meu potencial e no meu sucesso, além de sempre me ajudar nas decisões mais difíceis e me apoiar incondicionalmente. Mãe, você é a minha heroína e se hoje estou aqui é por você e suas orações.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus, pela força e pela coragem de cada dia tornando os meus sonhos possíveis.

À minha querida mãe, pela dedicação e incentivo em todas as etapas da minha vida.

À minha família maravilhosa, que sempre estiveram nessa caminhada comigo me dando muitos conselhos e amor.

Ao meu orientador Dr. Danilo Domingues Millen pela orientação ao longo desses seis anos! Agradeço pela inspiração que você passou para mim desde a graduação sobre a pesquisa, principalmente pelos maravilhosos ruminantes. Obrigada pela oportunidade, amizade e confiança em meu trabalho.

Ao professor Dr. Sérgio Bertelli Pflanzner pela contribuição na condução e elaboração deste trabalho.

A toda equipe do confinamento: Mariana, Antonio, Breno, Thaiano, Leandro, Katia, Lidiane, Daniel, Werner, Vanessa, Carol, Ana Laura e aos funcionários da FCAT, sem vocês não teríamos conseguido. Agradeço em especial a Mariana, que na reta final do meu mestrado me deu valiosos conselhos e não mediu esforços para me ajudar. *Muito obrigada pessoal!!*.

Ao Jonatã e Vitor que me ajudaram nas análises de laboratório! *Fizemos o possível e o impossível para terminar todas elas rsrs*.

Serei sempre grata aos professores Dr. Calkins e Dr. Johnson pela oportunidade de ter realizado os meus intercâmbios na University of Nebraska-Lincoln e na Texas Tech University. E em especial ao Dr. Felipe Ribeiro e Dr. Oscar Benitez por todos os ensinamentos, paciência e amizade ao longo desse período.

Ao Felipe Ribeiro e Thaís, que me inspiraram a ir atrás dos meus sonhos e buscar novas oportunidades nos Estados Unidos.

Aos meus amigos de Salto-SP, Thamires, Yanny, Mohamad, Helo e todos os outros que estiveram ao meu lado nessa trajetória.

Aos meus amigos do Texas, Kaliu, Barbara, Viviana, Oscar, Angelina, George e a todas as outras pessoas que fizeram parte dessa caminhada.

À Universidade Estadual Paulista Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia campus de Botucatu pela oportunidade.

À equipe do ITAL, pela disponibilização do local para rodarmos algumas análises. Minha gratidão principalmente para a Marcia.

À equipe do Brazil Beef Quality pela parceria e ajuda na condução das análises sensoriais.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo/FAPESP, processo: 2019/26951-8.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

... Agradeço a todos que não foram citados aqui, mas que de alguma forma fizeram parte dessa minha trajetória...

Muito Obrigada!

“A persistência é o caminho do êxito”.
Charles Chaplin

RESUMO GERAL

Objetivou-se com este estudo avaliar diferentes protocolos nutricionais para marmoreio, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG), zinco e cromo orgânico, na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie (DEP) para alto e baixo marmoreio na qualidade da carne. Foram utilizados 150 animais, machos, não castrados, da raça Nelore, com peso vivo médio inicial aproximado de $404,28 \pm 23,14$ kg e 19 meses de idade, sendo que 30 deles (5 por Bloco) foram abatidos como referência no dia 0 do experimento. Portanto, o estudo prosseguiu com 120 animais, os quais foram alocados em 30 baias ($n = 4$ por baia). Todos os animais tinham pais conhecidos e desta forma estes foram divididos em grupos de alta e baixa DEP para marmorização antes de serem bloqueados por peso. As dietas de terminação conterão 84% de concentrado e os tratamentos foram arrançados em fatorial $2 \times 2 + 1$: T1) Milho moído fino; T2) Silagem de grão de milho úmido; T3) Milho moído fino + SCAG; T4) Silagem de grão úmido de milho + SCAG; e T5) Silagem de grão úmido de milho + SCAG + zinco e cromo orgânico. Foi incluso monensina sódica em todos os tratamentos na dose de 25 ppm. O estudo teve duração de 112 dias, e foram avaliadas variáveis de qualidade da carne, tais como: composição centesimal, força de cisalhamento, perda de peso por cocção, análise sensorial com consumidores, perfil lipídico, oxidação lipídica, cor, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização. Não houve efeito de tratamentos para o marmoreio. Animais de baixa DEP obtiveram maior EGS com a adição de ZnCr, diferentemente dos animais de alta DEP que aumentaram a EGS com apenas o processamento do milho ($P=0,03$). Houve interação entre tratamento*DEP para EGS do *Biceps femoris* ($P<0,05$), EE ($P=0,03$), TBARS ($P=0,03$), AGS ($P=0,02$) e AGI ($P=0,04$), MUFA ($P<0,01$), PUFA ($P=0,01$), n-6:n-3 ($P=0,02$) para a carne. Não houve diferença significativa para a FC entre os tratamentos, porém quando aumentou o tempo de maturação a carne ficou mais macia. Portanto, os fatores testados nos protocolos nutricionais não alteraram a porcentagem de gordura intramuscular do músculo *Longissimus dorsi*.

Palavras-chave: “cromo”, “zinco”, “carne”, “marmoreio”, “maturação”, “Nelore”

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different nutritional protocols including high-moisture corn, rumen-protected fat, zinc and organic chromium in the diets of feedlot Nellore cattle, ranked by estimated progeny difference (EPD) as high and low marbling on meat quality. In this project, were used 150 19-mo-old Nellore bulls ($404,28 \pm 23,14$ kg), which were blocked by EPD and by initial body weight. Thirty bulls (five per block) were slaughtered at day 0 of the study for carcass baseline measurements. Therefore, this study was carried out with 120 Nellore bulls, which were randomly allocated into 30 pens ($n=4$ per pen) according to the blocking criteria just described in a $2 \times 2 + 1$ factorial arrangement of treatments: T1) Finely-ground corn; T2) High-moisture corn; T3) Finely-ground corn + rumen-protected fat; T4) High-moisture corn + rumen-protected fat; T5) High-moisture corn + rumen-protected fat + Zn and Cr. The finishing diets contained 84% concentrate and 25 ppm of sodium monensin. This study was last 112 days and meat quality variables were evaluated, such as: proximate composition, pH, tenderness, cooking loss, fatty acid profile, lipid oxidation, retail display, loin eye area, subcutaneous fat thickness, and marbling. There was no effect of treatments for marbling. Low EPD animals had higher backfat thickness with the addition of ZnCr, unlike high EPD animals increased backfat thickness with only corn processing ($P=0,03$). There was an interaction between treatments and EPD for final biceps femoris fat thickness ($P<0,05$), the percentage for fat ($P=0,03$), TBARS ($P=0,03$), SFA ($P=0,02$), Unsaturated ($P=0,04$), MUFA ($P<0,01$), PUFA ($P=0,01$), n-6: n-3 ($P=0,02$) in the meat. No differences were observed in shear force values for the different treatments ($P>0,05$), however, the aging time increases the tenderness. Therefore, the factors tested in the nutritional protocols did not change the percentage of intramuscular fat in the *Longissimus* muscle.

Keywords: “chromium”, “zinc”, “meat”, “marbling”, “aging time”, “Nelore”

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Período de confinamento dos animais Nelore. 7
- Figura 2.** Coleta do contrafilé e processamento das amostras após 48 horas de resfriamento do abate final. **1)** 4d Mat: composição centesimal (1,5cm); **2)** 4d Mat: perfil de ácidos graxos (1,5cm); **3)** 7d Mat: sensorial (2,6 cm); **4)** 14d Mat: sensorial (2,6cm); **5)** 4d Mat: cisalhamento (2,6cm) **6)** 7d Mat: cisalhamento, display de cor e TBARS (7,0 cm); **7)** 14d Mat: Força de cisalhamento e display de cor (5,0cm). 9
- Figura 3.** Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre a AOL inicial dos em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG. 16
- Figura 4.** Interação entre a classificação pelas DEP's para marmoreio e o marmoreio inicial (%) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 16
- Figura 5.** Influência da DEP na AOL final (A), EGS final (B), ganho em EGS (C) e EGS final P8 (D). em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 17
- Figura 6.** Influência da DEP na gordura (A), proteína bruta (B) e no colágeno (C) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. .21

Figura 7. Influência da DEP na perda por cocção em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 26

Figura 8. Influência da DEP e dias de display (0, 3 e 6) no croma do músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. Na figura da direita são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e na figura da esquerda os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 32

Figura 9. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) no L*(A) e b*(B) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....32

Figura 10. Influência da DEP e dias de display no a*(A), b*(B) e croma(C) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 14 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. Na figura da direita são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e na figura da esquerda os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....33

Figura 11. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) no L* (A) e Hue (B) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 14 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....34

Figura 12. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) do TBARS no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de

milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....34

Figura 13.Influência da DEP nas porcentagens de AGS(A) e AGI(B) do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 40

Figura 14.Influência da DEP nas porcentagens da MUFA(A) e C18:1 *cis*-9(B) do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG +Zinco e cromo orgânico. 41

Figura 15.Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre C18:2 *cis*-9, *cis*-12, % do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 41

Figura 16.Influência da DEP nas porcentagens de AGI(A) e MUFA(B) da gordura subcutânea de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....42

Figura 17.Influência da DEP na aceitabilidade da maciez do painel sensorial das carnes maturadas por 7 dias (A) e 14 dias (B) de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com

baixa DEP para o marmoreio. **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 46

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Dietas experimentais que foram fornecidas na fase de terminação para bovinos Nelore confinados ranqueados por DEP para marmoreio.....	8
Tabela 2. Características de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.....	15
Tabela 3. composição centesimal e pH da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.	20
Tabela 4. Força de cisalhamento (FC), perda de peso por cocção (PPC) da carne maturada (4, 7 ou 14 dias) de bovinos Neloires confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.	25
Tabela 5. Distribuição dos tratamentos conforme parametro de força de cisalhamento (FC) e do marmoreio sobre os efeitos de diferentes protocolos nutricionais para bovinos Nelore confinados.	26
Tabela 6. Protocolos nutricionais de bovinos Nelore confinados sobre a avaliação instrumental e TBARS (mg MDA/kg) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> maturados (7 e 14 dias) durante 0, 3 e 6 dias de display.....	30
Tabela 7. Avaliação instrumental de luminosidade (L*), coloração vermelha (a*), coloração amarela (b*) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> maturados (7 e 14 dias), sobre os efeitos de diferentes protocolos nutricionais para bovinos Nelore confinados.	31
Tabela 8. Perfil de ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.....	38
Tabela 9. Perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.....	39

Tabela 10. Avaliação sensorial do músculo <i>Longissimus dorsi</i> maturado (7 ou 14 dias) de bovinos Nelores confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.	45
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

a*	Índice de vermelho
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AGI	Ácidos graxos insaturados
AGS	Ácidos graxos saturados
AOL	Área de olho de lombo
b*	Índice de amarelo
EGS	Espessura de gordura subcutânea
GP	Gordura protegida
L*	Luminosidade
PB	Proteína bruta
PPC	Perda por cocção
WBSF	Warner-Bratzer Shear Force
FC	Força de cisalhamento
DEP	Diferença esperada na progênie
SCAG	Sais cálcicos de ácidos graxos
EE	Extrato etéreo
MARM	Marmoreio
PUFA	Ácido graxo poliinsaturado
MUFA	Ácido graxo monoinsaturados
CLA	Ácido linoleico conjugado
ADAP	Adaptação
TBARS	Ácido tiobarbitúrico
MSF	Grão de milho seco finamente moído
SGU	Silagem de grão úmido de milho
SCAG	Sais cálcicos de ácidos graxos
ZnCr	Zinco e Cromo
Trat	Tratamentos
MAT	Maturação
LD	<i>Longissimus dorsi</i>

Sumário

CAPÍTULO 1.....	1
Considerações Iniciais	2
1. Revisão de Literatura	3
1.1. Processamento do milho	3
1.2. Gordura Protegida	5
1.3. Minerais	6
1.4. Qualidade da Carne bovina	7
2. Referências.....	11
CAPÍTULO 2.....	1
“Efeito de protocolos nutricionais para marmoreio sobre as características e qualidade da carne de bovinos Nelore confinados”	1
RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
1. Introdução	4
2. Material e Métodos	5
2.1. Animais e local do experimento	5
2.2. Delineamento Experimental.....	6
2.3. Manejo, arraçamento e cuidado com os animais	6
2.4. Área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização	9
2.5. Coleta das amostras.....	9
2.6. Composição Centesimal e pH.....	10
2.7. Força de Cisalhamento e Perda de peso por Cocção (PPC).....	10
2.8. Oxidação Lipídica	10
2.9. Avaliação instrumental da cor	11
2.10. Análise sensorial com consumidores	11
2.11. Perfil lipídico	12
3. Análise de estatística.....	12
4. Resultados e Discussão	13
4.1. Indicadores de carcaça por ultrassom	13
4.2. Composição centesimal e pH.....	18
4.3. Força de cisalhamento e Perda de peso por cocção	22
4.4. Cor e TBARS.....	26
4.5. Perfil de ácidos graxos	35
4.6. Sensorial.....	43
5. Conclusão.....	47
6. Implicações	47
7. Referências.....	47

CAPÍTULO 1

Considerações Iniciais

Atualmente o consumo per capita de carne no Brasil está em torno de 34,4kg/habitante/ano, o que reflete diretamente na porcentagem do consumo interno da carne produzida de aproximadamente 74,4%, enquanto 25,5% das carnes são exportadas (ABIEC, 2022). Comparando com outros países, como a Argentina (47,9kg/ano), Estados Unidos (37,8kg/ano) e Canadá (28,6kg/ano), o Brasil se destaca como um dos maiores consumidores de carne mundial (ABIEC, 2022).

O mercado interno e externo vem cada vez mais aumentando o seu grau de exigência em relação a qualidade da carne, entretanto, as indústrias brasileiras possuem problemas com a falta de padronização da idade dos animais, uniformidade das carcaças e quantidade de marmoreio, o que pode afetar diretamente a qualidade da carne e a competitividade no mercado externo. Segundo Lyford et al. (2010), os consumidores estão dispostos a pagar mais por uma carne de qualidade. Em adicional, os parâmetros de suculência, sabor e a maciez determinam a percepção e a aprovação do consumidor pela carne bovina (Wyrwisz et al., 2016).

A raça Nelore é a mais representativa dentro do rebanho brasileiro (Millen et al. 2009), contudo, essa raça é reconhecida por ter baixo escore de marmoreio (Martins et al., 2015). Entretanto, existem estratégias de seleção genética e nutricionais para melhorar as características de qualidade da carne bovina. Neste contexto, a utilização de DEP para marmoreio surge como um grande aliado, pois possui uma tendência ao aumento da gordura intramuscular de animais *Bos indicus*, pelo fato que o marmoreio detém uma característica estimativa de herdabilidade de moderada a alta (Bertrand et al., 2001).

A utilização de confinamento para bovinos está em ascensão no Brasil, sendo que o número de animais confinados em 2017 foi de 5,25 milhões de cabeças e em 2021 6,73 milhões de cabeças (ABIEC, 2022), demonstrando um crescimento na utilização deste sistema. Com isso, torna-se indispensável a utilização de ingredientes concentrados para aumentar o desempenho dos animais. Segundo Silvestre e Millen (2021), o nível de concentrado nas dietas de terminação está em torno de 81 a 90%, sendo o milho o grão mais utilizado entre os nutricionistas. Além disso, a utilização de fontes lipídicas para o adensamento da dieta também está sendo comumente encontradas nos confinamentos, em especial o caroço de algodão e a gordura protegida.

Com o aumento crescente do número de cabeças confinadas e o maior adensamento das dietas de terminação, torna-se necessário estudos sobre diferentes tipos de processamentos de milho e a utilização de gordura protegida como aliados nas estratégias nutricionais para a

qualidade da carne bovina. Ademais, investigar a utilização de minerais nas dietas como o caso do zinco e cromo, cujos quais podem ajudar a estimular uma maior deposição de gordura intramuscular na carne (Anderson, 2003; Oh et al., 2004). Com isso, as utilizações dessas estratégias nutricionais podem ajudar na melhoria da qualidade da carne bovina brasileira, além de melhorar a competitividade com o mercado externo.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes protocolos nutricionais para o aumento do marmoreio da carne bovina, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG), zinco e cromo orgânico na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie (DEP) para alto e baixo marmoreio, sobre a qualidade da carne.

1. Revisão de Literatura

1.1. Processamento do milho

A porcentagem de utilização de grãos nos confinamentos está crescendo a cada ano, e em um levantamento realizado no Brasil com 54 nutricionistas de confinamento relatou que a quantidade mais utilizada de grãos em 2019 foi entre 51 e 80% (Silvestre e Millen, 2021), estando o milho em primeiro lugar como o mais utilizado. A diferença entre os grãos de cereais escolhidos pode estar atribuída as características estruturas. O milho e o sorgo possuem uma matriz proteica mais resistente, dificultando o acesso dos microrganismos do rúmen (Orskov, 1986). Uma forma de minimizar esse efeito da matriz proteica é o processamento do grão, deixando-o mais acessível para os microrganismos, ocasionando em uma diminuição das partículas e o rompimento do pericarpo e da matriz proteica, tornando em um melhor aproveitamento para os microrganismos do amido e uma maior área de adesão (McAllister et al., 1993).

A utilização de diferentes métodos de processamento difere sobre a digestibilidade do amido no trato total, sendo o milho floculado (96,7%), milho ensilado (94,5%), milho moído fino (93,7%), milho laminado (92,8%), milho quebrado (88,9%) e milho inteiro (86,7%) (Owens, 1986). Conforme ocorre uma diminuição no processamento do milho, diminui a fermentação pelos microrganismos no rúmen, sendo assim, um maior aporte de amido segue para ser digerido pelos intestinos, ocorrendo um decréscimo na digestibilidade do amido pelo animal, pois os bovinos possuem uma produção insuficiente da enzima alfa-amilase pancreática (Huntington, 1997).

A utilização de ingredientes concentrados, como a silagem de grão úmido, em termos de qualidade da carne bovina, pode ser uma grande aliada para o aumento da marmorização, já que aumenta a degradabilidade do amido no rúmen e maximizando a capacidade fermentativa. Com isso, produz uma maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, como o propionato, sendo este o principal precursor gliconeogênese em ruminantes (Rooney e Pflugfelder, 1986). A produção de glicose é de extrema importância para a marmorização, já que está associada na biossíntese dos ácidos graxos no tecido adiposo intramuscular (Smith e Crouse, 1984).

Silva et al. (2009) realizaram um experimento no qual testaram dois tipos de processamento de milho (milho seco vs milho úmido) para animais Nelore, e obtiveram resultados significativos para o perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*, sendo que animais que consumiram o milho úmido aumentaram as quantidades de CLA e PUFA. Contudo, não obtiveram resultados significativos para o peso de abate, peso de carcaça quente e a gordura intramuscular. Similarmente, Gorocica-Buenfil et al. (2007) alimentaram animais Angus com milho seco ou milho úmido, e não obtiveram diferenças para a quantidade de gordura intramuscular, AOL, composição centesimal e perfil lipídico da gordura subcutânea.

Aliado a nutrição, o melhoramento genético é um dos principais fatores determinantes para a qualidade da carne. Desta forma, a utilização de animais selecionados com diferencial esperado na progênie (DEP) positivos para o marmoreio (Bergfeld et al., 1995), possui uma tendência ao aumento da gordura intramuscular de animais *B. indicus*, pelo fato que o marmoreio detém uma característica estimativa de herdabilidade de moderada a alta (Bertrand et al., 2001). Além disso, a seleção genética para o aumento do marmoreio parece reduzir a deposição de gordura nos outros locais do corpo do animal (Gwartney et al., 1996), o que possibilita redução nas perdas pelo excesso de gordura na carcaça. Segundo Vieselmeyer et al. (1996), relataram que animais *Bos tauros* com DEPs positivas para marmoreio, possuíam uma maior classificação em porcentagem de 74% na classificação do USDA para *choice* em comparação aos animais de baixas DEPs que representavam 47%, sendo que o *choice* possui uma classificação de escore de marmoreio de 2 até 3 pela USDA. Detweiler et al. (2019), observaram que Angus com DEPs altas para marmoreio, obtiveram maiores porcentagens de carcaças “Low Prime” e “Average Prime” em relação aos animais que eram de DEPs baixas, os quais resultaram em porcentagens maiores para “Low Choice”. Além disso, animais de DEP alta apresentaram maiores porcentagens de extrato etéreo no músculo *Longissimus dorsi*.

1.2. Gordura Protegida

A utilização de lipídeos em dietas de confinamento é comumente utilizada para aumentar o aporte energético da dieta do animal sem a necessidade de aumentar os carboidratos fermentáveis no rúmen. Segundo Silvestre e Millen (2021), o caroço de algodão (75,0%), seguido por casca do caroço de algodão (19,4%) e a gordura protegida (2,8%) são as principais fontes lipídicas utilizadas no Brasil. O caroço de algodão pode ter obtido uma maior porcentagem de utilização por ser um produto mais barato para o produtor, e também por possuir características bromatológicas eficientes como extrato etéreo (20%), fibra em detergente neutro (45%) e proteína bruta (22%) (Valadares Filho, Paulino, Magalhães, 2006).

O rúmen por possuir microrganismos que com um aporte grande de lipídeo ingerido pelo animal podem intoxicar-se, e assim diminuir a eficiência de degradação da dieta principalmente a digestibilidade da fibra. O óleo vegetal presente na dieta tem a tendência de diminuir a digestibilidade da fibra por realizar o recobrimento das partículas fibrosas, consequentemente impedindo os microrganismos degradarem a fibra (Valadares Filho e Pina, 2011). Sendo os microrganismos mais susceptíveis são as bactérias Gram positivas, metanogênicas e protozoários (Goel et al., 2009). Desta forma, uma maneira de diminuir a intoxicação dos microrganismos é o processo de biohidrogenação, na qual eles conseguem saturar os ácidos graxos com ligações duplas inserindo hidrogênio da cadeia carbônica, tornando-a simples (Harfoot & Hazlewood, 1988).

A adição de óleos vegetais além de melhorar o desempenho dos animais, pode melhorar também a composição lipídica da carne (Wood et al., 2008). A gordura intramuscular é um dos principais fatores para a qualidade da carne bovina, por ter um efeito na maciez da carne, na qual ajuda a diminuir a tensão entre as camadas de tecido conjuntivos, além de aumentar a palatabilidade. Desta forma, os principais ácidos graxos da gordura intramuscular são os ácidos oleico, palmítico, esteárico, linoleico, palmitoleico e mirístico contribuindo com mais de 92% do total (Duckett, 2001).

Sendo assim, uma estratégia para aumentar o marmoreio da carne é a inclusão na dieta de sais cálcicos de ácidos de óleos vegetais (SCAG), contendo ácido oleico em sua composição. Essa inclusão acarreta um aumento do aporte energético, sem interferir no ambiente ruminal, pois o lipídio passa livremente pelo rúmen sem ocorrer a biohidrogenação, a qual transforma ácidos graxos insaturados em ácidos graxos saturados. Dessa forma, o ácido oleico (C18:1), o qual é um dos responsáveis pelo enchimento dos adipócitos, contribui com a expressão gênica da proteína G nos adipócitos intramusculares (Chung et al., 2016), não seria transformado em saturado e seria absorvido no intestino. Deste modo, na literatura é possível observar maiores

escores de gordura intramuscular, quando os animais consumiram ácidos graxos protegidos por sais de cálcio, contendo uma alta porcentagem de ácido oleico e linoleico em sua composição (Cooke et al., 2011; Mangrum et al., 2016).

Segundo Nascimento et al. (2020), a inclusão de gordura protegida na dieta de animais *Bos indicus* confinados aumentou o desempenho e as características da carne, podendo destacar-se o aumento da AOL, EGS, EE e os ácidos graxos palmitoleico e linoleico em relação aos animais não suplementados. Silva et al. (2009) também encontraram maiores quantidades de extrato etéreo em animais suplementados com SCAG. Entretanto, Ramirez-Zamudio et al. (2022) não encontraram diferenças para a inclusão de sais cálcicos de ácidos graxos para a AOL, EGS e EE.

Deste modo, a inclusão de SCAG pode melhorar a qualidade da carne do Nelore, principalmente por influenciar no aumento da deposição de gordura intramuscular e modificar o perfil lipídico da carne.

1.3.Minerais

Os minerais desempenham papel fundamental em várias reações no metabolismo animal, podendo influenciar diretamente sobre o desempenho bovino (Moraes, 2001). A suplementação de zinco e cromo orgânico tem proporcionado respostas positivas para a produção bovina, principalmente em melhorias nas características da carcaça e em funções imunológicas (Greene et al., 1988; Spears e Kegley, 2002; Budde et al. 2020).

Embora não se tenha elucidado o mecanismo de ação na adipogênese, Oh et al. (2004) relataram que a suplementação com zinco estimula a atividade da glicerol-3-fosfato desidrogenase em pré-adipócitos intramusculares, e está presente na proteína ligante de zinco (ZFP423), que está envolvida no estímulo da expressão do fator de transição receptor gama ativado por proliferador de peroxissoma (PPAR γ ; Gupta et al., 2010). Greene et al. (1988) relataram que o acabamento de bovinos alimentados com 360 mg de Zn/d aumentou o escore de marmoreio em comparação com bovinos alimentados com uma dieta contendo 81 mg de Zinco/kg. Entretanto, Genther-Schroeder et al. (2018) não encontraram efeitos sobre o desempenho dos animais e na maciez da carne quando os bovinos foram suplementados com zinco, além disso observaram um decréscimo no escore de marmoreio. Com isso, são necessárias mais pesquisas sobre a ação do zinco na qualidade da carne e seu mecanismo de ação na adipogênese.

