

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

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA
PRODUTIVA DE BOVINOS CONFINADOS**

ANTONIO MARCOS SILVESTRE

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

BOTUCATU – SP
Dezembro de 2022

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

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA
PRODUTIVA DE BOVINOS CONFINADOS**

ANTONIO MARCOS SILVESTRE

Orientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen

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

BOTUCATU – SP
Dezembro de 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

Silvestre, Antonio Marcos.

Estratégias nutricionais para otimização da eficiência
produtiva de bovinos confinados / Antonio Marcos
Silvestre. - Botucatu, 2022

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

Orientador: Danilo Domingues Millen
Coorientador: Margarida Maria Barros
Coorientador: José Roberto Sartori
Capes: 50400002

1. Confinamento (Animais). 2. Eficiência alimentar. 3.
Energia. 4. Nelore (Bovino).

Palavras-chave: Confinamento; Eficiência; Energia;
Marmoreio; Nelore.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Antonio Marcos Silvestre, nascido em Cerqueira César – SP, em 12 de outubro de 1992. Coursou o ensino fundamental na escola Prof. José Leite Pinheiros, e o ensino médio na escola ETEC prefeito José Esteves, onde realizou curso técnico em agropecuária, ambos na cidade de Cerqueira César – SP. Iniciou sua graduação em Zootecnia na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Botucatu – SP no ano de 2012. Durante a graduação realizou projeto de iniciação científica na área de Isótopos Estáveis sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Cyntia Ludovico Martins. Realizou seu estágio curricular na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, campus de Dracena e obteve grau de Zootecnista em dezembro de 2016. Em março de 2017 ingressou no curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal no programa interunidades dos campi de Ilha Solteira e Dracena da Unesp, onde desenvolvem a pesquisa intitulada “Predicting feedlot cattle performance from intake of dry matter and NEg early in the feeding period”, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal em janeiro de 2019. Neste mesmo ano iniciou doutorado pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, campus de Botucatu – SP, onde desenvolveu pesquisas com levantamento de dados com os nutricionistas brasileiros publicada sob o título “The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists”, um projeto de pesquisa com consumo alimentar residual e sua relação com o microbioma, publicado e intitulado “Relationships of the rumen epithelium development associated with microbial communities for divergent residual feed intake in Nellore bulls by feedlot finishing” e por fim, um projeto de pesquisa utilizando avaliando o processamento do milho e inclusão de gorduras nas dietas intitulado “Protocolos nutricionais para aumentar o marmoreio na carcaça de bovinos nelore confinados classificados pela diferença esperada na progênie”, as quais estão sendo apresentadas nesta tese.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meu pai Pedro Silvestre e minha avó Antonia Huggler “*in Memoriam*” que sempre me apoiaram ao longo de minha carreira acadêmica, e nunca mediram esforços para me ajudarem. Por terem me educado e mostrado a importância de realizar um bom trabalho independente do que e para quem seja.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, pela vida e pelo discernimento durante cada decisão as quais me trouxeram até aqui.

À minha família, que se sempre me incentivou a ir atrás de meus sonhos, nunca me deixando faltar amor, carinho, respeito e acima de tudo: fé. Vocês são os maiores responsáveis por toda esta jornada que tenho feito até aqui e é desta forma que tento retribuir toda confiança que depositaram em mim durante todos estes anos.

Ao meu orientado Prof. Dr. Danilo Domingues Millen, pela orientação, e por ter acreditado em mim durante estes 7 anos que estamos trabalhando juntos, e pela paciência durante os projetos desenvolvidos.

Também gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Mario De Beni Arrigoni, professora Cyntia Ludovico Martins e Gustavo Durante Cruz que estiveram presentes ao longo de minha formação acadêmica, e sem dúvidas contribuíram expressivamente.

A empresa Jr Nutrir (UNESP/Botucatu) e ao grupo de estudos Neel e Neru (UNESP/Dracena), os quais foram de extrema importância em minha iniciação dos trabalhos acadêmicos e aprimoramento, nos quais também tive a oportunidade de crescimento pessoal e profissionalmente.

À UNESP de Botucatu e de Dracena pela oportunidade de tanto aprendizado e a toda a estrutura fornecida para o desenvolvimento do estudo.

À CAPES e a FAPESP pelas bolsas de estudos e pelo financiamento dos recursos utilizados na condução desta pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. E pela bolsa oferecida pela FAPESP (Processo nº 2019/20164-4).

À Nutricorp pelo financiamento de parte dos recursos da pesquisa, obrigado por acreditar e confiar no trabalho de nossa equipe.

Aos meus colegas de pós-graduação que dividiram este experimento comigo, Mariana, Breno e Luana, meu muito obrigado pela paciência e pela ajuda durante a realização do experimento e das análises.

Também não poderia deixar de fora os demais membros da equipe de pós-graduação, Ana Carolina “capada” que sempre me auxiliou desde que cheguei em Dracena e por quem tenho um grande carinho. Ao Thaiano Iranildo, meu colega de doutorado e grande amigo, importado diretamente da Paraíba, que tirando suas dores no joelho e nos dentes, sempre me ajudou e se fez presente durante o experimento.