Sabe-se que o cromo é um mineral importante em dietas animais por causa de seu papel no metabolismo da glicose, pois potencializa a ação da insulina (Mertz, 1993), tendo um

aumento na capacidade da insulina para se ligar a sítios receptores, ocorrendo uma maior captação de glicose em tecidos sensíveis à insulina (Anderson, 1998; Anderson, 2003). Tendo em vista este ponto, as células adiposas intramusculares possuem como principal substrato para a lipogênese a glicose (Moody and Cassens, 1968), podendo então o cromo potencializar a captação de glicose por dentro destas células. Além disso, a absorção de cromo ocorre principalmente no intestino delgado, e as formas inorgânicas possuem uma baixa absorção em comparação as formas orgânicas (Anderson, 1998). Baggerman et al. (2016) suplementaram Cr para bovinos com 0,30 ou 0,45 mg/kg por um período de 147 dias, e observaram um aumento no ganho de peso diário e no peso de carcaça quente.

Da mesma forma, não há relatos na literatura sobre a combinação de protocolos nutricionais com cromo, zinco orgânico e SCAG no intuito de aumentar o marmoreio da carne bovina. Entretanto, Edenburn et al. (2016) relataram que a adição de cromo e zinco na dieta e a combinação de ractopamina não melhorou o desempenho ou a qualidade da carne de novilhas. Entretanto, Vellini et al. (2020) suplementaram os animais com Zn e Cr e observaram uma melhora na maciez e uma maior área de olho de lombo no músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore. Com tudo, são necessárias maiores investigações sobre a combinação de zinco e cromo orgânico para a melhoria da qualidade da carne bovina.

Logo, usar diferentes combinações de tecnologias nas dietas de bovinos de corte em confinamento, que tenham altas ou baixas DEPs para marmoreio, surge como um novo campo de pesquisa para melhorar a qualidade da carne do Nelore no Brasil.

1.4. Qualidade da Carne bovina

A qualidade da carne está relacionada diretamente com o indivíduo (idade, raça, sexo), ambiente (dieta, pré-abate) e o *post mortem* (Moczkowska et al., 2015). Sendo assim, sabe-se que a idade do bovino está correlacionada com a maciez, pois animais mais velhos tendem a ser mais propensos as dificuldades de desnaturação do colágeno, sendo por tratamentos térmicos ou por digestão enzimática, pelo fato das ligações cruzadas intramoleculares e intermoleculares do colágeno se tornarem mais estáveis em níveis moleculares em relação aos animais jovens (Coró et al., 1999), tornando a carne menos atrativa para o consumidor por não ser macia.

De maneira geral, as raças bovinas também possuem relações com a qualidade da carne, já que animais *Bos indicus*, bem como seus cruzamentos, tendem a ser mais tardios quando comparadas aos animais *Bos taurus* (Baker et al., 1989), o que pode levar as ligações dos colágenos mais estáveis. Além disso, animais *Bos indicus* apresentam maiores concentrações

de calpastatina no músculo, podendo afetar a maciez da carne, já que a calpastatina pode inibir a calpaína, a qual é responsável pelo maior amaciamento da carne (Wheeler et al. 1990). Crouse et al. (1989), utilizaram animais cruzados apresentando diferentes graus de sangue zebu:taurino (0:100, 25:75, 50:50 e 75:25), e observaram que conforme aumentava-se o grau de sangue zebu, ocorria maior força de cisalhamento e conseqüentemente desfavorecendo a comparação entre as duas raças sobre qualidade da carne.

A força de cisalhamento (FC) é um indicativo da maciez da carne e influência diretamente o consumidor, sendo assim o *United States Department of Agriculture* (USDA) estabeleceu padrões de FC para a certificação de maciez, certificando carnes com valor de 4,4kg ou inferior como “macias” e 3,9kg e inferior como “muito macias” (ASTM, 2011).

Segundo Oliveira et al. (2012), Costa et al. (2020) e Nascimento et al. (2020), a inclusão de SCAG em dietas de confinamento para animais Nelore não apresentam efeitos positivos para a FC, sendo observados valores acima de 4,4kg. De acordo com Vellini et al. (2020), a adição de zinco e cromo também não alterou a FC da carne de animais *Bos indicus*. Entretanto, quando os autores realizaram a maturação das carnes por um período de 28 dias, foi possível observar FC de 2,86kg para animais que consumiram zinco e cromo.

Andrade et al. (2010) realizaram um experimento com bovinos Nelore e Red Norte, sendo encontrados respectivamente os valores de 4,27 kg e 3,40 kg para FC. Nesse mesmo estudo, foi realizado a maturação das carnes de 1,7, 14 e 21 dias, tendo os valores respectivos de 4,90 kg, 3,81 kg, 3,60, kg e 3,04 kg. Sendo assim, é possível notar que o tempo de maturação interfere diretamente na força de cisalhamento. Desta forma, independente da idade, sexo ou raça, o período de maturação diminui os valores da força de cisalhamento (Hadlich, 2004).

Segundo Costa (2009), bovinos da raça Nelore apresentam aproximadamente no contrafilé 75% de água, 22% de proteína, 1% de gordura e 1% de minerais. A composição centesimal é um fator importante para a qualidade da carne, sendo assim existem diversos trabalhos relatando as porcentagens encontrada em diferentes raças e sistemas de criação. Padre et al. (2006) encontraram em animais ½ Nelore x ½ Aberdeen Angus terminados em sistema de pastagem com porcentagens de umidade, cinzas, proteínas e gordura respectivamente de 73,73%, 1,03%, 21,45% e 1,71% e Oliveira et al. (2012) relataram 65,10%, 1,60%, 31,92%, 3,41%, para animais Nelore confinados consumindo gordura protegida. A quantidade de extrato etéreo reportado na literatura em bovinos é inversamente proporcional a umidade, quanto menor a umidade maior a porcentagem de EE na carne (Lawrie, 2005).

À medida que o animal cresce e se desenvolve, ocorre simultaneamente as deposições de gordura, sendo a primeira deposição visceral, seguida por intermuscular, subcutânea e

intramuscular (Due et al., 2013). A gordura intramuscular, mais conhecida como marmoreio, está correlacionada com suculência, maciez e palatabilidade da carne, sendo mais aceitas pelos consumidores (Hunt et al., 2014). Dietas ricas em grãos na terminação podem obter maiores valores de MARM e EGS do que animais terminados em pasto (George, 2002). Segundo Costa et al. (2002), a espessura de gordura esperada pelos frigoríficos brasileiros é de 3 mm, prevenindo o encurtamento das fibras pelo frio. De acordo com Nascimento et al. (2020), animais suplementados com gordura protegida apresentaram maiores valores para AOL (72,9 vs 67,8cm²) e EGS final (4,43 vs 3,18mm). Entretanto, outros estudos não observaram efeito da SCAG ou do processamento do milho para AOL, EGS e MARM (Gorocica-Buenfil et al., 2007; Costa et al., 2020; Ramírez-Zamudio et al., 2022). Além disso, à medida que o marmoreio aumenta, as perdas de gotejamento e cozimento diminuem no músculo *Longissimus dorsi* (Nam et al., 2009), sendo um atributo satisfatório para o consumidor. Rodrigues et al. (2004) encontraram valores de perda de peso por cocção de 30,7% para animais Nelore, e em relação as condições sexuais, animais castrados obtiveram menores porcentagens (29,5%) em comparação aos animais inteiros (34%).

Outro fator importante para a qualidade da carne de bovinos é a cor, pois os consumidores muitas vezes compram pela aparência visual, com base para rejeição ou aceitação do produto, sendo vermelho-cereja mais desejada, e o roxo ou marrom rejeitados pelo consumidor (Cruz, 2001). Um dos métodos para observar a cor da carne é utilização de um colorímetro com o sistema CIELAB, que utilizam o espaço L*, indicando luminosidade, e as coordenadas de cromaticidade a* e b*, sendo a* o eixo verde a vermelho e b* azul a amarelo. A faixa encontrada na literatura em carnes bovinas são respectivamente de 33,2 a 41; 11,1 a 23,6 e 6,1 a 11,3 (Muchenje et al., 2009). Segundo Tullio (2004), animais provindos de sistema de manejo consumindo maiores quantidade de concentrado na dieta, apresentam carne com coloração vermelho-cereja, brilhantes e com gordura mais clara.

Outro ponto importante para os consumidores atualmente é o perfil de ácidos graxos (AG) da carne, pois os consumidores estão cada vez mais em busca de uma alimentação mais saudável e balanceada. O perfil de AG pode variar conforme o animal, principalmente entre as raças e a alimentação. Estudos demostram que animais alimentados com pasto produzem carne bovina com 30 a 70% menos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA), em relação a carne de animais terminados com grãos (Van Elswyk e McNeill, 2014). Sabe-se que teores maiores de MUFA podem aumentar o colesterol HDL e diminuir o LDL plasmático entre os consumidores de carne bovina, consequentemente reduzir os riscos de doenças

cardiovasculares (Gilmore et al., 2011; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010).

Os ácidos graxos podem alterar tanto a dureza da carne, sabor, aroma quanto o tempo de prateleira por acelerarem o processo de oxidação lipídica da carne (Wood et al., 2003). Conforme aumenta-se a concentração de ácido graxo poliinsaturado (PUFA) na carne, ocorre um maior processo de degradação, refletindo em uma maior rancificação da carne bovina crua (Gandemer, 1998). Silva et al. (2009) realizaram um experimento com animais Nelore na qual encontraram diferenças para o perfil lipídico de bovinos alimentados com milho seco ou milho úmido, em que a relação entre o ômega 6: ômega 3 foi maior para o milho úmido (5,1 e 6,9) e PUFA (2,55 e 3,27). Contudo, a recomendação ideal de consumo de n-6:n-3 seria de 4,0 em uma dieta balanceada, pois essa relação é considerada um fator de risco para câncer e doenças cardiovasculares (Wood et al., 2003). Da mesma maneira, Oliveira et al. (2012) testaram diferentes fontes lipídicas (protegidas/ não protegidas) para animais Nelore, e encontraram que a adição de lipídio na dieta aumentou a deposição de AGI e a diminuição de AGS no músculo *Longissimus dorsi*. Em contrapartida, Vellini et al. (2020) não encontraram diferenças no perfil de ácidos graxos da carne de animais *Bos indicus* quando foi adicionado na dieta ZnCr em comparação com os animais não suplementados.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes protocolos nutricionais para o aumento do marmoreio da carne bovina, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG), zinco e cromo orgânico na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie (DEP) para alto e baixo marmoreio, sobre a qualidade da carne.

A primeira hipótese que foi testada é se o consumo de silagem de grão úmido de milho aumentaria a quantidade de gordura subcutânea e intramuscular da carne de bovinos Nelore, comparado ao milho moído fino. Já a segunda hipótese foi avaliar se o fornecimento de sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG) na dieta aumentariam as concentrações de ácidos graxos insaturados no tecido adiposo subcutâneo e intramuscular, consequentemente aumentando o marmoreio da carne. E por fim, a terceira hipótese testada foi se a adição de zinco e cromo orgânicos na dieta com silagem de grão úmido de milho e SCAG aumentariam os escores de marmoreio e a qualidade da carne de bovinos Nelore confinados. O capítulo a seguir será redigido conforme as normas do periódico *Meat Science*, exceto pelo idioma e posição de tabelas.

2. Referências

- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2022. Exportações brasileiras de carne bovina. Disponível:< <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>>. Acesso em: 17 de junho de 2022.
- AMSA - American Meat Science Association. Research guideliness for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago, 48 p, 1995
- Anderson, R.A. Chromium, glucose intolerance and diabetes. **J. Amer. Coll. Nutr.** 17:6, 548-555, 1998.
- Anderson, R.A. Chromium and insulin resistance. **Nutrition Research Reviews.** 16: 267-275, 2003.
- Andrade, P.L.; Bressan, M.C.; Gama, L.T.; Gonçalves, T.M.; Ladeirs, M.M.; Ramos, E.M. Aged meat quality in Red Norte and Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia.** 39: 8, 2010. Doi: 10.1590/S1516-35982010000800023
- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC. Estatísticas. Disponível:<http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). Standard specification for tenderness marketing claims associated with meat cuts derived from beed. Designation F2925-11. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/F292511%20Standard%20Specification%20for%20Tenderness.pdf>. Acesso em: Junho de 2022)
- Baggerman, J. O.; Smith, Z.K.; Thompson, A.J.; Kim, J.K.; Rounds, W.; Johnson, B.J. Chromium propionate supplementation alters feedlot performance and GLUT4 activity in feedlot steers. **J. Anim. Sci.** 94: 369-370, 2016. Doi: 10.2527/jam2016-0768
- Baker, J.F.; Long, C.R.; Posada, G.A. et al. Comparison of cattle of a five-breed diallel: Size, growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **J. Anim. Sci.** 67: 1218-1229, 1989.
- Bertrand, J. K.; Green, R. D.; Herring, W. O. et al. Genetic evaluation for beef carcass traits. **J. Anim. Sci.** 79, 2001.
- Bergfeld, E. G. M.; Rasby, R. J.; Nielsen, M. K. et al. Heifers sired by bulls with either high or low expected progeny differences (EPDs) for marbling do not differ in age at puberty. **Anim. Reprod. Sci.** 40, 253-259, 1995.
- Budde, A.M.; Sellins, K.; Lloyd, K.E.; Wagner, J.J.; Heldt, J.S.; Spears, J.W.; Engle, T.E. Effect of zinc source and concentration and chromium supplementation on performance and carcass characteristics in feedlot steers. **J. Anim. Sci.** 97:1286–1295, 2019. doi: 10.1093/jas/skz016
- Chung, K. Y.; Smith, S. B.; Choi, S. H. Oleic acid enhances G protein coupled receptor 43 expression in bovine intramuscular adipocytes but not in subcutaneous adipocytes. **J. Anim. Sci.** 2016.94:1875–1883, 2016.
- Cooke, R.F.; Bohnert, D.W.; Moriel, P.; Hess, B.W.; Mills, R.R. Effects of polyunsaturated fatty acid supplementation on ruminal in situ forage degradability, performance, and physiological responses of feeder cattle. **J. Anim. Sci.** 89, 3677–3689, 2011.
- Coró, F.A.G.; Youssef, E.Y.; Shimokomaki, M. Carne do zebu: o que está atrás da sua textura? **Revista Nacional da Carne.** 271: 28-34, 1999.

- Costa, E.C.; Restle, J.; Vaz, F.N. et al. Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoces abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31(1): 119-128, 2002.
- Costa, C.; Rizzieri, R.; Melo, G.; Müller, L.; Estevan, D.; Pacheco, R.; Millen, D.D.; Angélica Pereira, A.; Zanatta, M.; Cappellozza, B.; Cervieri, R.; Martins, C.; Arrigoni, M. Effects of fatty acid profile of supplements on intake, performance, carcass traits, meat characteristics, and meat sensorial analysis of feedlot Bos indicus bulls offered a high-concentrate diet. **Transl. Anim. Sci.** 4:1-20, 2020. doi: 10.1093/tas/txaa142
- Crouse, J.D.; Cundiff, L.V.; Koch, R.M. Comparisons of Bos indicus and Bos taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **J. Anim. Science**. 67: 10, 2661-2668, 1989.
- Cruz, G.M. Efeito do peso de abate sobre a qualidade da carcaça e o rendimento de cortes cárneos comerciais de bovinos jovens cruzados. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. São Pedro. **Anais**. Campinas: CTC:ITAL, 92-93, 2001.
- Detweiler, R.A.; Pringle, T.D.; Rekaya, R.; Wells, J.B.; Segers, J.R. The impact of selection using residual average daily gain and marbling EPDs on growth, performance, and carcass traits in Angus steers. **J. Anim. Sci.** 97:2450–2459, 2019. Doi: 10.1093/jas/skz124
- Duckett, S.K. Effect of nutrition and management practices on marbling deposition and composition, University of Georgia, **Technical bulletin**, 2001.
- Edenburn, B.M.; Kneeskern, S.G.; Bohrer, B.M.; Rounds, W.; Boler, D.D.; Dilger, A.C.; Felix, T.L. Effects of supplementing zinc or chromium to finishing steers fed ractopamine hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. **J Anim Sci.**, 2016. Doi: 10.2527/jas.2015-9979.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Fats and fatty acids in human nutrition: A report of an expert consultation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.
- Gandemer, F. Lipids and meat quality. Lypolysis oxidation and flavour. In: Proceedings **44th ICoMST**, Barcelona, 106-119, 1998.
- Genther-Schroeder, O. N.; Branine, M.E.; Hansen, S.L. Effects of increasing supplemental dietary Zn concentration on growth performance and carcass characteristics in finishing steers fed ractopamine hydrochloride. **J. Anim. Sci.** 96:1903–1913, 2018. Doi:10.1093/jas/sky094
- Gilmore, L. A.; Walzem, R. L.; Crouse, S. F.; Smith, D. R.; Adams, T. H.; Vaidyanathan, V.; Cao, X.; Smith, S. B. Consumption of high-oleic acid ground beef increases HDL-cholesterol concentration but both high- and low-oleic acid ground beef decrease HDL particle diameter in normocholesterolemic men. *Journal of Nutrition*, 141, 1188–1194, 2011.
- Goel, G.; Arvidsson, K.; Vlaeminck, B.; Bruggeman, G.; Deschepper, K.; Fievez, V. Effects of capric acid on rumen methanogenesis and biohydrogenation of linoleic and α -linolenic acid. **Animal**, 3(6), 810-816, 2009.
- Greene, L.W.; Lunt, D.K.; Byers, F.M.; Chirase, N.K.; Richmond, C.E.; Knutson, R.E.; Schelling G.T. Performance and carcass quality of steers supplemented with zinc oxide or zinc methionine. **J. Anim. Sci.** 66: 1818-1823, 1988.
- Gorocica-Buenfil, M.A.; Fluharty, F.L.; Bohn, T.; Schwartz, S.J.; Loerch, S.C. Effect of low vitamin A diets with high-moisture or dry corn on marbling and adipose tissue fatty acid composition of beef steers. **J. Anim. Sci.** 85, 3355–3366, 2007.

- Gupta, R. K.; Arany, Z.; Seale, P. et al. Transcriptional control of preadipocyte determination by Zfp423. **Nature** 464, 619–623, 2010.
- Gwartney, B. L.; Calkins, C. R.; Rasby, R. J.; et al. Use of Expected Progeny Differences for Marbling in Beef: II. Carcass and Palatability Traits. **J. Anim. Sci.** 74:1014–1022, 1996.
- Harfoot, C.G.; Hazlewood, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, H.D. (Ed.) **The rumen microbial ecosystem** New York: Elsevier Science, 285-322, 1988.
- Hunt, M. R.; Garmyn, A. J.; O'Quinn, T.G.; Corbin, C.H.; Legako, J.F.; Rathmann, R.J.; Brooks, J.C.; Miller, M.F. Consumer assessment of beef palatability from four beef muscles from USDA choice and select graded carcasses. **Meat Sci.** 98:1–8, 2014. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.04.00
- Huntington, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to bulk. **J. Anim. Sci.** 75: 852-867, 1997.
- Lawrie, R.A. **Ciência da carne**. Sexta edição. Porto Alegre: Artmed, 384, 2005.
- Lyforda, C.; Thompsonb, J.; Polkinghornec, R.; Millerd, M.; Nishimurae, T.; Neathf, K.; Alleng, P.; Belasco, E. Is willingness to pay (WTP) for beef quality grades affected by consumer demographics and meat consumption preferences? **Australasian Agribusiness Review**. v18, 2010.
- Martins, T. S.; Sanglard, L. M. P.; Silva, W.; Chizzotti, M.L.; Rennó, L.N.; Serão, N.V.L.; Silva, F.F.; Guimarães, S.E.F.; Ladeira, M.M.; Dodson, M.V.; Du, M.; Duarte, M.S. Molecular factors underlying the deposition of intramuscular fat and collagen in skeletal muscle of Nellore and angus cattle. **PLoS One**, 10:1–13, 2015. doi: 10.1371/journal.pone.0139943
- Mangrum, K.S.; Tuttle, G.; Duckett, S.K.; Sell, G.S; Krehbiel, C.R.; Long, N.M. The effect of supplementing rumen undegradable unsaturated fatty acids on marbling in early-weaned steers. **J. Anim. Sci.**, 94, 833–844, 2016.
- McAllister, T.A.; Phillipe, R.C.; Rode, L.M. et al. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. **J. Anim. Sci.** 71: 205-212, 1993.
- Mertz, W. Chromium in human nutrition: a review. **J. Nutr.** 123 (4): 626-633, 1993.
- Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **J. Anim. Sci.** 87:3427-3439, 2009.
- Moczkowska, M.; Półtorak, A.; Wierzbicka, A. Impact of the ageing process on the intensity of post mortem proteolysis and tenderness of beef from crossbreeds. **Bull Vet Inst Pulawy**. 59:361–367, 2015.
- Moody, W.G.; Cassens, R.G. Histochemical differentiation of red and white muscle fibers. **J Anim Sci.** 27(4):961-8, 1968. doi: 10.2527/jas1968.274961x.
- Moraes, S. S. Novos microelementos minerais e minerais quelatados na nutrição de bovinos. Campo Grande: **Embrapa Gado de Corte**, 2001.
- Muchenjea, V.; Dzamac, B.K.; Chimonyoa, M. et. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, 112: 279-289, 2009.
- Nascimento, F.A.; Silva, N.C.; Prados, L.F.; Pacheco, R.D.L.; Johnson, B.J.; Cappelozza, B.I.; Resende, F.D.; Siqueira, G.R. Calcium salts of fatty acids with varying fatty acid profiles in diets of feedlot-finished *Bos indicus* bulls: impacts on intake, digestibility, performance, and carcass and meat characteristics. **J. Anim Sci.** 98: 382, 2020. doi: 10.1093/jas/skaa382

- Ramírez-Zamudio, G.D.; Cruz W.F.G.; Schoonmaker, J.P.; Resende, F.D.; Siqueira, G.R.; Machado Neto, O.R.; Gionbelli, T.R.; Teixeira, P.D.; Rodrigue, L.M.; Gionbelli, M.P.; Ladeira, M.M. Effect of rumen-protected fat on performance, carcass characteristics and beef quality of the progeny from Nellore cows fed by different planes of nutrition during gestation. **Livestock Science**. 258.104851, 2022. doi:10.1016/j.livsci.2022.104851
- Rodrigues, V.C.; Andrade, I.F. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. **R. Bras. Zootec.** 33: 1839-1849, 2004.
- Rooney, L.W.; Pflugfelder, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on shorghum and corn. **J. Anim. Sci.**, 63(5):1607-1623, 1986.
- Silva, S.L.; Leme, P.R.; Putrino, S.M.; Pereira, A.S.C.; Valinote, A.C.; Filho, J.C.M.N.; Duarte Lanna, D.P.D. Fatty acid composition of intramuscular fat from Nellore steers fed dry or high moisture corn and calcium salts of fatty acids. **Livestock Science**. 122: 290–295, 2009. doi:10.1016/j.livsci.2008.09.013
- Silvestre, A.M.; Millen, D.D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists **R. Bras. Zootec.**, 50: e20200189, 2021.
- Smith, S.B.; Crouse, J.D. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. **J. Nutr.** 114: 792–800, 1984.
- Spears, J. W.; Kegley, E.B. Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. **J. Anim. Sci.** 80:2747–2752, 2002.
- Tullio, R.R. Estratégias de manejo para produção intensiva de bovinos visando à qualidade da carne (**tese**). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2004.
- Valadares Filho, S.C.; Magalhães, K.A.; Rocha Junior, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. CQBAL 2.0 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Suprema Gráfica Ltda. 329p, 2006.
- Valadares Filho, S. C.; Pina, D. S. Fermentação ruminal. In. Berchielli, T. T.; Pires, A.V.; Oliveira, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, p. 161-189, 2011.
- Van Elswyk, M.E.; McNeill, S.H. Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience. **Meat Science**. 96: 535–540, 2014.
- Vieselmeyer, B. A.; Rasby, R. J.; Gwartney, B. L. Use of Expected Progeny Differences for Marbling in Beef: I. Production Traits. **J. Anim. Sci.** 74:1009–1013, 1996.
- Vellini, B.L.; Prados, L.F.; Monção, F.P.; Fireman, A.K.; Resended, F.D.; Siqueira, G.R. Zinc amino acid complex in association with chromium methionine improves the feed efficiency of finished Nellore cattle in the feedlot. **Animal Feed Science and Technology**. 262: 114430, 2020.
- Oh, Y. S.; Smith, S.B.; Choi, C.B. Zinc increases differentiation of bovine intramuscular adipocytes by suppressing nitric oxide production. **J. Anim. Sci.** 82(Suppl. 1):42. (Abstr.), 2004.
- Oliveira, E.A.; Sampaio, Henrique, A.A.M.; Pivaro, W.T.M.; Rosa, B.L.; Fernandes, A.R.M.; Andrade, A.T. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science** 90 28–35, 2012.

- Orskov, E.R. Starch Digestion and Utilization in Ruminantes. **Journal of Animal Science**, Champaign, 63 (5): 1624-1633, 1986.
- Owens, F.N.; Zinn, R.A.; Kim, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, 63: 1634-1648, 1986.
- Wheeler, T.L.; Savell, J.W.; Croos, H.R. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **J. Anim Sci.**, v. 68, n. 12, p. 4206-4220, 1990.
- Wood, J.D.; Richardson, R.I.; Nute, G.R.; et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Sci.** 60: 21-32, 2003.
- Wood, J. D.; Enser, M.; Fisher, A. V.; Nute, G. R.; Sheard, P. R.; Richardson, R. I.; Hughes, S. I.; Whittington, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Sci.** 78 (4): 343-358, 2008.
- Wyrwisz, J.; Moczowska, M.; Kurek, M.; Stelmasiak, A.; Półtorak, A.; Wierzbicka, A. Influence of 21 days of vacuum-aging on color, bloom development, and WBSF of beef semimembranosus. **Meat Sci.** 122:48–54, 2016.

CAPÍTULO 2

“Efeito de protocolos nutricionais para marmoreio sobre as características e qualidade da carne de bovinos Nelore confinados”

“Efeito de protocolos nutricionais para marmoreio sobre as características e qualidade da carne de bovinos Nelore confinados”

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar diferentes protocolos nutricionais para marmoreio, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG), zinco e cromo orgânico, na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie (DEP) para alto e baixo marmoreio na qualidade da carne. Foram utilizados 150 animais, machos, não castrados, da raça Nelore, com peso vivo médio inicial aproximado de $404,28 \pm 23,14$ kg e 19 meses de idade, sendo que 30 deles (5 por Bloco) foram abatidos como referência no dia 0 do experimento. Portanto, o estudo prosseguiu com 120 animais, os quais foram alocados em 30 baias ($n = 4$ por baia). Todos os animais tinham pais conhecidos e desta forma estes foram divididos em grupos de alta e baixa DEP para marmorização antes de serem blocados por peso. As dietas de terminação conterão 84% de concentrado e os tratamentos foram arrançados em fatorial $2 \times 2 + 1$: T1) Milho moído fino; T2) Silagem de grão de milho úmido; T3) Milho moído fino + SCAG; T4) Silagem de grão úmido de milho + SCAG; e T5) Silagem de grão úmido de milho + SCAG + zinco e cromo orgânico. Foi incluso monensina sódica em todos os tratamentos na dose de 25 ppm. O estudo teve duração de 112 dias, e foram avaliadas variáveis de qualidade da carne, tais como: composição centesimal, força de cisalhamento, perda de peso por cocção, análise sensorial com consumidores, perfil lipídico, oxidação lipídica, cor, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização. Não houve efeito de tratamentos para o marmoreio. Animais de baixa DEP obtiveram maior EGS com a adição de ZnCr, diferentemente dos animais de alta DEP que aumentaram a EGS com apenas o processamento do milho ($P=0,03$). Houve interação entre tratamento*DEP para EGS do *Biceps femoris* ($P<0,05$), EE ($P=0,03$), TBARS ($P=0,03$), AGS ($P=0,02$) e AGI ($P=0,04$), MUFA ($P<0,01$), PUFA ($P=0,01$), n-6:n-3 ($P=0,02$) para a carne. Não houve diferença significativa para a FC entre os tratamentos, porém quando aumentou o tempo de maturação de 4 para 14 dias, houve uma maior maciez na carne. Portanto, os fatores testados nos protocolos nutricionais não alteraram a porcentagem de gordura intramuscular do músculo *Longissimus dorsi*.

Palavras-chave: “cromo”, “zinco”, “carne”, “marmoreio”, “maturação”, “Nelore”

“Effects of nutritional protocols for marbling on meat traits and beef quality of Nellore cattle finished in feedlot”.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different nutritional protocols including high-moisture corn, rumen-protected fat, zinc and organic chromium in the diets of feedlot Nellore cattle, ranked by estimated progeny difference (EPD) as high and low marbling on meat quality. In this project, were used 150 19-mo-old Nellore bulls ($404,28 \pm 23,14$ kg), which were blocked by EPD and by initial body weight. Thirty bulls (five per block) were slaughtered at day 0 of the study for carcass baseline measurements. Therefore, this study was carried out with 120 Nellore bulls, which were randomly allocated into 30 pens ($n=4$ per pen) according to the blocking criteria just described in a $2 \times 2 + 1$ factorial arrangement of treatments: T1) Finely-ground corn; T2) High-moisture corn; T3) Finely-ground corn + rumen-protected fat; T4) High-moisture corn + rumen-protected fat; T5) High-moisture corn + rumen-protected fat + Zn and Cr. The finishing diets contained 84% concentrate and 25 ppm of sodium monensin. This study was last 112 days and meat quality variables were evaluated, such as: proximate composition, pH, tenderness, cooking loss, fatty acid profile, lipid oxidation, retail display, loin eye area, subcutaneous fat thickness and marbling. There was no effect of treatments for marbling. Low EPD animals had higher backfat thickness with the addition of ZnCr, unlike high EPD animals increased backfat thickness with only corn processing ($P=0,03$). There was an interaction between treatments and EPD for final *Biceps femoris* fat thickness ($P<0,05$), the percentage for fat ($P=0,03$), TBARS ($P=0,03$), SFA ($P=0,02$), Unsaturated ($P=0,04$), MUFA ($P<0,01$), PUFA ($P=0,01$), n-6: n-3 ($P=0,02$) in the meat. No differences were observed in shear force values for the different treatments ($P>0,05$), however, the aging time increases the tenderness. Therefore, the factors tested in the nutritional protocols did not change the percentage of intramuscular fat in the *Longissimus* muscle.

Keywords: “chromium”, “zinc”, “meat”, “marbling”, “aging time”, “Nelore”

1. Introdução

O agronegócio brasileiro está em crescimento a cada ano, destacando-se pelo PIB em 2019, no qual dos R\$ 8,7 trilhões do PIB a pecuária de corte foi responsável por 10,5% do total (ABIEC, 2022). Além disso, o número de bovinos abatidos em 2021 foram de 39,1 milhões de cabeças, sendo 15,4% do abate total são de animais provindos do sistema de confinamento (ABIEC, 2022). Desta forma, a pecuária de corte está diretamente ligada ao consumo interno da carne e a exportação para o mercado mundial, sendo que o Brasil se destacou com 25,5% do total de exportação da carne bovina produzida no país (ABIEC, 2022).

Em vista disso, houve um aumento da competitividade no mercado nacional e internacional de carne bovina de qualidade. O consumidor antigo possuía como prioridade o preço na gôndola do supermercado da carne, o que atualmente essa prioridade mudou, já que os consumidores estão mais exigentes em relação a qualidade da carne, principalmente em relação a maciez, suculência, sabor e cor (Wyrwisz et al., 2016).

A suculência, maciez e palatabilidade da carne bovina estão diretamente correlacionadas a marmorização (Wheeler, Cundiff e Koch, 1994), destacando-se por uma maior aceitabilidade pelos consumidores (Hunt et al., 2014).

Assim, o uso do confinamento é uma ótima alternativa, já que a alimentação é controlada, os animais atingem maior desempenho e são abatidos mais jovens (Restle e Vaz., 2003). Sabe-se que a raça Nelore é a mais representativa dentro do rebanho brasileiro (Millen et al. 2009), sendo um animal tardio e com uma menor deposição de gordura intramuscular em comparação aos *Bos tauros* (Baker et al., 1989). Consequentemente, a seleção genética e as estratégias nutricionais vem sendo utilizadas cada vez mais para ocorrer o encurtamento do período de abate, padronização das carcaças e aumento da quantidade de gordura intramuscular dos animais.

A seleção de animais com Diferencial Esperado na Progênie (DEP) positivo para marmoreio pode ser uma alternativa para os *Bos indicus*, pois o marmoreio detém uma característica de estimativa de herdabilidade de moderada a alta (Bertrand et al., 2001), podendo aumentar a deposição de gordura intramuscular nos bovinos.

Aliado á genética, a alimentação animal é um dos principais fatores determinantes da qualidade da carne. Em termos de marmorização da carne bovina, uma das ferramentas é a utilização de ingredientes concentrados, como a silagem de grão úmido, com a qual se aumenta a degradabilidade do amido no rúmen, maximizando a capacidade fermentativa e

consequentemente produzindo maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, como o propionato, o principal precursor gliconeogênese em ruminantes (Rooney e Pflugfelder., 1986). A produção de glicose é de extrema importância para a marmorização, já que está associada na biossíntese dos ácidos graxos no tecido adiposo intramuscular (Smith e Johnson, 2016).

Sabe-se que o consumo de energia líquida excedente é um fator importante para a deposição de marmoreio, a utilização de sais cálcicos de ácidos de óleos vegetais (SCAG), contendo ácido oleico (C18:1) em sua composição podem ajudar a aumentar o aporte energético da dieta. O ácido oleico é um dos responsáveis pelo enchimento dos adipócitos e contribui com a expressão gênica da proteína G nos adipócitos intramusculares (Chung et al., 2016), ajudando assim a aumentar o marmoreio da carne.

Outro fator que pode melhorar a qualidade da carne é a suplementação com zinco e cromo, estando ligados na regulação da deposição da gordura intramuscular. O zinco desempenha um papel vital na síntese de DNA, ácidos nucleicos e metabolismo de proteínas (Underwood, 1981), além disso, estimula a atividade da glicerol-3-fosfato desidrogenase em pré-adipócitos intramusculares (Oh et al., 2004), podendo potencializar a deposição de lipídio dentro das células. Já o cromo potencializa a ação da insulina nos tecidos sensíveis à insulina (Budde et al., 2019) e afeta o sistema imunológico (Spears, 2000). Contudo, não há relatos na literatura sobre a combinação de zinco e cromo orgânico, SCAG e milho úmido no intuito de aumentar o marmoreio e a qualidade da carne bovina.

Por tanto, objetivou-se avaliar diferentes protocolos nutricionais para o aumento do marmoreio da carne bovina, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos, zinco e cromo orgânico na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie para alto e baixo marmoreio, sobre a qualidade da carne.

2. Material e Métodos

2.1. Animais e local do experimento

O estudo foi conduzido no confinamento experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Dracena. Foram utilizados 150 animais, machos, inteiros, da raça Nelore, provindos de sistema de recria em pastejo contínuo, com peso vivo médio inicial aproximado de $404,28 \pm 23,14$ kg e 19 meses de idade, sendo que 30 deles (1 por baia) foram abatidos como referencia no dia 0 do experimento. Portanto, o estudo procedeu com 120 animais, os quais foram alocados em 30 baias (n = 4 por baia).

2.2. *Delineamento Experimental*

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial 2x2+1. O critério utilizado para formação dos blocos foi a DEP dos pais para alto ou baixo marmoreio (foram utilizados 18 pais), e dentro dos grupos das DEPs os animais foram blocados pelo peso vivo inicial. Ou seja, houve uma estratificação por DEP e depois blocagem por peso. Os animais foram pré-adaptados ao local, e para a uniformização da população ruminal, receberam feno de Tifton por 7 dias. Posteriormente, os animais foram alocados nas baias dividindo-os aleatoriamente, dentro de cada bloco, em cinco tratamentos de acordo com a associação do processamento do milho e a inclusão de SCAG: 1) Grão de milho seco finamente moído; 2) Silagem de grão úmido de milho; 3) Grão de milho seco finamente moído+SCAG (NutriGordura; Nutricorp Nutrição Animal; Araras, SP); 4) Silagem de grão úmido de milho + SCAG; 5) Silagem de grão úmido de milho + SCAG + zinco e cromo orgânico (Zinpro Animal Nutrition; Piracicaba, SP). A monensina sódica (Rumensin 200; Elanco Saúde Animal, São Paulo, SP) foi utilizada em todos os tratamentos na dosagem de 25 ppm. Cada tratamento foi composto por 6 repetições (baias), as quais respeitaram os critérios de blocagem.

2.3. *Manejo, arraçãoamento e cuidado com os animais*

Todos os animais foram submetidos ao mesmo tipo de fornecimento de dietas, alojamento e manejo. O programa de recebimento dos animais foi da seguinte forma: todos foram pesados, tratados com anti-helmínticos, e vacinados contra doenças virais e bacterianas (rota e coronavírus, tétano, botulismo e sete tipos de *Clostridium* spp; “Cattlemaster, Pfizer Animal Health, New York, NY”). O arraçãoamento foi feito duas vezes ao dia: às 09:00 (45% do total) e 16:00 (55% do total). As baias foram parcialmente concretadas com lotação de 4 animais por baia (18 m² e 1,5 m linear de cocho por animal), sempre com água à vontade disponível em bebedouro automático.

O estudo teve duração de 112 dias, com período de adaptação (Adap) de 14 dias. O protocolo de adaptação foi feito em escada (*step-up*), ou seja, foram fornecidas três dietas de adaptação, iniciando com 69% de concentrado, com acréscimos de 5% entre elas, sendo que a quantia de volumoso retirado foi em sua totalidade de feno. A transição das dietas de adaptação para a dieta de terminação foi feita da seguinte forma: 5 dias da adaptação 1, 4 dias da adaptação 2 e 5 dias da adaptação 3 (Figura 1). A dieta de terminação foi composta por 84% de ingredientes concentrados (Tabela 1). As rações experimentais foram formuladas segundo o LRNS (Large Ruminant Nutrition System, Fox et al. 2004), nível 2, cujos níveis estão

100 apresentados na Tabela 1. As rações foram fornecidas ad libitum e submetidas a ajustes de
 101 quantidade diariamente, com base na quantidade de sobra nos cochos, a qual foi mantida em
 102 5% da quantidade oferecida

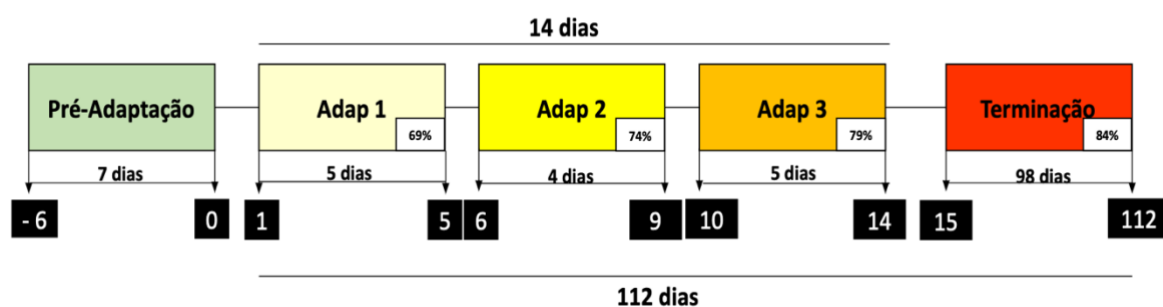


Figura 1. Período de confinamento dos animais Nelore.

Tabela 1. Dietas experimentais que foram fornecidas na fase de terminação para bovinos Nelore confinados ranqueados por DEP para marmoreio.

Tratamentos	1	2	3	4	5
Nível de Concentrado (%)	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00
Ingredientes (% MS)					
Feno	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Bagaço de cana	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Farelo de soja	10,71	10,01	10,81	10,41	10,41
Silagem de grão umido de milho		51,00		48,00	48,00
Milho grão moído fino	70,30	20,00	67,60	20,00	20,00
Urea	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Núcleo mineral	0,98	0,98	0,98	0,98	0,86
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Gordura protegida ²			3,20	3,20	3,20
Calcário Dieta	0,60	0,60			
Calcário	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Availa Zn120					0,075
Availa Cr1000					0,045
Rumensin	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125
Conteúdo Nutricional					
Matéria Seca (MS)	84,00	76,00	85,00	77,00	77,00
Nutrientes Digestíveis Totais (% MS)	75,00	79,00	79,00	82,00	82,00
Proteína Bruta (% MS)	14,30	14,20	14,10	14,10	14,10
Fibra em Detergente Neutro (% MS)	24,10	21,10	23,80	20,90	20,90
Carboidratos não fibrosos (% MS)	56,00	59,00	54,00	57,00	57,00
Extrato Etéreo (% MS)	3,00	3,60	5,50	6,10	6,10
peFDN ¹	13,00	14,00	13,00	14,00	14,00
Elg (Mcal/ kg MS) ³	1,17	1,27	1,26	1,35	1,35
Ca (% MS)	0,56	0,54	0,56	0,55	0,57
P (% MS)	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40
Cr (mg/kg)					0,45
Zn (mg/kg)	63,99	52,68	63,47	52,94	143,35

T1: Milho finamente moído; T2: Milho com alta umidade; T3: Milho finamente moído + gordura protegida no rúmen (Nutri Gordura; Nutricorp Nutrição Animal; Araras, São Paulo, Brasil); T4: Milho de alta umidade + gordura protegida no rúmen; T5: Milho de alta umidade + gordura protegida no rúmen + Zn e Cr (Zinpro Animal Nutrition; Piracicaba, São Paulo, Brasil). ¹Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; ²Nutri Gordura Terminação: SFA total (46,81%), C8:0 (0,29%), C10:0 (0,22%), C12:0 (2,04%), C14:0 (1,18%), C15:0 (0,07%), C16:0 (37,17%), C17:0 (0,14%), C18:0 (4,64%), C20:0 (0,36%), C22:0 (0,16%), C24:0 (0,54), MUFA total (36,69%), C16:1 cis-9 (0,19%), C17:1 cis-10 (0,08%), C18:1 cis-9 (36,21%), C20:1 (0,21%), PUFA total (15,66%), C18:2 cis-9, cis-12 (14,8%), C18:3 cis-9,cis-12,cis 15 (0,86%), AGI total (52,35%), MUFA:AGS (0,78%), PUFA:AGS (0,33%) e AGI:AGS (1,12%); ³Energia líquida disponível para ganho.

2.4. Área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização

Os animais foram submetidos a avaliações de ultrassonografia no início e no final do período de confinamento segundo a metodologia proposta por Perkins et al. (1992), utilizando-se unidades de ultrassom veterinário “Aloka – 500 SSD”, com sonda “linear de 3,5Mhz” (Aloka Co. Ltd., Tokyo, Japão), óleo vegetal como acoplante acústico e a equipe para a avaliação (DGT Brasil, Presidente Prudente, SP Brasil). Foi verificado o desenvolvimento do tecido adiposo subcutâneo (EGS), área de olho de lombo (AOL) e marmoreio do músculo *Longissimus dorsi* (contrafilé) entre as 12ª e 13ª costelas; e espessura de gordura da garupa (EP8) sobre o músculo *Biceps femoris* (picanha). Para a mensuração destas variáveis, foram utilizados 4 animais por baia (n =120), juntamente com os referencias (n=120+30).

2.5. Coleta das amostras

Após o resfriamento das carcaças (por período de 48 horas), as mesmas foram direcionadas a desossa. Após a desossa, o contrafilé (*Longissimus thoracis et lumborum*) de cada meia carcaça esquerda foi coletado, identificado, embalado a vácuo e enviado ao Laboratório de Carnes da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. No laboratório o contrafilé foi cortado em bifes de diferentes espessuras (Figura 2), e os bifes do dia 4 foram destinados para análises de composição centesimal, pH, força de cisalhamento, perda de peso por cocção e perfil lipídico, ou maturados (Mat) por 7 ou 14 dias (2°C) para análises de cor, força de cisalhamento, perda de peso por cocção, análise sensorial com consumidores e oxidação lipídica.

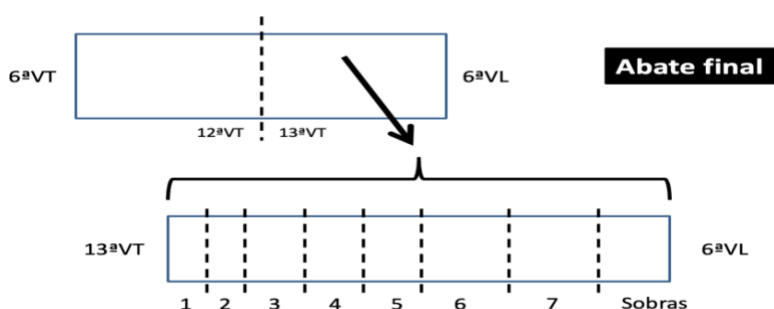


Figura 2. Coleta do contrafilé e processamento das amostras após 48 horas de resfriamento do abate final. **1)** 4d Mat: composição centesimal (1,5cm); **2)** 4d Mat: perfil de ácidos graxos (1,5cm); **3)** 7d Mat: sensorial (2,6 cm); **4)** 14d Mat: sensorial (2,6cm); **5)** 4d Mat: cisalhamento (2,6cm) **6)** 7d Mat: cisalhamento, display de cor e TBARS (7,0 cm); **7)** 14d Mat: Força de cisalhamento e display de cor (5,0cm).

2.6. *Composição Centesimal e pH*

Foi utilizado o FOSS FoodScan™ (FOSS North America, 8091 Wallace Rd, Eden Prairie, MN 55344, USA) para a determinação da composição centesimal, as amostras foram homogeneizadas por trituração de acordo com AOAC 983.18. Aproximadamente 180 g de amostra de carne foi colocada em um prato de amostras redondo 14cm, e o prato foi colocado no FoodScan. O ID do operador foi inserido, o perfil do produto de carne dentro do software foi selecionado, e o processo de digitalização foi iniciado pressionando o botão "start". Os resultados foram exibidos em porcentagem (g / 100 g) de gordura, umidade, proteína, cinzas, sódio, colágeno, segundo a metodologia de AOC 2007.04.

Para a medição do pH foi utilizado o pHmetro de espeto Sentron (SI600), com sensor de temperatura acoplado. Foi inserido o eletrodo do pHmetro diretamente na carne segundo a metodologia de Olivo et al. (2001). Para estas avaliações, foram utilizados 3 animais por baia (n =90), juntamente com os referencias (n=90+30).

2.7. *Força de Cisalhamento e Perda de peso por Cocção (PPC)*

No laboratório, os bifes foram descongelados por 24 h a 2°C, separados em um bife para o display de cor e outro para a força de cisalhamento e perda por cocção. Os bifes destinados para a força de cisalhamento e PPC foram pesados inicialmente e assados até uma temperatura interna final de 71 ° C, medida por um termopar colocado no centro geométrico de cada bife. Depois de atingir a temperatura interna desejada, cada bife foi pesado e resfriado à temperatura de 4 °C por 24 horas. Seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro foram removidos de cada bife paralelo à fibra muscular e uma única medida de força de cisalhamento foi obtida para cada cilindro de acordo com a metodologia proposta por AMSA (1995) usando um dispositivo de força de cisalhamento Warner-Bratzler. As medições da força de cisalhamento do pico dos cilindros coletados de cada bife foram calculadas para determinar o valor médio da força de cisalhamento para o bife. A PPC foi determinada pela diferença de peso antes e após o cozimento do bife (AMSA, 1978). Para estas avaliações, foram utilizados 3 animais por baia (n =90), juntamente com os referencias (n=90+30).

2.8. *Oxidação Lipídica*

A oxidação lipídica foi determinada com o protocolo das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), em duplicata, medidos após 0, 3 e 6 dias de armazenamento sob refrigeração, simulando a venda em expositores, conforme descrito por Ordóñez et al. (2001). Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído por kg de tecido. Foi utilizado apenas

o músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias. Para a mensuração da oxidação lipídica, foram utilizados 1 animal por baía (n=30), juntamente com os referências (n=30+6).

2.9. Avaliação instrumental da cor

Os bifes foram descongelados por 24 h a 2°C e foram colocados em uma bandeja de isopor, cobertos com um filme de policloreto de vinila e resfriados a 4°C, por 6 dias. A cor foi determinada pelo sistema CIELab (CIE, 1986), utilizando um espectrofotômetro, modelo CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil), com padrão de iluminação D65, ângulo de observação de 10° e 30mm de abertura do obturador. A avaliação da cor foi realizada em três pontos distintos da amostra todos os dias, e a média das três leituras foram consideradas valores de cor nos quais L^* é o cromo associado à luminosidade, a^* é o cromo que varia de verde (-) a vermelho (+) e b^* é o cromo que varia de azul (-) a amarelo (+) para cada dia. O croma e o ângulo hue foram calculados usando os valores CIE L^* , a^* e b^* , de acordo com as seguintes fórmulas: $\text{Croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ e $\text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ (AMSA, 2012). O delta E foi calculado usando as leituras de cor iniciais feitas no dia 1 de display e as leituras finais feitas no dia 7 de display para cada bife segundo Hunt et al. (2012). Para estas avaliações, foram utilizados 3 animais por baía (n=90), juntamente com os referências (n=90+30).

2.10. Análise sensorial com consumidores

A análise sensorial foi realizada em cabines individuais com carnes maturadas em 7 e 14 dias de acordo com o método proposto por Meilgaard et al. (1990). Foi utilizada uma escala hedônica semi-estruturada, onde os atributos para cada amostra foram classificadas em um tablet com escala de linha contínua de 100 mm para maciez, suculência, sabor/aroma e satisfação em geral. Os pontos zeros foram designados como não macias, não suculentas, desgostei extremamente do sabor e desgostei extremamente em geral; o ponto 100 mm foram rotulados como muito macias, muito suculentas, gostei extremamente do sabor e gostei extremamente em geral. Além disso, o consumidor classificou cada amostra em: (1) insatisfatório, (2) qualidade boa para o dia a dia, (3) qualidade muito boa e (4) qualidade excelente. As amostras foram assadas conforme metodologia descrita para força de cisalhamento, mudando apenas a temperatura final para 63°C. Após assadas, as amostras foram apresentadas aos provadores (n = 140) metodicamente. Foi servido um copo de água para o provador limpar o palato entre as amostras. Para avaliação do painel consumidor, foram utilizados 2 animais por baía (n=60).

2.11. Perfil lipídico

Foi realizado o perfil lipídico, tanto de amostras da gordura subcutânea quanto da intramuscular, do músculo *Longissimus dorsi*. Os ácidos graxos foram extraídos conforme descrito por Folch et al. (1957) e foram quantificados via cromatografia gasosa como detalhado por Morrison e Smith (1964) e Metcalfe et al. (1966). A cromatografia foi realizada utilizando uma coluna Chromopack CP-Sil (0,25mm x 100m) com temperatura de injeção de 270°C e temperatura de detector de 300°C (Sistema Hewlett-Packard 6890 FID GC; Agilent Technologies, Santa Clara, CA). Os ácidos graxos foram identificados por seus tempos de retenção em relação aos padrões comerciais conhecidos (#GLC-68D, GLC-79, GLC-87, GLC-455 e GLC-458; NU-ChekPrep, Inc., Elysian, MN) e a porcentagem de ácidos graxos foi determinada pelas áreas de pico no cromatógrafo. Para a mensuração do perfil lipídico, foram utilizados 2 animais por baia (n =60), juntamente com os referencias (n=60+12).

3. Análise de estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em função das DEPs e do PVI, em que as baias foram consideradas as unidades experimentais para todas as variáveis deste estudo. Foram realizados testes de normalidade dos resíduos e de heterogeneidade de variâncias antes de se proceder a análise de variância, e quando necessário, os dados foram transformados. O efeito dos tratamentos, e a interação entre DEPs e tratamentos foram considerados como fixo. Por outro lado, o efeito do bloco e das DEPs foram considerados aleatórios. Os dados deste estudo foram analisados pelo PROC MIXED do SAS (2003), considerando o nível de 5% de significância, de acordo com o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + DEP_j + T*DEP_{ij} + B_k + e_{ijkl};$$

em que: Y_{ijkl} = observação relativa à l-ésima unidade experimental (baia) do i-ésimo tratamento da j-ésima DEP no k-ésimo bloco; μ = média geral; T_i = efeito do i-ésimo tratamento, sendo i = 1: Grão seco sem SCAG, 2: Grão úmido sem SCAG, 3: Grão seco com SCAG, 4: Grão úmido com SCAG e 5: Grão úmido com SCAG, zinco e cromo; DEP_j = efeito da j-ésima DEP, sendo j = 1: alta DEP, 2: baixa DEP; $T*DEP_{ij}$ = efeito de interação entre tratamentos e DEP; B_k = efeito do j-ésimo bloco (8 blocos); e_{ijkl} = erro experimental referente à l-ésima unidade experimental do i-ésimo tratamento da j-ésima DEP no k-ésimo bloco ($0; \sigma^2$). Para as variáveis de TBARS e avaliação instrumental de cor foi adotado medida repetida no tempo, na qual para TBARS foi de 0,3 e 6 dias e de cor de 0,1,2,3,4,5 e 6 dias. O efeito do display foi incluso no *repeat* do SAS, assim como foi adicionado no modelo a interação entre

Display*TRAT e DEP*TRAT*Display. Vale informar que os dados de força de cisalhamento e do marmoreio (ultrassom e composição centesimal), além de terem sido analisados iguais os dados acima, também foi realizado uma distribuição conforme faixas acumulativas (0-2%, 0-3%, 0-4%) para o marmoreio e foi considerado para a FC as baias que obtiveram valores iguais ou abaixo de 4,4kg. Assim, esses dados foram analisados pelo procedimento PROC FREQ do SAS com teste qui-quadrado.

Foram aplicados os seguintes contrastes: no caso do teste F ser significativo para os tratamentos: silagem de grão úmido de milho vs. milho moído fino, presença ou ausência de SCAG, interação entre tipo de processamento e presença de SCAG, silagem de grão úmido de milho + SCAG vs. silagem de grão úmido de milho + SCAG + Zinco + Cromo.

4. Resultados e Discussão

4.1. Indicadores de carcaça por ultrassom

Foi observado interação entre Milho x Gordura Protegida ($P=0,01$) para a variável AOL inicial em cm^2 (Tabela 2), como apresentado na Figura 2. Houve interação entre Tratamentos x DEP para as características de marmoreio inicial expresso em % ($P<0,05$; Figura 3), AOL final ($P=0,04$), EGS final ($P=0,03$), P8 final ($P<0,05$) e EGS ganho ($P=0,03$; Figura 4).

As médias obtidas neste estudo para a área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea estão de acordo com a literatura para animais Nelore. Além disso, os valores obtidos para EGS foram acima de 3mm, o que é exigido pelos frigoríficos para não ocorrer danificações na carcaça no momento do resfriamento. De acordo com Nascimento et al. (2020), animais suplementados com gordura protegida apresentaram maiores valores para AOL (72,9 vs 67,8 cm^2) e EGS final (4,43 vs 3,18mm). Entretanto, outros estudos não observaram efeito da SCAG ou do processamento do milho para AOL, EGS e MARM (Gorocica-Buenfil et al., 2007; Costa et al., 2020; Ramírez-Zamudio et al., 2022). Além disso, foi relatado que a combinação de ZnCr com ractopamina não afetam a deposição de gordura intramuscular, AOL e EGS no contrafilé (Edenburn et al., 2016). Baggerman et al. (2020) alimentaram o gado com adição de Cr na dieta e não encontraram maiores valores para a gordura intramuscular no LD, estando de acordo com este trabalho. Segundo Vellini et al. (2020), não foi possível encontrar diferenças para a EGS e AOL quando os animais foram alimentados com a combinação de zinco e cromo, mesmo o cromo podendo aumentar a disponibilidade de glicose na corrente sanguínea.

Os resultados obtidos sobre as diferenças entre a EGS final e a EGS da P8 eram esperadas para os tratamentos. Animais que receberam apenas MSF tenderam a ter menores quantidades de deposição de gordura em relação aos outros tratamentos. Além disso, animais de alta DEP apresentaram um aumento na deposição de gordura ao realizar apenas o processamento do milho (MSF para SGU). Contudo, animais de baixa DEP necessitaram maiores tecnologias como a inclusão de ZnCr para aumentar a EGS do contrafilé. Em relação a P8, a inclusão de gordura protegida já tendeu a aumentar a deposição adiposa. Utilizar maiores tecnologias na dieta, seja pelo processamento do milho ou a adição de gordura protegida, pode ser alcançado o objetivo de aumentar a deposição de gordura subcutânea independente da DEP, contudo, não houve diferença sobre a deposição de marmoreio. Para o presente estudo, um fator importante foi a genética (*Bos indicus*) dos animais e por eles não serem castrados, o que pode ter influenciado sobre a deposição da gordura subcutânea e intramuscular. A intensificação da deposição do tecido adiposo do animal inicia-se primeiramente na visceral, intermuscular e por fim na subcutânea e intramuscular (Sainz, 2004), tendo em vista este ponto, talvez se aumentássemos os dias de confinamento destes animais seria possível favorecer uma maior deposição de tecido adiposo, por haver um maior período para deposição.

As porcentagens de marmoreio inicial foram como esperados, já que houve a separação dos animais no início dos experimentos por baixa e alta DEP, podendo ser comprovado a eficiência de separação. Contudo, a hipótese de que a suplementação com ZnCr na dieta fosse aumentar a deposição de gordura intramuscular nos animais não foi como esperado. Mesmo o cromo aumentando sensibilidade à insulina em bovinos de corte, consequentemente diminuindo a glicose da circulação (Anderson, 2003), e o zinco com a ação na enzima gliceraldeído-3-fosfato facilitando a formação de gordura dentro do adipócito (Gupta et al., 2010), não foi possível observar alterações no marmoreio. Com isso, são necessários mais estudos com a utilização de zinco e cromo na dieta de animais *Bos indicus* sobre as características de carcaça.

298 **Tabela 2.** Características de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com
 299 ou sem gordura protegida + ZnCr.
 300

Tratamentos ¹	Milho Seco		Milho Úmido		Milho Úmido	Valor de P					
	GP-	GP+	GP-	GP+	GP+ZnCr	EPM ²	Milho	GP	Milho*GP ³	ZnCr ⁴	Dep*Trat ⁵
AOL ⁶ inicial, cm ²	62,53	66,91	64,67	64,78	63,24	0,67	1,00	0,01	0,01	0,16	
AOL final, cm ²	82,58	85,28	82,91	83,69	82,17	1,09	0,57	0,15	0,43	0,27	0,04
AOL ganho, cm ²	0,155	0,174	0,159	0,168	0,158	0,01	0,92	0,19	0,62	0,45	
EGS ⁷ inicial, mm	2,70	2,64	2,91	2,86	2,88	0,08	0,02	0,49	0,99	0,86	
EGS final, mm	5,57	6,18	5,96	6,09	6,58	0,18	0,43	0,06	0,22	0,05	0,03
EGS ganho, mm	0,024	0,029	0,027	0,028	0,033	<0,01	0,43	0,06	0,22	0,05	0,03
P8 ⁸ inicial, mm	4,34	4,11	4,39	4,48	4,63	0,113	0,12	0,59	0,23	0,21	
P8 final, mm	8,34	9,25	9,11	9,16	9,58	0,243	0,28	0,13	0,17	0,42	<0,05
P8 ganho, mm	0,034	0,044	0,040	0,041	0,044	0,0026	0,50	0,05	0,10	0,38	
Marmoreio inicial, %	2,34	2,42	2,43	2,41	2,41	0,04	0,52	0,54	0,34	0,84	<0,05
Marmoreio final, %	3,27	3,32	3,36	3,32	3,27	0,06	0,56	0,98	0,54	0,56	

Nota. ¹**MSF (T1):** Grão de milho seco finamente moído; **SGU (T2):** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG (T3):** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG (T4):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + SCAG + ZnCr (T5):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre Milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + SCAG + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Área de olho de lombo; ⁷Espessura de gordura subcutânea; ⁸Espessura de gordura na P8.

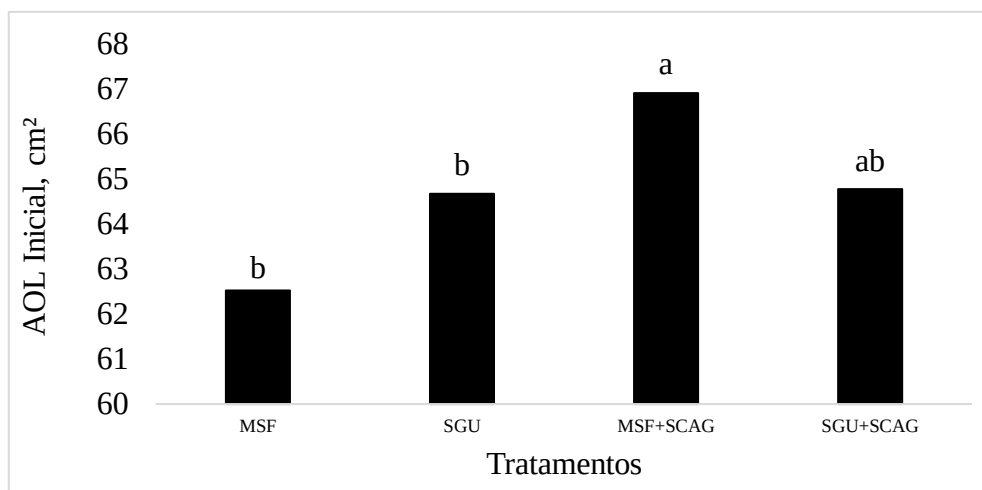


Figura 3. Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre a AOL inicial dos em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG.

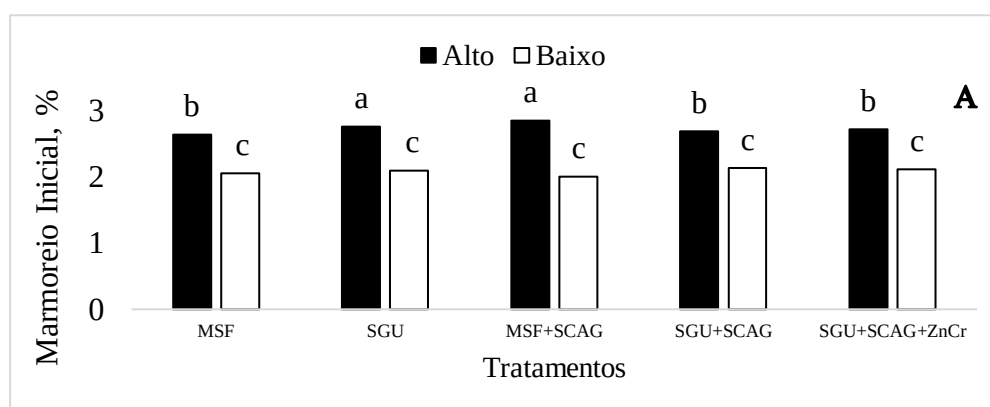


Figura 4. Interação entre a classificação pelas DEP's para marmoreio e o marmoreio inicial (%) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

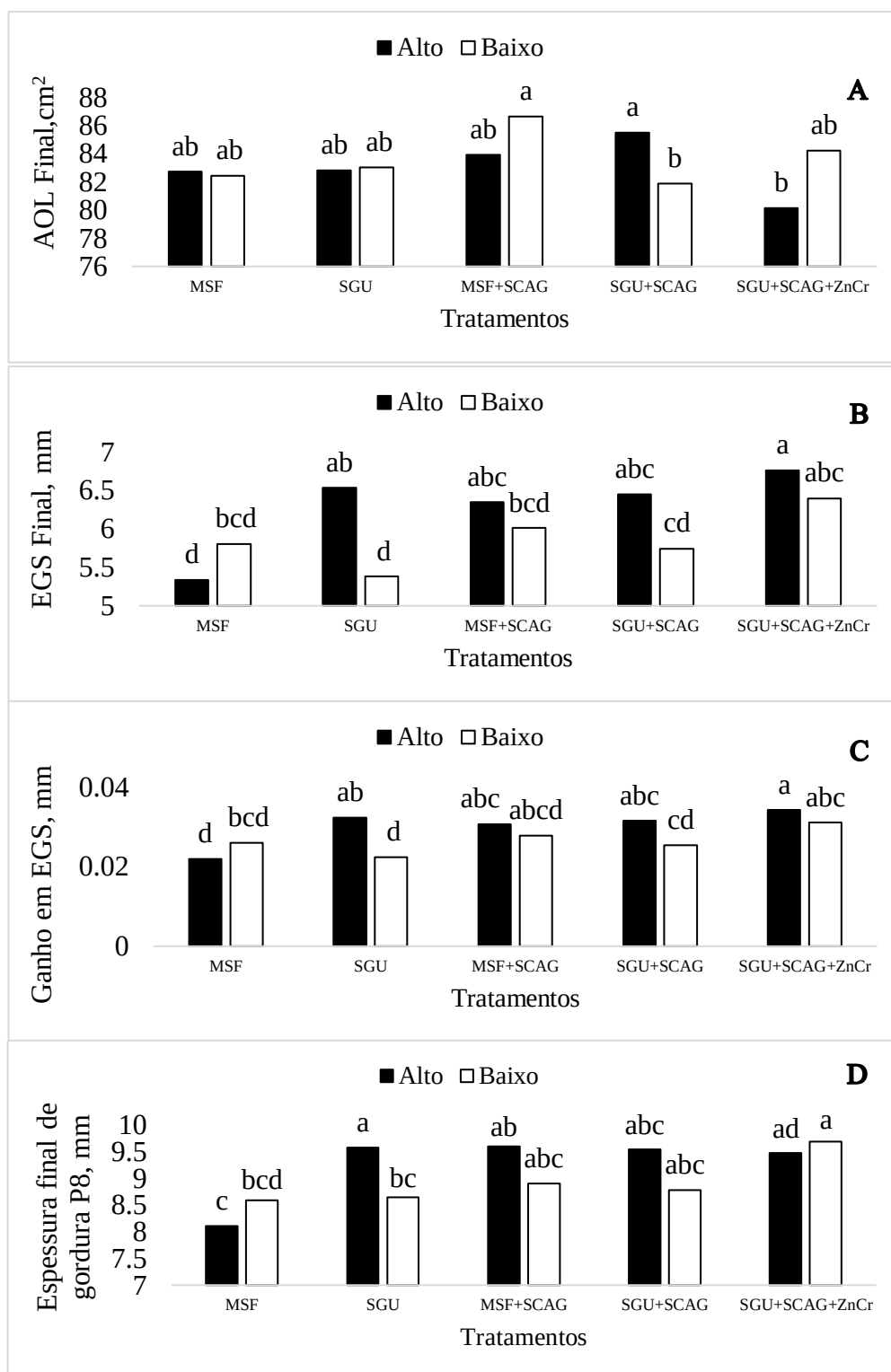


Figura 5. Influência da DEP na AOL final (A), EGS final (B), ganho em EGS (C) e EGS final P8 (D), em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

4.2. Composição centesimal e pH

Não foi verificada interação entre Milho x Gordura e DEP x Tratamentos ($P>0,05$) para a umidade, cinzas, sódio e pH (Tabela 3). O processamento do milho, a inclusão de SCAG e a adição de zinco e cromo não afetaram a umidade, cinzas, sódio e pH da carne ($P>0,05$). Houve uma interação significativa para a gordura ($P=0,03$), colágeno ($P<0,01$) e PB ($P<0,01$) sendo apresentados na Figura 4.

A composição centesimal é um fator importante para a qualidade da carne, podendo ser afetada por fatores como raça, ambiente, dieta e sexo (Sanū et al., 2000). De acordo com Roça (2001), o músculo LD de animais Nelore possuem aproximadamente 75% de água, 22% de proteína, 1% de gordura e 1% de minerais. No presente estudo, foram encontradas médias de 72,7% de umidade, 23% de proteína, 2,1% de gordura e 0,73% de cinzas, estando próximos aos valores encontrados na literatura.

A medida que o animal envelhece as ligações intermoleculares do colágeno tornam-se mais estáveis e resistentes ao calor, podendo acarretar em carnes menos macias (Ramos e Gomide, 2007). Em relação ao colágeno deste trabalho, animais que consumiram SGU+SCAG apresentaram menores quantidades de colágeno para ambas as DEP's. Deste modo, essa menor porcentagem pode estar relacionada com a diluição maior do colágeno em relação a AOL, pois mesmo com menores porcentagens de colágeno na carne não houve diferença sobre a FC. Contudo, mesmo variando as porcentagens de colágeno nos tratamentos, os valores estão de acordo com a literatura, já que Ramírez-Zamudio et al. (2022) encontraram uma média de 1,40% de colágeno para animais Nelore alimentados com ou sem gordura protegida.

A palatabilidade geral da carne bovina foi estabelecida dentro de uma janela de aceitabilidade entre 3 e 7,5% de gordura intramuscular (Savell e Cross, 1988). Esses valores equivalem na classificação do USDA para a carne bovina em “Select” (3% de gordura IM) e “High Choice” (8% de gordura IM). Neste estudo, a média de extrato etéreo na carne foi de 2,1%, estando abaixo da janela de aceitação da carne bovina, e por sua vez podendo interferir na palatabilidade e na qualidade da carne.

Silva et al. (2009) compararam o processamento do milho (milho seco vs milho úmido) com a inclusão de gordura protegida para animais Nelore confinados, não obtendo resultados significativos para o extrato etéreo em relação ao processamento do milho. Costa et al. (2020), relataram que animais que consumiram gordura protegida apresentaram maiores valores de EE em relação os que não consumiram (2,72% vs 3,10%), divergindo com as médias obtidas neste estudo que foram mais baixas. Ramírez-Zamudio et al. (2022) também

testaram a inclusão de gordura protegida em Nelore confinados, não obtendo diferença significativa em níveis de extrato etéreo (média 2,2%), estando similar aos valores encontrados neste estudo que variaram de 1,95 até 2,23% de EE.

O aumento da deposição de EE no músculo LD em animais alimentados com SGU+SCAG para alta DEP pode ser explicado pelos animais terem uma maior disposição de deposição de gordura intramuscular, e maior quantidade de glicose disponível. Aumentou-se a entrada de glicose dentro dos adipócitos, podendo ter aumentado o EE da carne. A disponibilidade de glicose pode ter sido obtida através do incremento da dieta com SGU e consequentemente o maior aporte de propionato dentro do rúmen. É possível observar também que a resposta dos animais de baixa DEP quando o SCAG é adicionado ao MSF, há uma tendência de ocorrer o aumento do marmoreio.

É necessário enfatizar que mesmo com a seleção genética de animais de alta e baixa DEP, não foi possível atingir valores mais altos para a gordura IM, contudo, estudar a junção entre genética e a nutrição é um caminho que poderá ser seguido para melhorar a qualidade da carne bovina, além disso, a suplementação gestacional vem como um grande aliado para a qualidade da carne e para o melhor entendimento sobre o aumento do marmoreio.

A suplementação gestacional pode afetar positivamente a adipogênese da prole, já que a diferenciação de células adipogênicas ocorre durante o estágio fetal e pós-natal. No estágio fetal em bovinos, ocorre o processo de hiperplasia, sendo a formação de adipócitos enfatizada mais no terço final da gestação e após 250 dias de vida (Uezumi et al., 2011). No segundo estágio, a partir dos 250 dias de idade, começa a ocorrer a hipertrofia, o qual será o processo de enchimento do adipócito, aumentando assim a deposição da gordura IM e seguirá nesse processo até o abate do animal (Du et al., 2010; Du et al., 2013). Neste estudo não foi possível ter o controle sobre as genitoras, porém Ramírez-Zamudio et al. (2022) estudaram plano nutricional materno (suplementação proteica de 1kg/vaca/dia) a fim de observar o desempenho e a qualidade de carne da prole. Contudo, não houve diferenças para o desempenho, deposição de gordura intramuscular e qualidade da carne para os novilhos Nelore.

Tabela 3. composição centesimal e pH da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

Tratamentos ¹	Milho Seco		Milho Úmido		Milho Úmido	Valor de P					
	GP-	GP+	GP-	GP+	GP+ZnCr	EPM ²	Milho	GP	Milho*GP ³	ZnCr ⁴	Dep*Trat ⁵
Gordura, %	1,95	1,97	2,23	2,17	2,18	0,15	0,16	0,88	0,79	0,93	0,03
Umidade, %	72,86	72,65	72,59	72,76	72,77	0,17	0,68	0,92	0,35	0,95	0,08
PB ⁶ , %	22,89	23,19	23,08	23,31	22,82	0,06	0,02	<0,01	0,54	<0,01	<0,01
Colágeno, %	0,96	1,00	0,83	0,78	1,14	0,05	<0,01	0,98	0,27	<0,01	<0,01
Cinzas, %	0,72	0,74	0,75	0,72	0,72	0,02	0,90	0,73	0,14	1,00	0,53
Sódio, %	0,43	0,41	0,46	0,39	0,38	0,02	0,80	0,06	0,38	0,70	0,25
pH	5,64	5,64	5,62	5,65	5,59	0,04	0,85	0,65	0,71	0,14	0,53

Nota. ¹**MSF (T1):** Grão de milho seco finamente moído; **SGU (T2):** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG (T3):** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG (T4):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + SCAG + ZnCr (T5):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + SCAG + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Proteína Bruta.

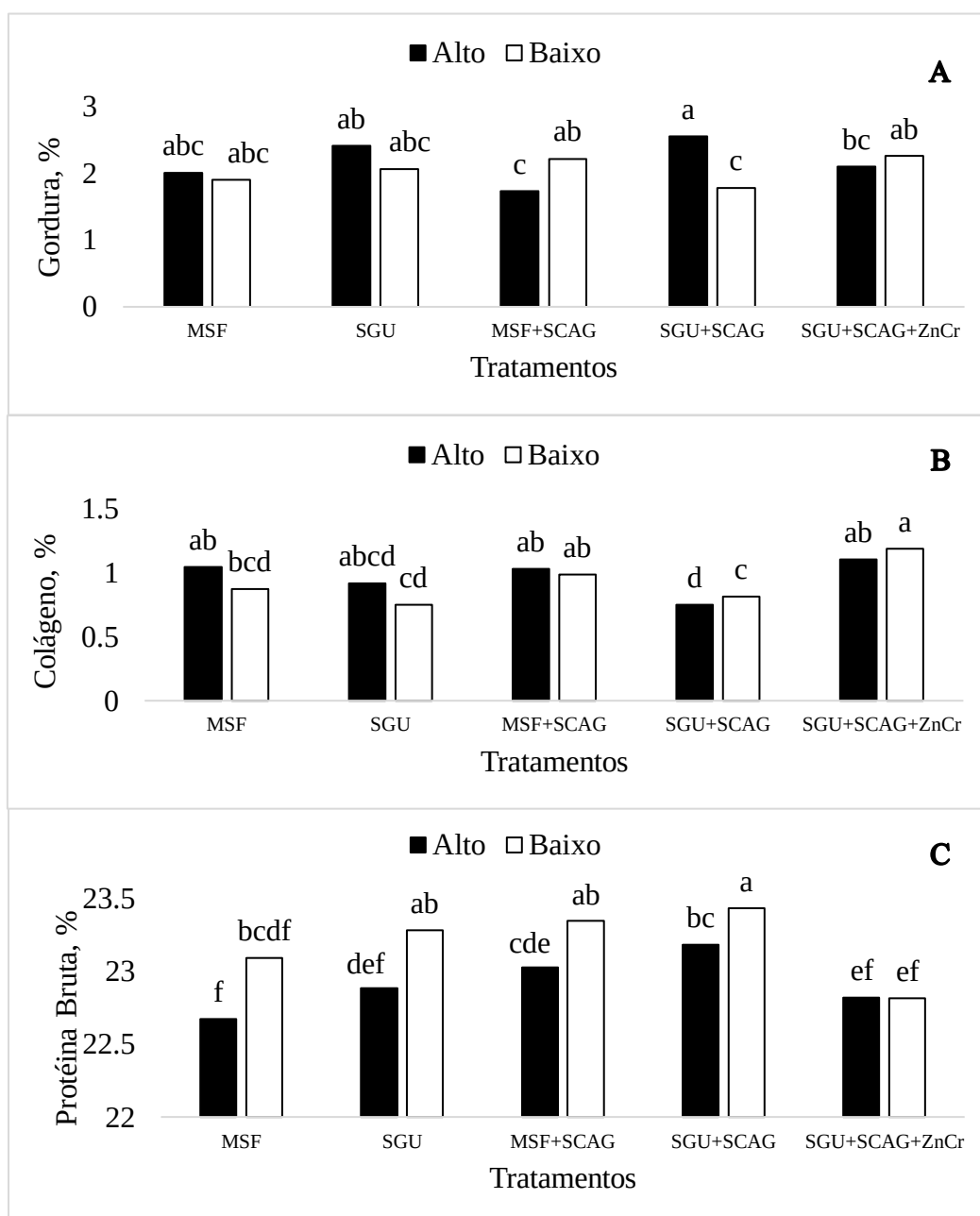


Figura 6. Influência da DEP na gordura (A), proteína bruta (B) e no colágeno (C) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

4.3. Força de cisalhamento e Perda de peso por cocção

Não foi verificada interação entre Milho x Gordura, DEP x Tratamentos, Tratamento x Maturação e Tratamento x Dep x Maturação ($P > 0,05$; Tabela 4) para FC. O processamento do milho, a inclusão de SCAG e a inclusão de zinco e cromo não afetaram a FC ($P > 0,05$). Por outro lado, carnes maturadas por 14 dias foram mais macias que as maturadas por 4 e 7 dias, as quais não diferiram entre si ($P < 0,01$; Tabela 4).

Não foi verificada interação entre Milho x Gordura, Tratamentos x Maturação e Tratamentos x Dep x Maturação ($P > 0,05$) para PPC (Tabela 4). O tempo de maturação não afetou a PPC ($P > 0,05$). Interação significativa foi verificada entre DEP x Tratamentos para PPC ($P < 0,05$; Figura 5).

Na tabela 5, foi verificada interação entre Milho x Gordura para a FC. Além disso, a marmorização tanto em relação ao ultrassom, quanto para a composição centesimal houve efeito da adição do zinco e cromo.

Neste estudo foram obtidos valores dentro da faixa preconizada para a PPC, sendo entre 13,1 a 34,5% (Muchenje et al. 2009). Segundo Grayson et al. (2014), conforme aumenta-se o pH da carne, ocorre uma diminuição de perda de peso por cocção e da maciez, contudo, neste experimento não houve diferença do pH em relação aos tratamentos.

A maciez da carne é o atributo mais desejável pelo consumidor, sendo assim, o *United States Department of Agriculture* (USDA) estabeleceu padrões de FC para a certificação de maciez, certificando carnes com valor de 4,4kg ou inferior como “macias” e 3,9kg e inferior como “muito macias” (ASTM, 2011). Entretanto, neste experimento não foram encontrados valores de FC que atendessem aos critérios do USDA para carne macia, contudo, os animais apresentaram acabamento de carcaças uniforme (média de 6 mm) evitando assim problemas relacionados com o encurtamento pelo frio. Similarmente, outros autores testaram a adição de gordura protegida na dieta de animais Nelore e mestiços ($1/4$ Nelore $\times$ $1/4$ Santa Gertrudis $\times$ $1/2$ Braunvieh), porém não obtiveram diferenças significativas para a FC e PPC (Fiorentini et al., 2012; Santana et al., 2014; Ramírez-Zamudio et al., 2022). Além disso, os mesmos autores não encontraram carnes com força de cisalhamento abaixo de 4,4kg.

Vários fatores podem influenciar a maciez da carne, como a raça, idade, reserva de glicogênio, *rigor mortis*, gordura intramuscular, pH e maturação. Valores mais altos para a força de cisalhamento encontrados neste estudo (5,43kg) podem ser atribuído por alguns fatores como a raça e a condição sexual dos animais. Tendo em vista que os *Bos indicus* podem atingir maiores quantidades de ligações cruzadas de colágeno e possuem maiores atividades da enzima calpastatina, pode estar diretamente ligado ao comprometimento do amaciamento da carne. As

concentrações mais elevadas de calpastatina no músculo retardam o início da proteólise *post-mortem*, o que confere maior dureza à carne nos primeiros dias de *post-mortem*. (Baker et al., 1989; Wheeler et al. 1990). Ademais, a condição sexual influencia na maciez, já que animais inteiros possuem maiores quantidades de testosterona endógena no organismo, acarretando um aumento nas atividades das calpastatinas, e também maior crescimento muscular (Koohmarai, 1990). Desta forma, diversos estudos na literatura encontraram que animais castrados possuem carnes mais macias em relação aos animais inteiros (Costa et al., 2007; Amatayajul-Chantler et al., 2013; Andreo et al., 2013).

Com relação a distribuição da FC, quando foi adicionado a SCAG para os MSF e SGU, ou a adição de ZnCr na dieta, houve o aumento da frequência de animais com valores iguais ou menores de FC de 4,4kg. No entanto, existem poucos relatos na literatura sobre o efeito de ZnCr na qualidade da carne. Vellini et al. (2020), relataram um aumento na maciez das carnes (2,86kg) maturadas por um período de 28 dias, quando foi adicionado ZnCr na dieta de bovinos Nelore. Contudo, Genther-Schroeder et al. (2018), adicionaram zinco e ractopamina na dieta de bovinos Angus, e não encontraram diferenças para a FC. Edenburn et al. (2016) não encontraram diferença de FC para o músculo LD de animais alimentados com ZnCr e ractopamina.. Contudo, são necessários mais estudos sobre a suplementação de zinco e cromo na dieta de bovinos em relação a qualidade da carne.

Ressalva-se que no presente estudo, à medida que aumentou o período de maturação do contrafilé, ocorreu uma diminuição da FC, demonstrando a eficiência do processo de degradação das proteínas miofibrilares. A maturação é importante para a padronização das carnes em relação á maciez, como demonstrado neste estudo comparando 4 e 14 dias de maturação, encontrou-se FC respetivamente de 5,70kg e 4,72kg tendo o último valor uma diminuição em 0,98kg, aproximando-se mais do nível aceitável de maciez (4,4 kg). Aroeira et al. (2016) reportaram FC de 6,83kg, 5,71kg, 5,4kg e 4,88kg para maturações de 0,7,14 e 21 dias para animais *Bos indicus*. Vellini et al. (2020) observaram médias de 4,0kg, 3,52kg e 3,14kg respectivamente para carnes maturadas por 0, 14 e 28 dias. Similarmente, Ferrinho et al. (2021) encontraram valores para a maturação de 1, 7, 14 e 21 dias de 7,79kg, 5,49kg, 4,78kg e 4,72kg. É possível observar uma tendência de que conforme aumenta-se o tempo de maturação a carne torna-se mais macia, até chegar em um ponto em que a atividade proteolítica diminui, sendo desnecessário aumentar ainda mais os dias de maturação.

O tempo mínimo de maturação para carne de Nelore é de 7 dias para torná-la mais macia (Bianchini et al., 2007). Entretanto, é possível notar no presente estudo que se adicionássemos um período maior para a maturação das carnes, poderia ser possível diminuir

458 o valor obtido de 4,7kg (14 dias de MAT) para 4,4kg ou menor, enquadrando as carnes do
459 experimento segundo o USDA como “macias”. Desta forma, o período de maturação afeta
460 positivamente os valores de força de cisalhamento, destacando-se para a melhoria da qualidade
461 de carne de animais Nelore.

462 **Tabela 4.** Força de cisalhamento (FC), perda de peso por cocção (PPC) da carne maturada (4, 7 ou 14 dias) de bovinos Nelores confinados
 463 alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

Tratamentos ¹		FC (kg)	PPC (%)
Milho Seco	GP-	5,62	30,40
	GP+	5,49	29,50
Milho Úmido	GP-	5,49	29,31
	GP+	5,34	30,78
Milho Úmido	GP+ZnCr	5,09	27,96
Maturação	4	5,70	28,65
	7	5,79	30,23
	14	4,72	29,90
Valor de P	EPM ²	0,14	0,68
	Milho	0,40	0,89
	GP	0,38	0,69
	Milho*GP ³	0,95	0,10
	+ZnCr ⁴	0,23	0,01
	Dep*Trat ⁵	0,08	<0,01
	Mat ⁶	<0,01(L)	0,07
	Trat*Mat ⁶	0,27	0,31
	Trat*Dep*Mat ⁸	0,67	0,26

464 **Nota.** ¹**MSF (T1):** Grão de milho seco finamente moído; **SGU (T2):** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG (T3):** Grão de milho seco
 465 finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG (T4):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + SCAG + ZnCr (T5):** Silagem de grão de milho
 466 úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre Milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + GP
 467 + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Tempo de maturação; ⁷Interação entre tratamentos e tempo de
 468 maturação; ⁸Interação entre tratamentos, DEP e tempos de maturação.

Tabela 5. Distribuição dos tratamentos conforme parametro de força de cisalhamento (FC) e do marmoreio sobre os efeitos de diferentes protocolos nutricionais para bovinos Nelore confinados.

Tratamentos ¹		FC (4,4kg) ²	Marmoreio (ultrassom) ³		Marmoreio (C.C) ⁴	
			0% - 3%	0% - 4%	0% - 2%	0% - 3%
Milho Seco	GP-	0,0%	0,0%	100,0%	50,0%	100,0%
	GP+	16.7%	0,0%	100,0%	50,0%	100,0%
Milho Úmido	GP-	16.7%	0,0%	100,0%	50,0%	100,0%
	GP+	50,0%	16.7%	100,0%	50,0%	100,0%
Milho Úmido	GP + ZnCr ⁵	50,0%	0,0%	100,0%	16.7%	100,0%
Valor de P	Milho	<0.01	1,00	1,00	1,00	1,00
	GP	<0.01	1,00	1,00	1,00	1,00
	Milho*GP ⁶	<0.01	1,00	1,00	1,00	1,00
	+ZnCr	1,00	<0.01	1,00	<0.01	1,00

Nota. ¹**MSF (T1):** Grão de milho seco finamente moído; **SGU (T2):** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG (T3):** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG (T4):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + SCAG + ZnCr (T5):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Força de cisalhamento abaixo de 4,4kg; ³Porcentagem de marmoreio pela análise do ultrassom; ⁴Porcentagem de marmoreio pela análise da composição centesimal; ⁵Tratamento com milho úmido + GP + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁶Interação entre milho e gordura protegida.

469

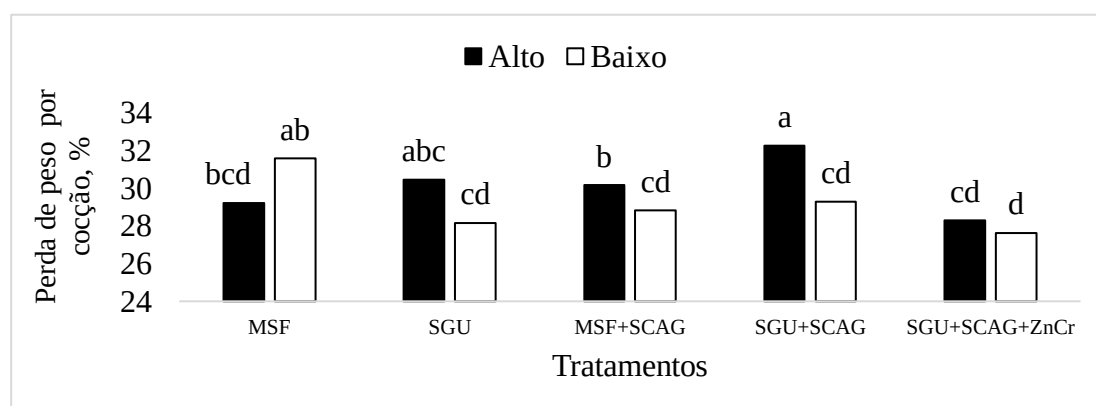


Figura 7. Influência da DEP na perda por cocção em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

476

4.4. Cor e TBARS

Para a maturação de 7 dias (Tabela 7), foi verificada interação entre Tratamentos x Dep x Display para Hue ($P < 0,01$; Figura 6). Houve interação Tratamento x Display para L* ($P = 0,04$) e a* ($P < 0,01$), apresentados na Figura 7. Foi encontrada interação para os dias de Display ($P < 0,01$; Tabela 6) para todas as variáveis mensuradas. Não foi observado interação

481

de Dep*Tratamentos e Dep*Tratamentos*Display para o TBARS. Todavia, houve uma interação entre Tratamentos*Display ($P=0,03$). Houve também um efeito da inclusão de ZnCr para o delta E ($P=0,03$).

Para carnes maturadas em 14 dias (Tabela 7), foi verificado interação entre Tratamentos x Dep x Display para L^* ($P=0,05$), a^* ($P<0,01$), b^* ($P<0,01$) e croma ($P<0,01$; Figura 7). Houve também interação entre Tratamentos x Display para Hue ($P=0,05$; Figura 8). Foi observada interação para os dias de Display ($P<0,01$; Tabela 6) para todas as variáveis mensuradas. A inclusão de SCAG ($P<0,01$) e a adição de zinco e cromo ($P<0,01$) na dieta afetaram os valores de delta E .

A cor é um dos principais parâmetros para o consumidor escolher a carne na gôndola do supermercado. Em geral neste estudo, os valores de L^* aumentaram e os valores de a^* e b^* diminuíram à medida que aumentou os dias de display, independente dos tratamentos, tempo de maturação ou da classificação das DEP's. Muchenje et al. (2009), descreveram às médias de cor para bovinos, nas quais as médias de L^* variam de 33,2 a 41,0, a^* de 11,1 a 23,6 e b^* variam de 6,1 a 11,3. Segundo Abularach, Rocha & Felício (1998), as carnes são classificadas como escuras quando $L^* \leq 29,68$ e as claras quando $L^* \geq 38,51$; em relação à intensidade do vermelho, consideram $a^* \leq 14,83$ como baixa e $a^* \geq 29,27$ como alta; para intensidade amarela, $b^* \leq 3,40$ como baixa e $b^* \geq 8,28$ como alta. As médias de L^* , a^* e b^* dos tratamentos deste estudo estão de acordo com os dados encontrados na literatura.

Segundo Ramírez-Zamudio et al. (2022), a inclusão de gordura protegida na dieta de animais Nelore não alterou os valores de L^* (média 41,1), a^* (média 18,1) e b^* (média 10,5). Similarmente, Vellini et al. (2020) não encontraram diferenças no músculo LD para as variáveis L^* , a^* e b^* quando foi adicionado na dieta dos animais a combinação de Cr e Zn. Estando estes resultados de acordo com o estudo atual.

A maturação prolongada pode melhorar a intensidade da cor vermelha dos bifes quando expostos ao oxigênio (Mancini e Ramanathan, 2014), pois possui uma relação entre esgotamento dos substratos disponíveis para funções mitocondriais e também as mudanças estruturais (Tang et al., 2005). Com isso, havendo uma menor competição por oxigênio entre as mitocôndrias e a mioglobina, resulta em uma formação de oximioglobina mais significativa (McKenna et al., 2005). Além disso, conforme aumenta-se o tempo de maturação, as células da estrutura muscular apresentam menores capacidades de retenção de água. Assim, ocorre a exsudação da água para o espaço extracelular, afetando a reflexão da luz e tornando a carne com uma coloração mais clara (Lee et al., 2008). No estudo atual, no dia 0 de display, pode-se observar que bifes maturados por 14 dias tenderam a ter valores de a^* mais elevados do que os

bifes de 7 dias de maturação, contudo, os valores de L^* não foram maiores para a maturação de 14 dias.

Segundo Holman (2017), existe uma relação entre a aceitação do consumidor e os valores de a^* , onde valores iguais ou superiores a 14,5 são mais aceitos pelos consumidores no momento de escolherem as carnes nas gôndolas. Além disso, bifes maturados a úmido atingiram valores inferiores a 14,5 entre o dia 5 e 6 dias de display. De acordo com isso, os bifes deste estudo atingiram valores inferiores a 14,5 de a^* no dia 5, independente dos dias de maturação. Ou seja, talvez o indicado seria ofertar a carne maturada para o consumidor na gôndola do supermercado até o dia 5, pois após esse período o consumidor já conseguirá notar a diferença da cor e poderá rejeitá-la.

Os valores de croma e Hue permitem determinar a intensidade da cor, saturação ou estimar o real escurecimento da carne. Segundo Ramos & Gomide (2007), os valores de h^* descrevem o desenvolvimento da cor do vermelho ao amarelo, onde maiores ângulos indicam menor tonalidade de vermelho, o que está relacionado à menor estabilidade da cor da carne. Geralmente o processo de descoloração da carne é acompanhado pelo aumento dos valores h^* e c^* conforme passam os dias de display (Lee et al., 2005). Neste experimento, conforme foram aumentando os dias de display, os valores de hue foram aumentando e a saturação diminuindo, independente do tratamento, classificação das DEP's ou tempo de maturação. Sendo assim, houve uma descoloração da carne conforme foram aumentando os dias de display.

Às variações globais no comportamento da cor (ΔE) são avaliadas pelas diferenças nas coordenadas de cor entre o tempo estimado de armazenamento e o tempo inicial da avaliação, sendo essas alterações de cor perceptíveis ao olho humano (Luciano et. al., 2009). Segundo Mokrzycki e Tatol (2011), valores de delta E acima de 3,5 já é possível notar a diferença da cor da carne pelos olhos humanos. Com isso, podemos notar que neste estudo na maturação de 7 e 14 dias, o ΔE obteve uma média de 5. Sendo perceptível a mudança de cor pelos consumidores. Andrade et al. (2010), em carnes de Nelore e Red Norte, observaram que à medida que foi aumentando o tempo de maturação das carnes de 7 (média 3,37), 14 (média 11,95) e 21 (12,81) dias, as médias de ΔE foram aumentando linearmente.

Controlar a exposição da carne ao oxigênio é indispensável para alcançar o atrativo da cor brilhante, entretanto, quando a exposição é prolongada faz com que a oxidação da carne aumente e diminua o frescor (Ramanathan et al., 2020). O processo de oxidação lipídica pode ser afetado por maiores concentrações de oxigênio, afetando a estabilidade oxidativa de lipídios

no músculo e alterando os atributos sensoriais pelo desenvolvimento de ranço na carne (Jeremiah, 2001).

Segundo Campo et al. (2006), valores de TBARS superiores a 2,28 mg de MDA/ kg de carne apresentam qualidade inferior, pelo fato de apresentarem o sabor rancificado, típico da oxidação lipídica. Correa et al. (2014), em carnes de animais Nelore, observaram que conforme foram passando os dias de display ocorreu um aumento da oxidação lipídica, na qual nos dias 0 e 3 os valores de TBARS foram respectivamente (0,12 e 0,16). Além disso, à medida que aumentou o tempo de maturação da carne, ocorreu também um aumento nos valores de TBARS, o que já é esperado pelo fato de existirem processos metabólicos que geram radicais livres responsáveis pela oxidação lipídica, independente da presença de oxigênio.

Os valores de TBARS do presente estudo foram inferiores aos encontrados na literatura, podendo demonstrar que mesmo ao passar do tempo nos dias de display, a oxidação lipídica foi menor, podendo estar ligado a uma menor quantidade de gordura intramuscular na carne. Esperava-se que com o passar do tempo da carne no display, ocorresse um aumento nos valores de TBARS, entretanto, não foi possível observar esse aumento dos valores do TBARS nos tratamentos, apenas no tratamento com a adição de ZnCr.

Animais alimentados com ZnCr apresentaram maiores oxidações lipídicas entre o dia 0 e 6 dias, em relação aos outros tratamentos. Além disso, foi possível notar que os valores de ΔE foram maiores em comparação a inclusão de SGU+SCAG para ambas as maturações. Entretanto, não há estudos sobre o efeito da suplementação de Zn e Cr na oxidação lipídica em bovinos. Sendo assim, mesmo havendo esse aumento na oxidação lipídica pelo período de display, é possível notar valores inferiores ao 2,28 mg de MDA/kg de carne, dificultando o consumidor a sentir o sabor rancificado da carne.

Tabela 6. Protocolos nutricionais de bovinos Nelore confinados sobre a avaliação instrumental e TBARS (mg MDA/kg) do músculo *Longissimus dorsi* maturados (7 e 14 dias) durante 0, 3 e 6 dias de display.

Tratamentos ¹		7 dias de maturação							14 dias de maturação					
		TBARS	L* ²	a* ³	b* ⁴	Croma	Hue	ΔE ⁵	L*	a*	b*	Croma	Hue	ΔE
Milho Seco	GP-	0,06	41,54	15,16	7,75	17,07	27,10	5,18	40,22	16,07	8,48	18,24	27,79	5,90
	GP+	0,06	40,92	15,58	7,86	17,44	26,85	4,38	40,15	15,78	8,01	17,66	27,00	3,18
Milho Úmido	GP-	0,04	41,88	15,69	8,01	17,63	27,11	5,53	41,46	15,66	8,21	17,71	27,70	5,84
	GP+	0,10	42,03	15,55	8,10	17,53	27,47	4,36	40,61	15,83	8,32	17,83	27,81	4,41
Milho Úmido	GP+ZnCr	0,09	41,65	15,41	8,13	17,42	27,84	5,85	41,11	15,52	8,13	17,54	27,72	6,08
Valor de P	EPM ⁶	0,02	0,43	0,34	0,29	0,47	0,26	0,60	0,79	0,26	0,25	0,42	0,30	0,40
	Milho	0,58	0,10	0,50	0,35	0,56	0,08	0,83	0,12	0,55	0,95	0,69	0,19	0,24
	GP	0,11	0,59	0,71	0,71	0,80	0,75	0,22	0,38	0,84	0,49	0,63	0,22	<0,01
	Milho*GP ⁷	0,10	0,37	0,45	0,98	0,68	0,09	0,81	0,45	0,45	0,28	0,45	0,10	0,20
	+ZnCr ⁸	0,80	0,54	0,80	0,94	0,87	0,43	0,03	0,30	0,21	0,33	0,25	0,78	<0,01
	Dep*Trat ⁹	0,40	0,60	0,12	0,29	0,09	0,15	0,14	0,03	0,15	0,08	0,10	0,24	0,10
	Display ¹⁰	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
	Trat*Display ¹¹	0,03	0,04	0,08	<0,01	0,09	0,07	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	-
	Trat*Dep*Display ¹²	0,06	0,12	0,37	0,24	0,01	0,32	-	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	-

Nota. ¹**MSF (T1):** Grão de milho seco finamente moído; **SGU (T2):** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG (T3):** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG (T4):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + SCAG + ZnCr (T5):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ² Cor L* = luminosidade; ³ Cor a* = coloração vermelha; ⁴ Cor b* = coloração amarela; ⁵ Variações globais no comportamento da cor; ⁶ Erro Padrão Médio; ⁷ Interação entre Milho e gordura protegida; ⁸ Tratamento com milho úmido + GP + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁹ Interação entre DEP e tratamentos; ¹⁰ Os dados de display estão localizados na Tabela 7. ¹¹ Interação entre tratamentos e dias de display; ¹² Interação entre tratamentos, DEP e dias de display.

Tabela 7. Avaliação instrumental de luminosidade (L*), coloração vermelha (a*), coloração amarela (b*) do músculo *Longissimus dorsi* maturados (7 e 14 dias), sobre os efeitos de diferentes protocolos nutricionais para bovinos Nelore confinados.

Dias de display	7 dias de maturação			14 dias de maturação		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	41,21 ^b	18,18 ^a	8,73 ^a	40,04 ^b	18,56 ^a	8,92 ^a
1	42,37 ^a	16,47 ^b	8,27 ^{ab}	40,70 ^a	17,33 ^b	8,56 ^b
2	41,98 ^a	15,68 ^c	7,94 ^{bc}	40,72 ^a	16,37 ^c	8,29 ^c
3	41,19 ^b	15,19 ^d	7,80 ^{cd}	41,03 ^a	15,55 ^d	8,16 ^{cd}
4	41,20 ^b	15,55 ^e	7,77 ^{bcd}	40,85 ^a	14,81 ^e	8,05 ^{cd}
5	40,97 ^b	14,42 ^e	7,90 ^{bcd}	40,81 ^a	14,17 ^f	7,88 ^{de}
6	42,30 ^a	13,86 ^f	7,42 ^d	40,88 ^a	13,63 ^g	7,72 ^e
EPM	0,240	0,199	0,210	0,696	0,180	0,177
Valor de P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

a-e Significa na mesma coluna com diferentes sobrescritos.

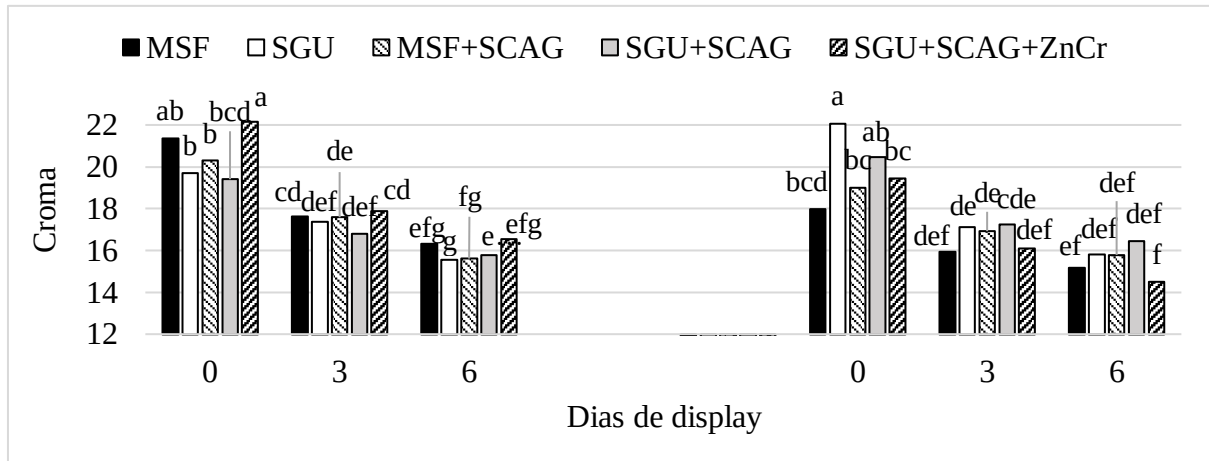


Figura 8. Influência da DEP e dias de display (0, 3 e 6) no croma do músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. Na figura da direita são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e na figura da esquerda os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

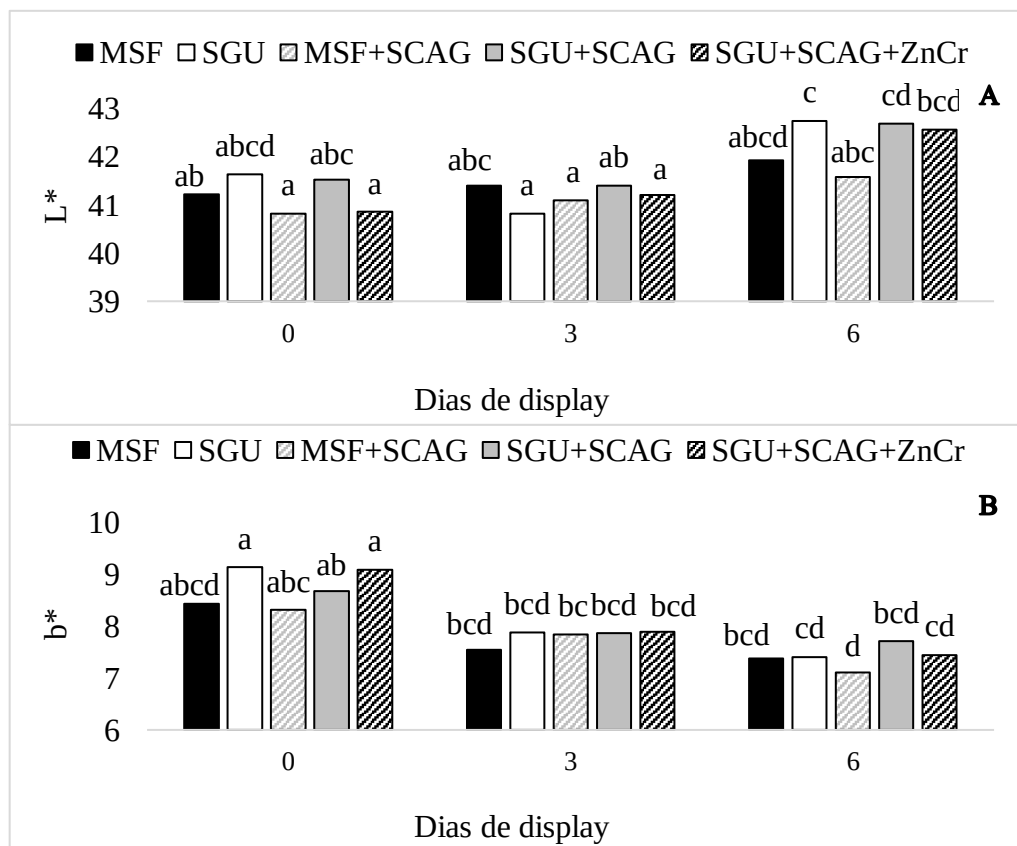


Figura 9. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) no L*(A) e b*(B) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

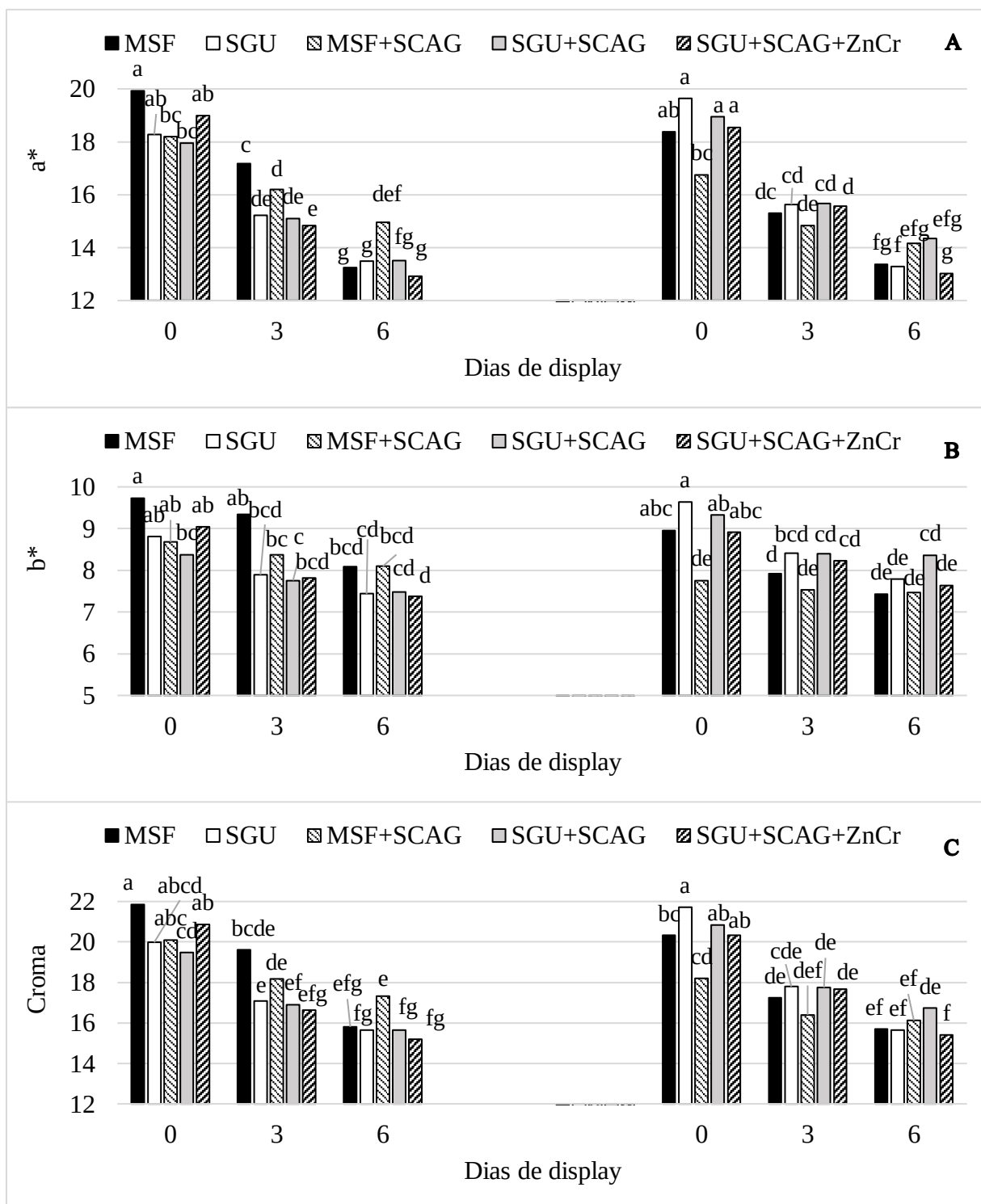


Figura 10. Influência da DEP e dias de display no a*(A), b*(B) e cromat(C) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 14 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. Na figura da direita são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e na figura da esquerda os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

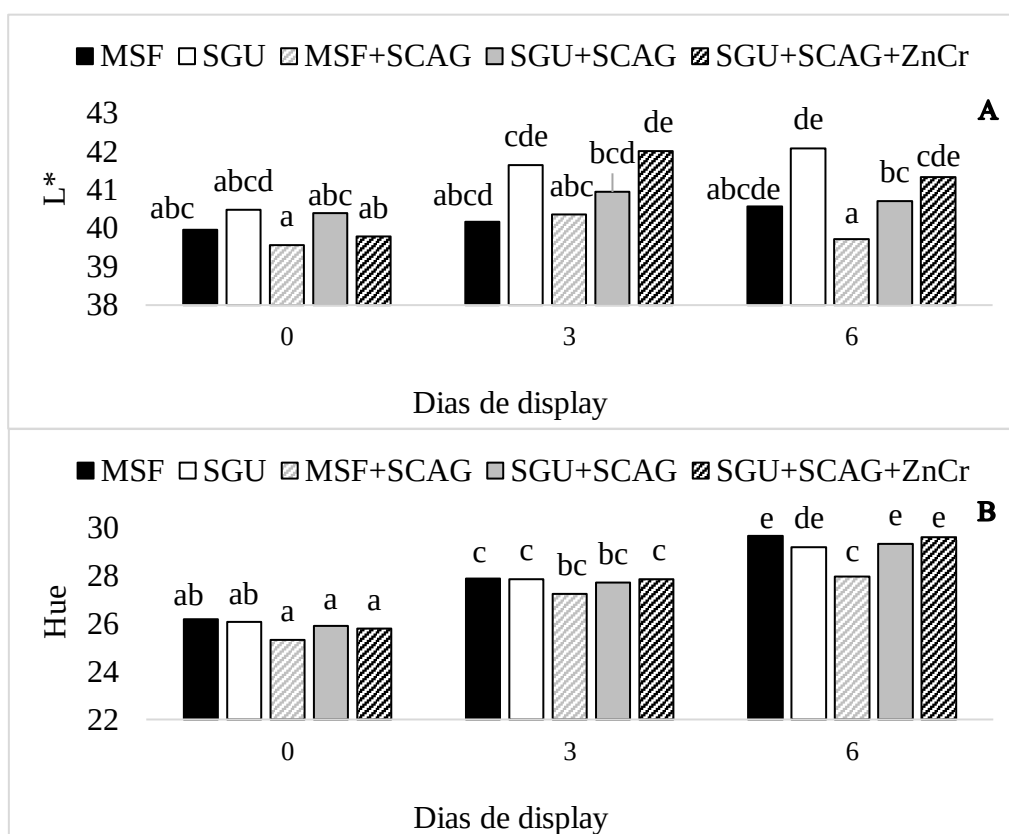


Figura 11. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) no L* (A) e Hue (B) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 14 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

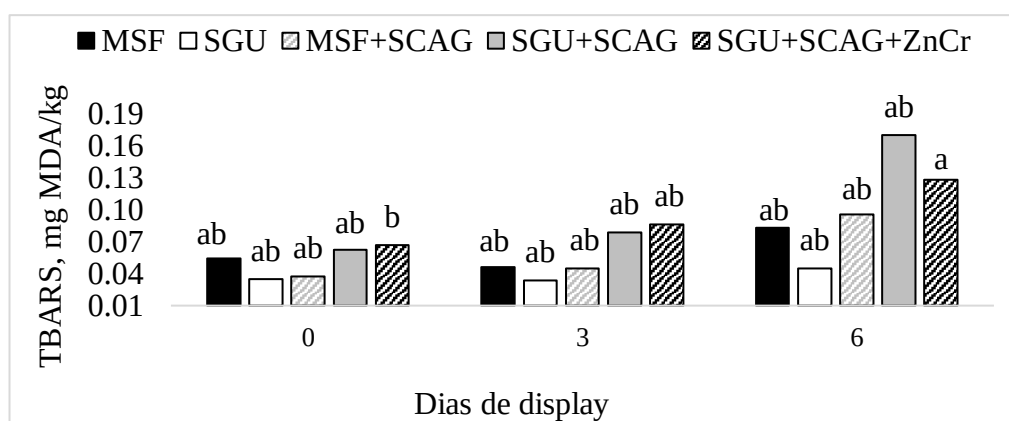


Figura 12. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) do TBARS no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

4.5. Perfil de ácidos graxos

Os resultados do perfil dos ácidos graxos do músculo LD estão apresentados na Tabela 8. Houve interação entre Tratamento x DEP para AGS ($P=0,02$; Figura 13), C14:0 ($P=0,04$), C16:0 ($P<0,01$), AGI ($P=0,04$; Figura 13), MUFA ($P<0,01$; Figura 14), C14:1 ($P=0,05$), C18:1 ($P<0,001$; Figura 14), PUFA ($P=0,04$), C20:4 n-6 ($P=0,02$), AGI:AGS ($P=0,01$), MUFA: AGS ($P=0,05$), PUFA: AGS ($P=0,03$) e ômega 3 ($P<0,01$). Foi encontrada interação entre Milho x Gordura para C12:0 ($P=0,01$), C16:1 ($P<0,001$), C18:3 n-3 ($P<0,01$), C18:2 ($P<0,01$; Figura 15), Ômega 6 ($P<0,01$), Ômega 6/ Ômega 3 ($P=0,03$), Delta9/Des16 ($P<0,01$), Delta9/Des18 ($P<0,01$). Houve efeito da inclusão de ZnCr para C18:3 n-3 ($P=0,04$), C18:2 ($P=0,02$), Ômega 6 ($P=0,02$), Ômega 6/ Ômega 3 ($P<0,01$), Delta9/Des18 ($P<0,01$).

Os perfis dos ácidos graxos da gordura subcutânea estão apresentados na Tabela 9. Foi verificada interação em Tratamento x DEP para AGS ($P<0,01$), C14:0 ($P=0,03$), C16:0 ($P<0,001$), C18:0 ($P<0,001$), AGI ($P<0,001$; Figura 16), MUFA ($P<0,001$; Figura 16), C16:1 ($P<0,001$), C18:1 ($P<0,01$), C18:3 n-3 ($P=0,01$), C20:4 n-6 ($P<0,01$), AGI: AGS ($P<0,001$), MUFA: AGS ($P<0,01$), PUFA:AGS ($P<0,001$), n-6:n-3 ($P=0,02$), Delta9/Des16 ($P=0,01$). Foi observado interação entre Milho x Gordura para C12:0 ($P<0,01$), C14:1 ($P=0,04$), PUFA ($P<0,01$), C18:2 ($P<0,01$), Ômega 6 ($P<0,001$) e Delta9/Des18 ($P<0,01$). Houve efeito da inclusão de ZnCr para o Ômega 6 ($P<0,01$).

Os ácidos graxos oleico, palmítico e esteárico são os AG mais abundantes na carne, totalizando aproximadamente 80% do total. Segundo Duckett et al. (1993), a carne de bovinos contém 49% de AGS, 45% MUFA e 6% de PUFA, sendo similar aos resultados obtidos no presente estudo (médias: 42,5%; 48,9% e 8,2%). De modo geral, animais alimentados com grãos tendem a diminuir a porcentagem de AGS e aumentar o MUFA (Smith, 2016). E assim, aumentar a quantidade de MUFA, sendo o ácido oleico (C18:1 *cis*-9) o mais abundante, pode-se observar efeitos benéficos para a saúde humana, principalmente evitar problemas cardiovasculares, por diminuir o colesterol LDL e aumentar o colesterol HDL (Micha e Mozaffarian, 2010). Ademais, o ácido oleico pode influenciar na estimulação da síntese lipídica a partir da glicose no marmoreio e da lipogênese a partir do acetato (Smith e Johnson, 2016), e ainda ajudar na expressão da enzima estearoil-CoA dessaturase (ou delta-9 dessaturase).

Os bovinos possuem a capacidade de transformar os ácidos graxos palmíticos (C16:0) em esteárico (C18:0) e posteriormente em oleico (C18:1 *cis*-9), através do alongamento e dessaturação da cadeia de AG. Deste modo, a enzima estearoil-CoA dessaturase insere uma

dupla ligação na posição delta-9 dos ácidos esteárico e palmítico, transformando-os em ácidos oleico e em palmitoléico respectivamente (St John et al., 1991).

No presente trabalho, apesar da adição de SCAG, na qual possui maiores quantidades de C16:0 e C18:1, não foi possível observar o aumento significativo do C18:1 *cis*-9 no músculo LD e na gordura subcutânea para animais suplementados com SCAG. Além disso, animais que receberam SCAG aumentaram as porcentagens do C18:0, porém este AG aparentemente não sofreu efetivamente a ação da delta-9 dessaturase para se transformar em C18:1 *cis*-9, e conseqüentemente o C18:0 pode ter se perdido ao longo do caminho. Deste modo, o SCAG pode estar aumentando o alongamento de C16:00 para C18:00, porém não está ocorrendo a dessaturação do ácido graxo.

Havia a hipótese de que a adição de SCAG aumentaria a deposição de AGI na carne, contudo, não foi sustentado já que houve a diminuição de AGI quando foi adicionado SCAG na dieta. Além disso, os resultados de MUFA mostraram que quando foi adicionado SCAG no MSF houve a diminuição de MUFA, contudo, adicionando SCAG no SGU aumentou a MUFA para animais de alta DEP. Similar a estes resultados, Silva et al. (2009) observaram que a inclusão de SCAG aumentou o C18:0 (13,6 vs 15,1) e diminuiu o C18:1 *cis*-9 (41,1 vs 37,1) em comparação aos animais controle. Contudo, Costa et al. (2021), não encontraram diferenças para C18:1 *cis*-9, C18:2 *cis*-9, *cis*-12, AGS, MUFA, PUFA, C16:0 quando os bovinos Nelore foram suplementados com SCAG.; entretanto, observaram que animais não suplementados obtiveram maiores concentrações de C18:0. Diferentemente, Nascimento et al. (2020) observaram que animais sem adição de SCAG na dieta obtiveram maiores resultados para MUFA e MUFA: AGS, pelas concentrações maiores de AG palmitoleico (C16:1 *cis*-9) e oleico, em comparação aos animais que estavam recebendo a gordura protegida.; além disso, animais que consumiram SCAG obtiveram maiores concentrações de linoleico (C18:2) e uma maior tendência de concentração de PUFA. Em contrapartida, Vellini et al. (2020) não encontraram diferenças no perfil de ácidos graxos da carne de animais *Bos indicus* quando foi adicionado na dieta ZnCr em comparação com os animais não suplementados.

As médias encontradas para n-6: n-3 foram respectivamente de 7,97 e 14,6 para a carne e a gordura subcutânea. Sabe-se que a recomendação de n-6: n-3 é de 4,0 na dieta total para a população, pois podem estar relacionados com o desenvolvimento de câncer ou problemas cardiovasculares (Wood et al., 2003; Giuffruda-Mendoza et al., 2015). Similarmente a este trabalho, outros estudos também reportaram valores acima de 4,0 para bovinos submetidos a um sistema intensivo (Silva et al., 2009; Vellini et al., 2020). De acordo

com Juarez et al. (2010) e Calabro et al. (2014), altos valores para n-6/n-3 podem estar relacionados com a alta quantidade de grãos nas dietas de confinamento, resultando em baixas concentrações de n-3 na carne. Contudo, Hwang e Joo (2016) observaram que músculos com menores quantidade de gordura intramuscular apresentaram maiores proporções de n-6/n-3; além disso, a porcentagem de PUFA foi menor em carnes com maiores quantidades de gordura.

De acordo com Stajié et al. (2011), a proporção de PUFA/AGS recomendada é de 0,45 ou acima. No presente trabalho, foram encontrados médias para a carne de 0,19 e para a gordura de 0,05, sendo estes valores abaixo do nível recomendado. Além disso, foi possível observar que quando adicionado na dieta o SCAG, houve uma maior deposição de PUFA na carne e na gordura subcutânea, entretanto, essa porcentagem não influenciou em uma maior oxidação lipídica. Nascimento et al. (2020) reportaram uma média de 0,22 PUFA:AGS para o músculo LD, e a média de 0,20 foi encontrada por Oliveira et al. (2012), além de 0,16 reportado por Vellini et al. (2020). Sendo assim, as médias encontradas neste trabalho estão de acordo com a literatura.

O ácido linoleico é obtido em sua maior proporção através de níveis elevados de alimentos concentrados, e este ácido pode sofrer no rúmen a biohidrogenação, resultando em ácidos graxos monoinsaturados e saturados, ficando disponível uma quantidade pequena para de ácido linoleico ser depositado nos tecidos. Contudo, quando é realizado a proteção do lipídio através de sais cálcicos, o ácido linoleico pode ser mais incorporado pelos tecidos. Com isso, foi possível observar uma maior quantidade de ácido linoleico na carne dos animais quando foi adicionado SCAG no MSF.

A adição de SCAG na dieta aumentou as porcentagens de AGS para os animais Nelore. Existem recomendações para a diminuição do consumo de AGS em dietas de humanos, com a alegação que esses ácidos graxos possam ocasionar o aumento do colesterol e LDL (Vahmani, 2020). Contudo, estudos recentes começaram a questionar as recomendações dietéticas atuais contra o consumo de AGS, relatando que a ingestão de AGS não está associada ao aumento de riscos cardiovasculares (Renna et al., 2019; Visioli e Poli, 2020). Sendo assim, são necessários mais estudos para entender melhor os efeitos dos AGS e a relação com a saúde humana, e com isso informar a população que por muitas vezes passam a diminuir o consumo de carne vermelha por receberem informações equivocadas sobre a ingestão de carnes.

707

Tabela 8. Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

AG total em %	Milho Seco		Milho Úmido		Milho Úmido	Valor de P					
Tratamentos ¹	GP-	GP+	GP-	GP+	GP+ZnCr	EPM ²	Milho	GP	Milho*GP ³	ZnCr ⁴	Dep*Trat ⁵
AGS ⁶	41,8	41,6	40,1	43,3	41,8	0,72	0,93	0,03	0,02	0,11	0,02
C12:0 (láurico)	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08	<0,01	0,89	<0,01	0,01	0,80	0,06
C14:0 (mirístico)	2,74	2,53	2,32	3,00	2,84	0,14	0,87	0,09	<0,01	0,45	0,04
C16:0 (palmítico)	23,4	22,8	22,5	24,3	23,6	0,48	0,50	0,16	<0,01	0,25	<0,01
C18:0 (esteárico)	12,0	12,9	11,8	12,5	12,0	0,63	0,30	0,01	0,70	0,29	0,62
<i>Insaturados</i>	57,9	57,7	59,2	56,5	57,9	0,65	0,93	0,03	0,06	0,21	0,04
<i>MUFA</i> ⁷	50,9	43,4	48,0	49,8	49,3	0,91	0,06	<0,01	<0,001	0,63	<0,01
C14:1 (miristoléico)	0,87	0,68	0,66	0,83	0,82	0,04	0,51	0,71	<0,01	0,80	0,05
C16:1 <i>cis</i> -9 (palmitoléico)	3,41	2,71	3,16	3,23	3,41	0,10	0,20	<0,01	<0,001	0,20	0,28
C18:1 <i>cis</i> -9 (oleico)	41,2	34,2	38,5	38,7	40,0	1,01	0,30	<0,001	<0,001	0,80	<0,001
<i>PUFA</i> ⁸	7,06	14,3	11,2	6,7	8,6	1,01	0,09	0,19	<0,001	0,18	0,04
C18:3 n-3 (α -linolênico)	0,12	0,07	0,09	0,12	0,09	0,01	0,33	0,39	<0,01	0,04	0,09
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 (linoleico)	4,08	9,19	6,36	3,47	5,50	0,69	0,06	0,21	<0,01	0,02	0,15
C20:4 n-6 (araquidônico)	1,36	2,50	2,31	1,36	1,39	0,21	0,68	0,65	<0,001	0,90	0,02
AGI:AGS ⁹	1,40	1,42	1,50	1,31	1,39	0,04	0,93	0,05	0,01	0,19	0,01
MUFA:AGS	1,23	1,04	1,20	1,16	1,19	0,03	0,16	<0,01	0,02	0,46	0,05
PUFA:AGS	0,17	0,38	0,29	0,15	0,20	0,04	0,16	0,03	<0,001	0,29	0,03
Ômega 3	0,56	0,84	0,86	0,57	0,54	0,06	0,83	0,96	<0,001	0,69	<0,01
Ômega 6	4,10	9,21	6,40	3,50	5,53	0,69	0,06	0,21	<0,01	0,02	0,15
Ômega 6/ Ômega 3	8,07	10,6	7,18	6,24	10,0	1,11	<0,01	0,30	0,03	<0,01	0,26
Delta9/Des16	12,8	10,5	12,2	11,7	12,6	0,33	0,31	<0,001	<0,01	0,06	0,40
Delta9/Des18	77,4	72,4	76,4	75,5	76,3	0,69	0,12	<0,001	<0,01	<0,01	0,41

Nota. ¹**MSF (T1):** Grão de milho seco finamente moído; **SGU (T2):** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG (T3):** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG (T4):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + SCAG + ZnCr (T5):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + SCAG + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶ Ácidos graxos saturados; ⁷Ácidos graxos monoinsaturados; ⁸Ácidos graxos poli-insaturados; ⁹Relação entre ácidos graxos insaturado e saturados.

708

Tabela 9. Perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

AG total em % Tratamentos ¹	Milho Seco		Milho Úmido		Milho Úmido	Valor de P					
	GP-	GP+	GP-	GP+	GP+ZnCr	EPM ²	Milho	GP	Milho*GP ³	ZnCr ⁴	Dep*Trat ⁵
AGS ⁶	43,5	43,3	42,1	45,1	42,8	0,60	0,14	0,09	0,05	<0,01	<0,01
C12:0 (láurico)	0,07	0,09	0,08	0,09	0,09	<0,01	0,25	<0,01	0,36	0,46	0,09
C14:0 (mirístico)	3,57	3,52	3,65	3,77	3,30	0,15	0,28	0,81	0,55	0,03	0,03
C16:0 (palmítico)	24,1	23,9	23,8	24,7	21,9	0,52	0,40	0,32	0,13	0,14	<0,001
C18:0 (esteárico)	11,5	12,1	11,2	12,5	10,9	0,84	0,98	0,06	0,49	0,08	<0,001
<i>Insaturados</i>	56,9	57,3	57,3	55,3	57,6	0,65	0,14	0,14	0,03	<0,01	<0,001
<i>MUFA</i> ⁷	54,0	53,7	54,5	52,0	54,7	0,60	0,18	<0,01	0,02	<0,001	<0,001
C14:1 (miristoléico)	1,33	1,26	1,38	1,16	1,24	0,09	0,70	0,04	0,22	0,40	0,06
C16:1 <i>cis</i> -9 (palmitoleico)	3,66	3,66	3,93	3,51	3,58	0,16	0,60	0,08	0,09	0,79	<0,001
C18:1 <i>cis</i> -9 (oleico)	43,9	42,9	43,1	39,5	39,4	0,91	<0,01	<0,001	0,02	0,96	<0,01
<i>PUFA</i> ⁸	1,90	2,48	1,80	2,54	2,00	0,10	0,90	<0,01	0,62	0,13	0,30
C18:3 n-3 (α -linolênico)	0,09	0,08	0,09	0,08	0,10	<0,01	0,55	0,03	0,83	0,12	0,01
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 (linoleico)	1,26	1,56	1,05	1,54	1,15	0,07	0,28	<0,01	0,35	0,09	0,08
C20:4 n-6 (araquidônico)	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	<0,01	0,30	0,26	0,29	0,29	<0,01
AGI:AGS ⁹	1,31	1,33	1,34	1,25	1,36	0,03	0,23	0,21	0,07	0,01	<0,001
MUFA:AGS	1,25	1,25	1,27	1,17	1,29	0,03	0,23	0,06	0,06	0,06	<0,01
PUFA:AGS	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	<0,01	0,94	0,01	0,74	0,26	<0,001
Ômega 3	0,10	0,09	0,09	0,12	0,11	0,01	0,50	0,51	0,20	0,89	0,45
Ômega 6	1,29	1,59	1,08	1,58	1,18	0,09	0,22	<0,001	0,28	<0,01	0,09
Ômega 6/ Ômega 3	14,1	18,5	12,6	15,4	12,6	0,73	<0,01	<0,001	0,21	0,03	0,02
Delta9/Des16	13,2	13,3	14,1	12,5	18,33	1,13	0,83	0,05	0,03	0,16	0,01
Delta9/Des18	79,2	77,9	79,4	75,9	74,0	1,93	0,26	<0,01	0,17	0,68	0,38

Nota. ¹**MSF (T1):** Grão de milho seco finamente moído; **SGU (T2):** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG (T3):** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG (T4):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + SCAG + ZnCr (T5):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + SCAG + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Ácidos graxos saturados; ⁷Ácidos graxos monoinsaturados; ⁸Ácidos graxos poli-insaturados; ⁹Relação entre ácidos graxos insaturado e saturados.

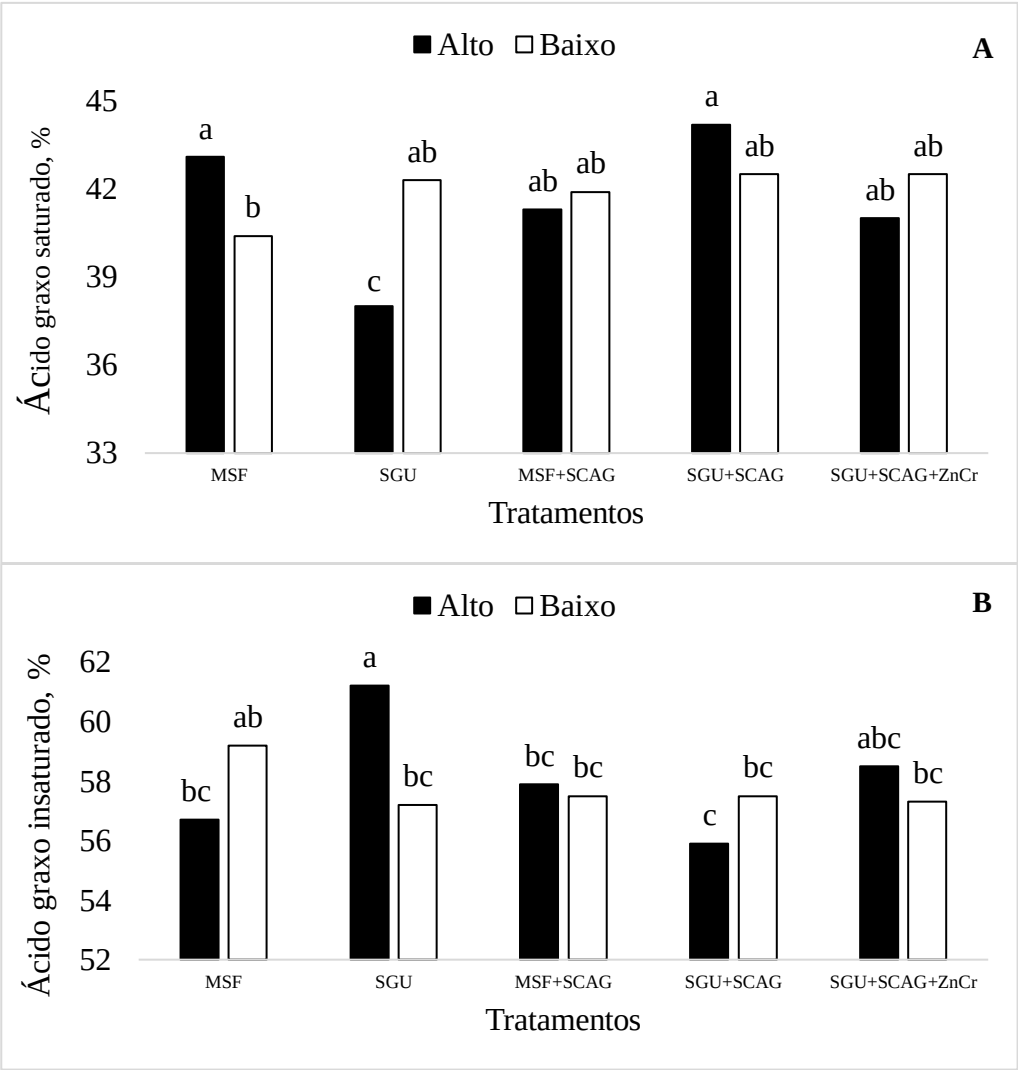


Figura 13. Influência da DEP nas porcentagens de AGS(A) e AGI(B) do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

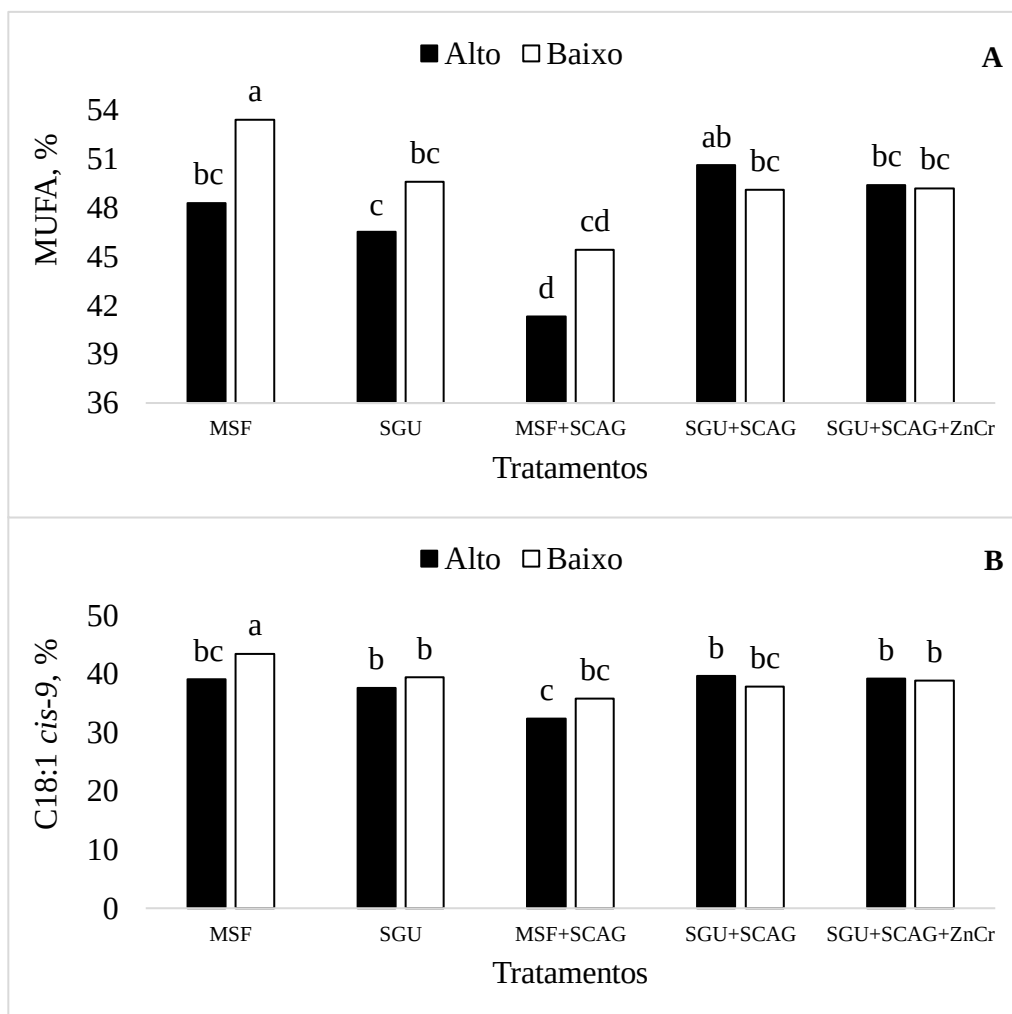


Figura 14. Influência da DEP nas porcentagens da MUFA(A) e C18:1 *cis*-9(B) do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + Zinco e cromo orgânico.

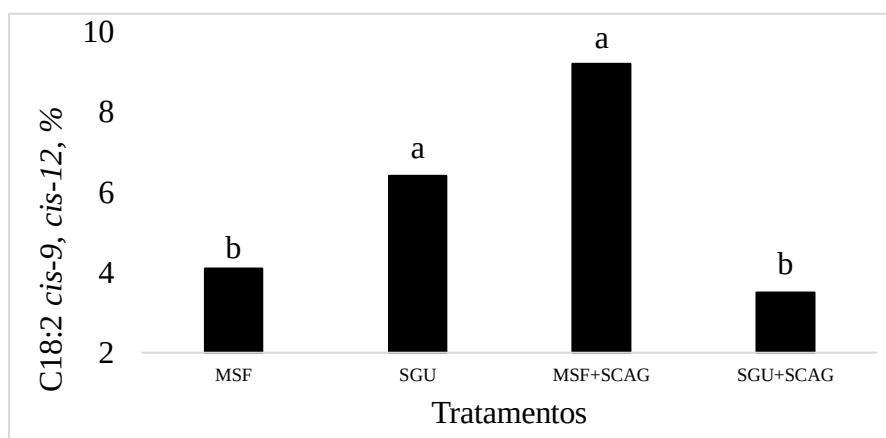
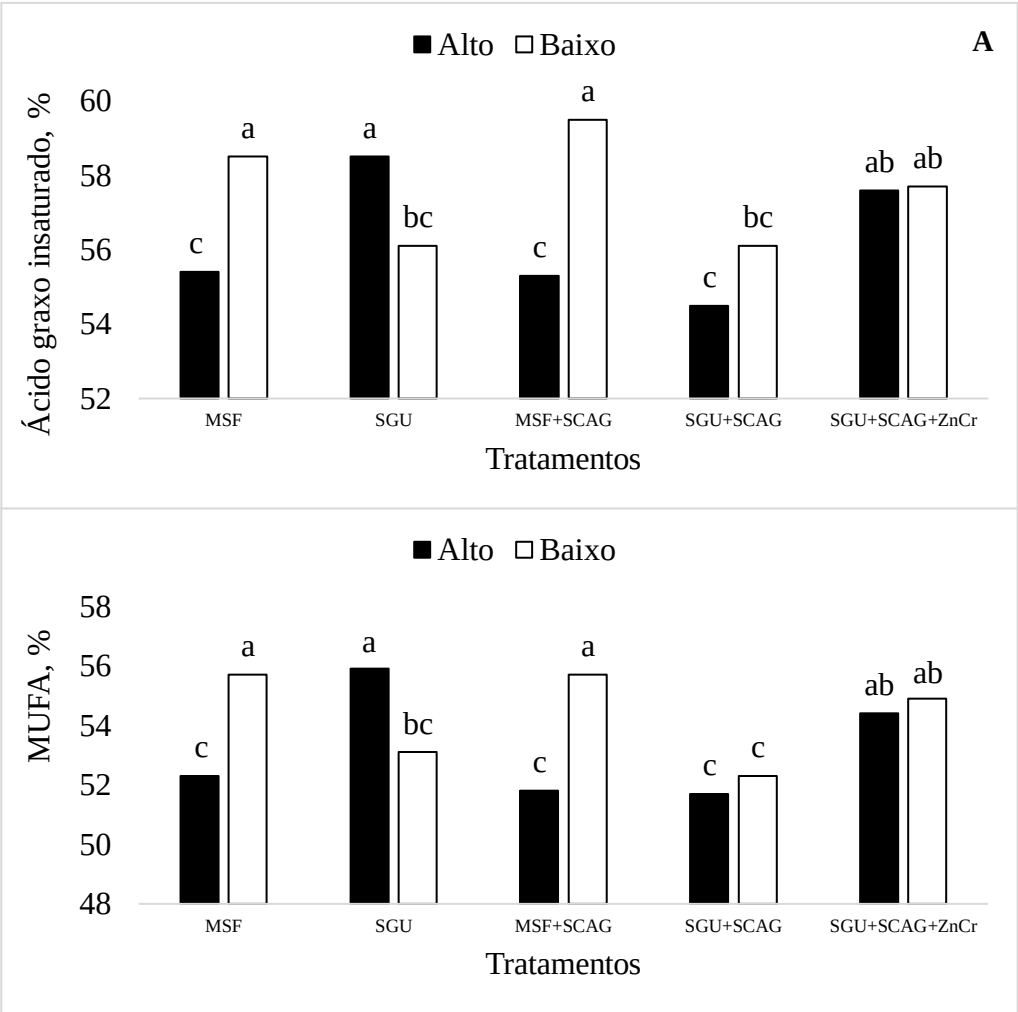


Figura 15. Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre C18:2 *cis*-9, *cis*-12, % do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF +**

726 **SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de
727 milho úmido + SCAG de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho
728 úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.



729 **Figura 16.**Influência da DEP nas porcentagens de AGI(A) e MUFA(B) da gordura subcutânea
730 de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta
731 DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio **MSF:** Grão
732 de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão
733 de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido +
734 SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo
735 orgânico.

4.6.Sensorial

Houve interação entre Tratamento x DEP para a maciez das carnes maturadas em 7 dias ($P=0,04$) e para 14 dias ($P=0,02$; Tabela 10; Figura 17). O processamento do milho, a inclusão de SCAG e a adição de zinco e cromo não afetaram a suculência, sabor, satisfação em geral e a classificação ($P>0,05$) para maturação de 14 dias. Por outro lado, houve efeito da adição de gordura protegida ($P=0,02$) para a satisfação em geral e a adição de ZnCr ($P=0,05$) na classificação para carnes maturadas por um período de 7 dias.

Segundo Corbin et al. (2015), os consumidores estão preferindo carnes mais macias com maiores porcentagens de marmoreio em relação as macias com baixa quantidade de marmoreio. Além disso, a quantidade de marmoreio pode influenciar sobre a palatabilidade e o sabor da carne bovina, principalmente em aumentar as características organolépticas (Emerson et al., 2013). Como sabemos, neste estudo não houve diferenças expressivas para o marmoreio, podendo ser um ponto chave para o painel sensorial, na qual os consumidores não conseguiram observar diferenças em relação a suculência e o sabor das carnes maturadas em 7 e 14 dias. Contudo, foi possível observar uma diferença de maciez para os tratamentos e as DEPs, na qual o tratamento com MSF+SCAG obteve maior aceitabilidade da maciez para animais de baixa DEP em relação aos animais de alta DEP para ambas as maturações. Esse resultado pode estar interligado com a maior frequência que os animais obtiveram para a FC quando foi adicionado SCAG na dieta, pois as porcentagens foram de 0% para 16,7%, ou seja, a adição de SCAG no MSF deixou 16,7% dos animais com FC menor ou igual a 4,4kg. Ademais, animais de baixa DEP obtiveram menores PPC do que alta DEP para o tratamento MSF+SCAG.

A adição de SCAG no MSF aumentou a satisfação geral para os consumidores, podendo estar relacionado com a maior tendência em relação a suculência da carne. Além disso, todos os tratamentos alcançaram a classificação ente 2 a 3, ou seja, os consumidores consideraram as carnes entre qualidade boa para o dia a dia e qualidade muito boa. De acordo com Miller et al. (2001), conforme ocorre a diminuição da maciez da carne, atributos como suculência e sabor possuem uma grande importância na satisfação geral do consumidor, além disso, outros estudos também relataram a importância do sabor para a aceitabilidade da carne bovina (O'Quinn et al., 2012; Corbin et al., 2015). Costa et al. (2020) adicionaram diferente fontes lipídicas de gordura protegida, e não observaram diferenças sobre a maciez, suculência, sabor atípico e aroma atípico. Entretanto, encontraram diferenças para sabor e aroma, na qual *B. indicus* que foram suplementados com gordura protegida de óleo de soja apresentaram melhores notas do que o *blend* com óleo de palma. Em contraste, Oliveira et al. (2012)

770 observaram menor suculência e maior maciez para animais que foram alimentados com sais
771 cálcicos de ácidos graxos com fonte de linhaça. Diferentemente, Gilbert et al. (2003)
772 relataram que não foi possível observar pelo painel sensorial diferenças nos bifes entre
773 bovinos alimentados com diferentes fontes lipídicas.

774 Sabe-se que o aumento do ácido oleico pode acarretar maiores aceitações do sabor da
775 carne pelos consumidores, diferentemente do n-6 e n-3 que contribuem com à diminuição da
776 suculência, sabor e palatabilidade geral (Melton et al., 1982; Hwang e Joo, 2016). Contudo,
777 mesmo os tratamentos com apenas MSF ou SGU+SCAG apresentarem maiores porcentagens
778 de n-6, não foi possível observar diferenças no painel sensorial para a suculência e sabor.

779 **Tabela 10.** Avaliação sensorial do músculo *Longissimus dorsi* maturado (7 ou 14 dias) de bovinos Nelores confinados alimentados com dieta de
780 alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

Tratamentos ¹		7 dias de maturação					14 dias de maturação				
		Maciez	Suculência	Sabor	S. Geral ²	Classificação ³	Maciez	Suculência	Sabor	S. Geral	Classificação
Milho Seco	GP-	63,6	69,2	66,0	67,9	2,51	70,5	68,5	68,8	70,4	2,63
	GP+	63,6	66,6	67,0	69,5	2,56	69,1	66,4	68,9	69,1	2,64
Milho Úmido	GP-	61,1	65,9	66,5	69,5	2,54	69,1	66,7	67,9	69,6	2,57
	GP+	64,9	63,9	66,0	68,2	2,45	70,8	67,7	69,8	70,1	2,65
Milho Úmido	GP + ZnCr	65,2	66,3	68,2	68,0	2,58	72,4	68,5	69,5	72,6	2,68
Valor de P	EPM ⁴	1,56	1,57	1,39	1,73	0,16	1,90	2,17	2,14	2,19	0,09
	Milho	0,73	0,09	0,87	0,94	0,51	0,95	0,90	0,99	0,96	0,83
	GP	0,27	0,21	0,85	0,02	0,74	0,94	0,81	0,62	0,87	0,62
	Milho*GP ⁵	0,29	0,86	0,58	0,39	0,25	0,50	0,47	0,67	0,67	0,74
	+ZnCr ⁶	0,90	0,30	0,28	0,94	0,05	0,54	0,79	0,92	0,43	0,82
	Dep*Trat ⁷	0,04	0,51	0,34	0,06	0,64	0,02	0,56	0,79	0,58	0,73

Nota. ¹**MSF (T1):** Grão de milho seco finamente moído; **SGU (T2):** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG (T3):** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG (T4):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + SCAG + ZnCr (T5):** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Satisfação geral; ³Erro Padrão Médio; ⁴Classificação de 1 ao 4; ⁵Interação entre Milho e gordura protegida; ⁶Tratamento com milho úmido + GP + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁷Interação entre DEP e tratamentos.

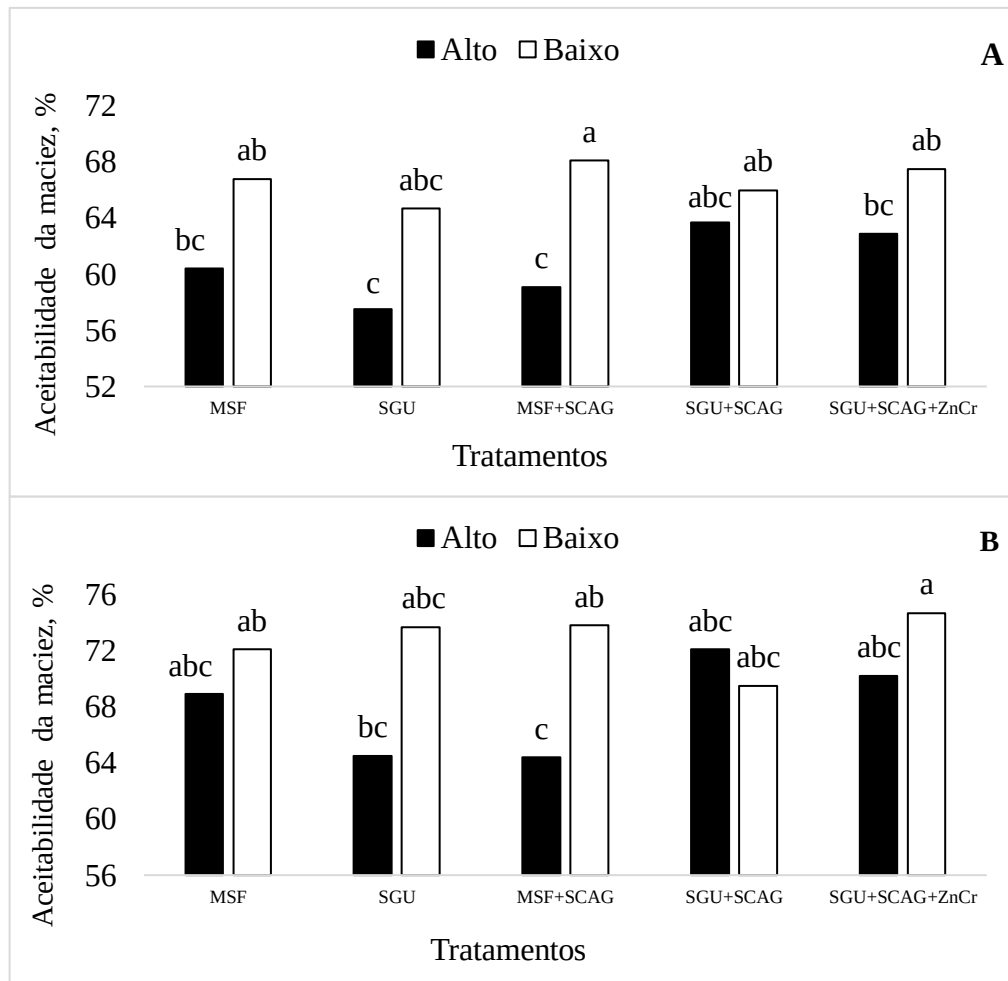


Figura 17. Influência da DEP na aceitabilidade da maciez do painel sensorial das carnes maturadas por 7 dias (A) e 14 dias (B) de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

5. Conclusão

Os fatores testados nos protocolos nutricionais não alteraram a porcentagem de gordura intramuscular do músculo *Longissimus dorsi*.

6. Implicações

Conforme demonstrado nos resultados e discussão, o tempo de prateleira independente dos tratamentos para as carnes maturadas deste experimento é de 5 dias, após esse período o consumidor pode conseguir observar a oxidação da cor. Além disso, períodos acima de 14 dias de maturação são recomendados para alcançar a maciez desejada pelos consumidores, principalmente em carnes de animais Nelore. Além disso, alimentar os animais com SGU+SCAG+ZnCr aparentou oxidar mais a cor da carne em relação aos outros tratamentos, e também houve uma maior oxidação lipídica. Talvez aumentar a tecnologia da dieta possa impactar na vida de prateleira das carnes.

A maioria dos experimentos atuais com bovinos de corte possuem o enfoque em nutrição ou apenas em genética, sem abranger os dois seguimentos. O nosso trabalho atual envolveu tanto a genética (DEP para marmoreio) quanto a nutrição, sendo um diferencial na literatura. Sabe-se que neste projeto não houve o controle da nutrição das vacas ou a castração dos animais, porém, conseguimos ter um controle estatístico com a separação dos animais pelas DEPs e pelo peso.

Este trabalho pode abrir portas para outros estudos de nutrição, nos quais poderão incluir os protocolos nutricionais, DEPs para marmoreio e a castração dos animais Nelore para aumentar a deposição de gordura intramuscular e aumentar a qualidade da carne.

7. Referências

- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2020. Exportações brasileiras de carne bovina. Disponível:<<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>>. Acesso em: 18 de maio de 2022.
- Abularach, M.L.S.; Rocha, C.E.; Felício, P.E. Quality traits of boneless rib cut (L. dorsimuscle) from Nelore young bulls. **Food Sci. Technol.** 18 (2), 205–210, 1998. Doi: 10.1590/S0101-20611998000200012.
- Amatayakul-Chantler, D.; Hoe, F. Jackson, J.A.; Roca, R.O.'Stegner, J.E.; King, V.; Howard, R. Effects on performance and carcass and meat quality attributes following immunocastration with the gonadotropin releasing factor vaccine Bopriva or surgical castration of Bos indicus bulls raised on pasture in Brazil. **Meat Sci.** 95: 78-84, 2013.
- AMSA - American Meat Science Association. Research guideliness for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago, 48 p, 1995.

- 823 Anderson, R.A. Chromium and insulin resistance. **Nutrition Research Reviews**. 16: 267-275,
824 2003.
- 825 Andrade, P.L.; Bressan, M.C.; Gama, L.T.; Gonçalves, T.M.; Ladeirs, M.M.; Ramos, E.M. Aged
826 meat quality in Red Norte and Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39: (8), 2010.
827 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000800023>
- 828 Andreo, N.; Bridi, A.M.; Tarsitano, M.A.; Peres, L.M. et al. Influência da imunocastração
829 (Bopriva) no ganho de peso, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore.
830 **Semin. Ciênc. Agrár.** 34: 4121-4132, 2013.
- 831 Aroeira, C.N. et al. Freezing, thawing and aging effects on beef tenderness from *Bos indicus* and
832 *Bos taurus* cattle. **Meat Sci.** 116: 118-125, 2016.
- 833 ASTM (American Society for Testing and Materials). Standard specification for tenderness
834 marketing claims associated with meat cuts derived from beef. Designation F2925-11.
835 [https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/F292511%20Standard%20Specification%](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/F292511%20Standard%20Specification%20for%20Tenderness.pdf)
836 [20for%20Tenderness.pdf](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/F292511%20Standard%20Specification%20for%20Tenderness.pdf). Acesso em: Junho de 2022)
- 837 Baggerman, J.O.; Smith, Z.K.; Thompson, A.J.; Kim, J.; Hergenreder, J.E. Whitney Rounds, W.;
838 Johnson, B.J. Chromium propionate supplementation alters animal growth performance,
839 carcass characteristics, and skeletal muscle properties in feedlot steers. **Transl. Anim. Sci.** 4:1-
840 14, 2020. doi: 10.1093/tas/txaa146.
- 841 Baker, J.F.; Long, C.R.; Posada, G.A. et al. Comparison of cattle of a five-breed diallel: Size,
842 growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **J. Anim. Sci.** 67: 1218-
843 1229, 1989.
- 844 Bergfeld, E. G. M.; Rasby, R. J.; Nielsen, M. K. et al. Heifers sired by bulls with either high or
845 low expected progeny differences (EPDs) for marbling do not differ in age at puberty. **Anim.**
846 **Reprod. Sci.** 40 (1995) 253-259, 1995.
- 847 Bertrand, J. K.; Green, R. D.; Herring, W. O. et al. Genetic evaluation for beef carcass traits. **J.**
848 **Anim. Sci.** 79 (ESuppl.) Online, 2001.
- 849 Bianchini, W.; Silveira, A.C.; Jorge, A.M.; Arrigoni, M.B.; Martins, C.L.; Rodrigues, É.; Hadlich,
850 J.C.; Andriquetto, C. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da
851 carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36(6):
852 2109-2117, 2007.
- 853 Bruna, J. M.; Ordóñez, J. A.; Fernández, M.; Herranz, B.; De La Hoz, L. Microbial and physico-
854 chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with
855 or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. **Meat Sci.**
856 59(1), 87-96, 2001.
- 857 Budde, A.M.; Sellins, K.; Lloyd, K.E.; Wagner, J.J.; Heldt, J.S.; Spears, J.W.; Engle, T.E. Effect
858 of zinc source and concentration and chromium supplementation on performance and carcass
859 characteristics in feedlot steers. **J. Anim. Sci.** 97, 1286-1295, 2019.
860 <https://doi.org/10.1093/jas/skz016>.
- 861 Calabro, S.; Cutrignelli, M.I.; Gonzalez, O.J.; Chiofalo, B.; Grossi, M.; Tudisco, R.; Panetta, C.,
862 Infascelli, F., 2014. Meat quality of buffalo young bulls fed faba bean as protein source. **Meat**
863 **Sci.** 96 (1), 591-596. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.08.014.
- 864 Campo, M. M.; Nute, G. R.; Hughes, S. I.; Enser, M.; Wood, J. D.; Richardson, R. I. Flavour
865 perception of oxidation in beef. **Meat Science**, 72(2), 303-311, 2006.

- 866 Chung, K. Y.; Smith, S. B.; Choi, S. H. Oleic acid enhances G protein coupled receptor 43
867 expression in bovine intramuscular adipocytes but not in subcutaneous adipocytes. **J. Anim.**
868 **Sci.** 2016.94:1875–1883, 2016.
- 869 Corbin, C.H.; O`Quinn, T.G.; Garmyn, A.J.; Legako, J.F.; Hunt, M.R.; Dinh, T.T.N.; Rathmann,
870 R.J.; Brooks, J.C.; Miller, M.F. Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying
871 marbling levels and quality treatments. **Meat Science.** 100: 24–31, 2015.
- 872 Correa, L.B.; Zanetti, M.A.; Claro, G.R.D.; Paiva, F.A.; Silva, S.L.; Netto, A.S. Effects of
873 supplementation with two sources and two levels of copper on meat lipid oxidation, meat colour
874 and superoxide dismutase and glutathione peroxidase enzyme activities in Nellore beef cattle.
875 **British Journal of Nutrition.** 112, 1266–1273, 2014.
- 876 Costa, C.; Rizzieri, R.; Melo, G.; Müller, L.; Estevan.; Pacheco, R.; Millen, D.; Pereira, A.;
877 Zannata, M.; Cappellozza, B.; Cervieri, R.; Martins, C.; Arrigoni, M. Effects of fatty acid
878 profile of supplements on intake, performance, carcass traits, meat characteristics, and meat
879 sensorial analysis of feedlot Bos indicus bulls offered a high-concentrate diet. **Transl. Anim.**
880 **Sci.** 4:1-20, 2020. doi: 10.1093/tas/txaa142
- 881 Du, M.; Tong, J.; Zhao, J.; et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant
882 animals. **J Anim Sci.** 88: E51–60, 2010.
- 883 Du, M.; Huang, Y.; Das, A.K.; et al. Meat science and muscle biology symposium: manipulating
884 mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef
885 cattle. **J Anim Sci.** 91:1419–27, 2013.
- 886 Duckett, S.K.; Wagner, D.G.; Yates, L.D.; Dolezal, H.G; May, S.G. Effects of time on feed on
887 beef nutrient composition. **J. Anim. Sci.** 71, 2079–2088, 1993.
- 888 Edenburn, B.M.; Kneeskern, S.G.; Bohrer, B. M.; Rounds, W.; Boler, D.D.; Dilger, A. C.; Felix,
889 T.L. Effects of supplementing zinc or chromium to finishing steers fed ractopamine
890 hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. **J. Anim. Sci.**
891 94:771–779, 2016. doi:10.2527/jas2015-9979.
- 892 Emerson, M. R.; Woerner, D.R.; Belk, K.E.; Tatum, J.D. Effectiveness of USDA instrument-
893 based marbling measure-ments for categorizing beef carcasses according to differ-ences
894 in longissimus muscle sensory attributes. **J. Anim. Sci.** 91:1024–1034, 2013.
895 doi:10.2527/jas.2012-5514
- 896 Ferrinho, A.M.; Moura, G.V.; Martins, T.S.; Muñoz, J.; Mueller, L.F.; Garbossa, P.L.M.; Amorim,
897 T.R.; Gemelli, J.L.; Fuzikawa, I.H.S.; Prado, C.; Silveira, J.C.S.; Poleti, M.D.; Baldi, F.;
898 Pereira, A.S.C. Rubia Gallega x Nelore crossbred cattle improve beef tenderness through
899 changes in protein abundance and gene expression. **Livestock Science.** 251: 104634, 2021.
- 900 Fiorentini, G.; Berchielli, T.T.; Santana, M.C.A.; Dian, P.H.M.; Reis, R.A.; Sampaio, A.A. M.;
901 Biehl, M.V. Qualitative characteristics of meat from confined crossbred heifers fed with lipid
902 sources. **Sci. Agric.** 69, 336–344, 2012a. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000500008>.
- 903 Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total
904 lipids from animal tissue. **J. Biol. Chem.** 226:497–509, 1957.
- 905 Fox, D.G.; Tedeschi, L.O.; Tylutki, T.P.; et al. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System
906 model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Anim. Feed Sci. Tech.** v.112, p.29-
907 78, 2004.

- 908 Genther-Schroeder, O.N.; Branine, M.E.; Hansen, S.L. The influence of supplemental Zn-amino
 909 acid complex and ractopamine hydrochloride feeding duration on growth performance and
 910 carcass characteristics of finishing beef cattle. **J. Anim. Sci.** 94, 4338–4345, 2016.
 911 <https://doi.org/10.2527/jas2015-0159>.
- 912 Gilbert, C. D.; Lunt, D.K.; Miller, R.K.; Smith, S.B. Carcass, sensory, and adipose tissue traits of
 913 Brangus steers fed casein-formaldehyde-protected starch and/or canola lipid. **J. Anim. Sci.**
 914 81:2457–2468, 2003. doi:10.2527/2003.81102457x.
- 915 Giuffrida-Mendoza, M., Arenas de Moreno, L., Huerta-Leidenz, N., Uzca'tegui-Bracho, S.,
 916 Valero-Leal, K., Romero, S., Rodas-González, A. Cholesterol and fatty acid composition of
 917 Longissimus thoracis from water buffalo (*Bubalus bubalis*) and Brahman-influenced cattle
 918 raised under savannah conditions. **Meat Sci.** 106: 44–49, 2015. doi:
 919 10.1016/j.meatsci.2015.03.024.
- 920 Gorocica-Buenfil, M.A.; Fluharty, F. L.; Bohn, T.; Schwartz, S.J.; Loerch, S.C. Effect of low
 921 vitamin A diets with high-moisture or dry corn on marbling and adipose tissue fatty acid
 922 composition of beef steers. **J. Anim. Sci.** 2007. 85:3355–3366, 2007.
- 923 Grayson, A.L. et al. Freezing and thawing or freezing, thawing, and aging effects on beef
 924 tenderness. **J. Anim. Sci.** 92: 2735-2740, 2014.
- 925 Gupta, R. K.; Arany, Z.; Seale, P. et al. Transcriptional control of preadipocyte determination by
 926 Zfp423. **Nature** 464, 619–623, 2010.
- 927 Hadlich, J.C. Metodologias de análise de maciez como parâmetro de qualidade de carne de bovinos
 928 de diferentes grupos genéticos e idades. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2004. 94p.
 929 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2004.
- 930 Holman, B.W.; van de Vem, R.J.; Mao, Y.; Coombs, E.E.; Hopkins, D.L. Using instrumental (CIE
 931 and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef color. *Meat Science*, 127:
 932 57-62, 2017.
- 933 Hunt, M.G.; Garmyn, A.J.; O'Quinn, T.G. Consumer assessment of beef palatability from four
 934 beef muscles from USDA Choice and Select graded carcasses. **Meat Sci.** 98:1, 2014.
- 935 Hunt, M. C., King, A., Barbut, S., Clause, J., Cornforth, D. P., Hanson, D., Mohan, AAMSA meat
 936 color measurement guidelines. Champaign, IL: **American Meat Science Association**, 2012.
- 937 Hwang, Y.H.; Joo, S.T. Fatty Acid Profiles of Ten Muscles from High and Low Marbled (Quality
 938 Grade 1++ and 2) Hanwoo Steers. **Korean J Food Sci Anim Resour.**36(5):679-688, 2016. doi:
 939 10.5851/kosfa.2016.36.5.679.
- 940 Jeremiah, L.E. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short or long-term distribution.
 941 **Food Res. Int.** 34, 749–772, 2001.
- 942 Juarez, M.; Failla, S.; Ficco, A.; Pena, F.; Aviles, C.; Polvillo, O. Buffalo meat composition as
 943 affected by different cooking methods. **Food Bio. Process.** 88 (2–3): 145–148, 2010.
 944 <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.05.001>.
- 945 Koohmaraie, M. Quantification of Ca²(+)-dependent protease activities by hydrophobic and ion-
 946 exchange chromatography. **J. Anim. Sci.** 68: 659-665, 1990.
- 947 Lawrie, R. A. **Ciência da carne** (6th ed.). Porto Alegre, Brazil: Artmed. (2004).
- 948 Lee, M.S.; Decker, E.A.; Faustman, C.; Mancini, R.A. The effects of antioxidant combinations on
 949 color and lipid oxidation in n-3 oil fortified ground beef patties. **Meat Sci.** 70 (4): 683–689,
 950 2005. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.02.017>.

- 951 Luciano, G.; Monahan, F.J.; Vasta, V.; Pennisi, P.; Bella, M.; Priolo, A. Lipid and colour stability
952 of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. **Meat Sci.** 82 (2): 193–199, 2009.
953 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.010>.
- 954 Mancini, R. A.; Ramanathan, R. Effects of postmortem storage time on color and mitochondria in
955 beef. **Meat Sci.** 98:65–70, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.007>.
- 956 McKenna, D. R.; Mies P. D.; Baird, B. E.; Pfeiffer, K. D.; Ellebracht, J.W.; Savell, J.W.
957 Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles.
958 **Meat Sci.** 70:665–682, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.02.016>
- 959 Meilgaard, M.; Civille, G.V.; Carr, B.T. **Sensory Evaluation Techniques.** Boca Raton: CRC
960 Press, 1990.
- 961 Melton, S. L.; Amiri, M.; Davis, G.W.; Backus, W.R. Flavor and chemical characteristics of
962 ground beef from grass-, forage-grain- and grain-finished steers. *J. Anim. Sci.* 55:77–87, 1982.
963 [doi:10.2527/jas1982.55177x](https://doi.org/10.2527/jas1982.55177x)
- 964 Metcalfe, L. D.; Schmitz, A.A.; Pelka, J.R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for
965 gas chromatographic analysis. **Anal. Chem.** 38:514–515, 1966.
- 966 Micha, R., Mozaffarian, D. Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease,
967 stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. **Lipids.** 45 (10), 893–905, 2010. [Doi: 10.1007/s11745-010-3393-4](https://doi.org/10.1007/s11745-010-3393-4).
- 969 Mokrzycki, W.S.; Taol, M. Colour difference Delta E- A survey. *Machine Graphics and Vision*,
970 20(4): 383–411, 2011.
- 971 Miller, M.F.; Carr, M.A.; Ramsey, C.B.; Crockett, K.L.; Hoover, L.C. Consumer thresholds for
972 establishing the value of beef tenderness. **J. Anim. Sci.** 79:3062–3068, 2001.
- 973 Morrison, W. R.; Smith, L.M. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from
974 lipids with boron fluoride-methanol. **J. Lipid Res.** 5:600–608, 1964.
- 975 Muchenje, V.; Dzama, K.; Chimonyo, M.; Strydom, P.E.; Hugo, A.; Raats, J.G. Some biochemical
976 aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chem.** 112 (2),
977 279–289, 2009. [Doi: 10.1016/j.foodchem.2008.05.103](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.103).
- 978 Nascimento, F.A.; Silva, N.C.; Prados, L.F.; Pacheco, R.D.L.; Johnson, B.J.; Cappellozza, B.I.;
979 Resende, F.D.; Siqueira, G.R. Calcium salts of fatty acids with varying fatty acid profiles in
980 diets of feedlot-finished *Bos indicus* bulls: impacts on intake, digestibility, performance, and
981 carcass and meat characteristics. **J. Anim Sci.** 98: 382, 2020. [Doi: 10.1093/jas/skaa382](https://doi.org/10.1093/jas/skaa382)
- 982 Oh, Y. S.; Smith, S.B.; Choi, C.B. Zinc increases differentiation of bovine intramuscular
983 adipocytes by suppressing nitric oxide production. **J. Anim. Sci.** 82(Suppl. 1):42. (Abstr.),
984 2004.
- 985 Oliveira, E.A.; Sampaio, A.A.M.; Henrique, W.; Pivarro, T.M.; Rosa, B.L.; Fernandes A.R.M.;
986 Andrade, A.T. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore young bulls fed with
987 different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science.** 90: 28–
988 35, 2012.
- 989 Olivo, R.; Guarnieri, P.D.; Shimokomaki, M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de
990 frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, 25:289,44-49, 2001.
- 991 Perkins, T. L.; Green, R. D.; Hamlin, K. E. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat
992 thickness and longissimus muscle area in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 70:1002–1010, 1992.

- 993 O'Quinn, T. G.; Brooks, J. C.; Polkinghorne, R. J.; Garmyn, A. J.; Johnson, B. J.; Starkey, J.D.;
 994 Rathmann, R. J.; Miller, M. F. Consumer assessment of beef strip loin steaks of varying fat
 995 levels. **J. Anim. Sci.** 90(2): 626–634, 2012.
- 996 Ramanathan, R.; Hunt, M. C.; Mancini, R.; Nair, M. N.; Denzer, M. L.; Suman, S. P.; Mafi, G. G.
 997 “Recent Updates in Meat Color Research: Integrating Traditional and High-Throughput
 998 Approaches”. **Meat and Muscle Biology** 4(2), 2020. doi: <https://doi.org/10.22175/mmb.9598>
- 999Ramírez-Zamudio, G.D.; Cruz W.F.G.; Schoonmaker, J.P.; Resende, F.D.; Siqueira, G.R.;
 1000 Machado Neto, O.R., Gionbelli, T.R.; Teixeira, P.D.; Rodrigue, L.M.; Gionbelli, M.P.; Ladeira,
 1001 M.M. Effect of rumen-protected fat on performance, carcass characteristics and beef quality of
 1002 the progeny from Nellore cows fed by different planes of nutrition during gestation. **Livestock**
 1003 **Science**. 258.104851, 2022. Doi: 10.1016/j.livsci.2022.104851
- 1004 Ramos, E.M.; Gomide, L.A.M. Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias.
 1005 Editora UFV, Viçosa, 2007.
- 1006 Renna, M.; Brugiapaglia, A.; Zanardi, E.; Destefanis, G.; Prandini, A.; Moschini, M.; Sigolo, S.;
 1007 Lussiana, C. Fatty acid profile, meat quality and flavour acceptability of beef from double-
 1008 muscled Piemontese young bulls fed ground flaxseed. Ital. **J. Anim. Sci.** 18 (1): 355–365, 2019.
 1009 <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1530958>.
- 1010 Restle, J.; Vaz, F.N. Eficiência e qualidade na produção de carne bovina. In: Reunião Anual da
 1011 Sociedade Brasileira de Zootecnia, 40., Santa Maria. Palestras. **Sociedade Brasileira de**
 1012 **Zootecnia**, 2003.
- 1013 Roça, R.O. Tecnologia da carne e produtos derivados. Bortucatu: Universidade Estadual Paulista,
 1014 Departamento de gestão e tecnologia afroindustrial, p.201, 2001.
- 1015 Rooney, L.W.; Pflugfelder, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on
 1016 shorghum and corn. **J. Anim. Sci.**, 63(5):1607-1623, 1986.
- 1017 Sainz, R.D.; Vernazza R.F.P. Effect of different grazing and feeding periods on performance and
 1018 carcass traits of beef steers. **J. Animal.Sci.** 82: 292, 2004
- 1019 Santana, M.; Fiorentini, G.; Dian, P.; Canesin, R.; Messana, J.; Oliveira, R.; Reis, R.; Berchielli,
 1020 T.T. Growth performance and meat quality of heifers receiving different forms of soybean oil
 1021 in the rumen. **Anim. Feed. Sci. Technol.** 194:35–43, 2014.
- 1022 Sañudo, C.; Enser, M.E.; Campo, M.M. et al. Fatty acid composition and sensory characteristic of
 1023 lamb carcasses from Britain and Spain. **Meat Science**. 54: 339-346, 2000.
- 1024 Savell, J.W.; Cross, H.R. The role of fat in the palatability of beef, pork, and lamb. In: **Designing**
 1025 **Foods: Animal Product Options in the marketplace**. Washington: National Academic Press,
 1026 1988.
- 1027 Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L.; Whipple, G. et al. An evaluation of tenderness of the longissimus
 1028 muscle of Angus by Hertford versus Brahman crossbred heifers. **J. Anim. Sci.** 69: 71-177, 1991.
- 1029 Smith, S.B. Marbling and Its Nutritional Impact on Risk Factors for Cardiovascular Disease.
 1030 **Korean J. Food Sci. An.** 36(4): 435-444, 2016.
- 1031 Smith, S. B.; Johnson, B.J. Marbling: management of cattle to maximize the deposition of
 1032 intramuscular adipose tissue. **J. Anim. Sci.** 94:382, 2016. doi:10.2527/jam2016-0794.
- 1033 Silva, S.L.; Leme, P.R.; Putrino, S.M.; Pereira, A.S.C.; Valinote, A.C.; Filho, J.C.M.N.; Duarte
 1034 Lanna, D.P.D. Fatty acid composition of intramuscular fat from Nellore steers fed dry or high
 1035 moisture corn and calcium salts of fatty acids. **Livestock Science**. 122: 290–295, 2009. Doi:
 1036 10.1016/j.livsci.2008.09.013

- 1037 Spears, J.W. Micronutrients and immune function in cattle. **Proc. Nutr. Soc.** 59, 587–594, 2000.
- 1038 Stajić, S., Živković, D., Perunović, M., Šobajić, S., Vranić, D. Cholesterol content and
 1039 atherogenicity of fermented sausages made of pork meat from various breeds. **Proc. Food Sci.**
 1040 1:568–575, 2011. Doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.086.
- 1041 St. John, L. C.; Lunt, D. K.; Smith, S. B. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities
 1042 of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. **J. Anim. Sci.** 69:1064–1073,
 1043 1991. DOI: 10.2527/1991.6931064x
- 1044 Tang, J.; Faustman, C.; Hoagland, T.A.; Mancini, R.A.; Seyfert, M.; Hunt, M.C. Postmortem
 1045 oxygen consumption by mitochondria and its effects on myoglobin form and stability. **J. Agr.**
 1046 **Food Chem.** 53:1223–1230, 2005. <https://doi.org/10.1021/jf048646o>.
- 1047 Uezumi, A.; Ito, T.; Morikawa, D.; et al. Fibrosis and adipogenesis originate from a common
 1048 mesenchymal progenitor in skeletal muscle. **J Cell Sci.** 124:3654–64, 2011.
- 1049 Underwood, E.J. The Mineral Nutrition of Livestock. **2nd ed. Commonwealth Agricultural**
 1050 **Bureaux**, Farnham Royal, UK, 1981.
- 1051 Vahmani, P.; Ponnampalam, E.N.; Kraft, J.; Mapiye, C.; Bermingham, E.N.; Watkins, P.J.;
 1052 Proctor, S.D.; Dugan, M.E.R. Bioactivity and health effects of ruminant meat lipids. Invited
 1053 Review. **Meat Sci.** 165: 108114, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108114>.
- 1054 Vellini, B.L.; Prados, L.F.; Monção, F.P.; Fireman, A.K.; Resend, F.D.; Siqueira, G.R. Zinc amino
 1055 acid complex in association with chromium methionine improves the feed efficiency of finished
 1056 Nellore cattle in the feedlot. **Animal Feed Science and Technology.** 262: 114430, 2020.
- 1057 Visioli, F.; Poli, A. Fatty acids and cardiovascular risk. Evidence, lack of evidence, and diligence.
 1058 **Nutrients.** 12 (12): 3782–3801, 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12123782>
- 1059 Wheeler, T.L.; Savell, J.W.; Croos, H.R. Mechanisms associated with the variation in the
 1060 tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **J. Anim Sci.**, 68: 4206–4220, 1990.
- 1061 Wheeler, T.L.; Cundiff, L.V; Koch, R.M. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos*
 1062 *taurus* and *Bos indicus* cattle. **J Anim Sci.** 72:3145–51, 1994.
- 1063 Wood, J.D.; Enser, M.; Fisher, A.V.; Nute, G.R.; Sheard, P.R.; Richardson, R.I.; Hughes, S. I.;
 1064 Whittington, F.M. Fat deposition, fatty acid composition, and meat quality: a review. **Meat Sci.**
 1065 78 (4): 343–358, 2008. Doi:10.1016/j. meatsci.2007.07.019.
- 1066 Wyrwisz J.; Moczowska M.; Kurek M.; Stelmasiak A.; Półtorak A.; Wierzbicka A. Influence of
 1067 21 days of vacuum-aging on color, bloom development, and WBSF of beef
 1068 semimembranosus. **Meat Sci.** 122:48–54, 2016.