À equipe de trabalho que embora reduzida sempre foram meus “braços direitos” ao decorrer do experimento: Ana Carolina “capada”, Breno “broxa”, Daniel “resto”, Katia “geyse”, Leandro “wrap”, Luana “jersey”, Thaiano “titin”, Vanessa “velma”, Lidiane “lidi”, Werner “Mec-Nek”.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (UNESP), Campus de Dracena, a todos os técnicos e companheiros envolvidos que sempre estiveram presente para auxiliar no manejo: Alan, Adriano Crudo, Zé Nilton, Fábio, João Paulo, Arnaldo e Adriano pela forma profissional que encararam este desafio.

Aos meus grandes amigos e companheiros de profissão, nos quais me espelho profissionalmente: André Luiz Nagatani Rigueiro e Murillo Ceola Stefano Pereira.

A todos que não foram citados aqui e que, de alguma forma ou outra, deram sua contribuição para que essa tese fosse concluída.

MUITO OBRIGADO!

EPIÍGRAFE

“Depois de algum tempo você aprende (...), e começa a aceitar suas derrotas com a cabeça erguida e olhos adiante, com a graça de um adulto e não com a tristeza de uma criança, (...) descobre que se leva muito tempo para se tornar a pessoa que quer ser, e que o tempo é curto. (...) Aprende que não importa onde já chegou, mas onde está indo, mas se você não sabe para onde está indo, qualquer lugar serve. (...) Aprende que heróis são pessoas que fizeram o que era necessário fazer, enfrentando as consequências.”

Um dia você aprende - Willian Shakespeare

“É impossível um homem aprender aquilo que ele acha que sabe.”

Epictetus

RESUMO GERAL

Esta tese contém dados de 3 estudos desenvolvidos durante o período de doutorado. O estudo 1 reporta os avanços dentro da produção de bovinos em confinamento, trazendo as atualizações de manejo e nutrição empregados por nutricionistas que atendem os confinamentos que foram alcançados por nossa pesquisa por meio de questionário e que aceitaram participar no período de dezembro de 2019 a janeiro de 2020. No estudo 2 realizado de junho a outubro de 2019 com 27 animais Nelore não castrados, e avaliou a variação na comunidade microbiana dos animais classificados em grupos de baixo, médio e alto consumo alimentar residual (CAR), além de variáveis de desempenho. No estudo 3 foi avaliado o efeito da elevação no nível energético das dietas seja pelo aumento da extensão de processamento do milho (Milho moído fino vs. Silagem de Grão Úmido), associados a inclusão de sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG) ou aliados ao uso de zinco e cromo orgânicos. O estudo foi realizado de julho a outubro de 2020, em que estes protocolos nutricionais foram avaliados em animais Nelore não castrados separados pelas DEP's para o marmoreio em alto e baixo, foram avaliados os efeitos dos protocolos e da DEP sobre o desempenho, morfometria ruminal e as características de carcaça e comportamento ingestivo. Os resultados (Estudo 1) mostraram que os confinamentos brasileiros têm incrementado tecnologias para o manejo, como pudemos notar pela maior inclusão de grãos as dietas, melhora no volumoso utilizado, elevação nos níveis de concentrado, isso em decorrência do melhor controle da produção, pelo manejo e controle na distribuição das dietas e no controle da efetividade da dieta pelo uso do FDNfe. O estudo 2 mostrou que diferenças no CAR não foram atribuídas a diferenças na comunidade microbiana. Por fim no estudo 3 o processamento do milho na forma de silagem melhorou o desempenho dos animais, da mesma forma como a inclusão de SCAG. Houve interações entre o tratamento e as DEP's, mostrando que animais de alta DEP para marmoreio necessitem de menores incrementos em níveis energéticos para melhorar a sua deposição de gordura subcutânea, enquanto que animais de baixa DEP para marmoreio necessitem de maiores níveis energéticos para isso.

Palavras-chave: Confinamento, Eficiência, Energia, Marmoreio, Nelore.

ABSTRACT

This thesis contains data from 3 studies developed during the doctoral period. Study 1 reports the advances in cattle production in feedlots, bringing the management and nutrition updates employed by nutritionists who attend the feedlots that were reached by our research through a questionnaire and who agreed to participate in the period from December 2019 to January de 2020. Study 2 carried out from June to October 2019 with 27 Nelore bulls animals evaluated the variation in the microbial community of animals classified into groups of the low, medium, and high residual feed intake (RFI), in addition to performance variables. In study 3, the effect of increasing the energy level of the diets was evaluated either by increasing the extent of corn processing (fine ground corn vs. Moist Grain Silage), associated with the inclusion of calcium salts of fatty acids (SCAG) or combined with the use of organic zinc and chromium. The study was carried out from July to October 2020, in which these nutritional protocols were evaluated in Nelore bulls animals separated by DEPs for high and low marbling, the effects of protocols and DEP on performance, ruminal morphometry and carcass traits, and ingestive behavior. The results (Study 1) showed that Brazilian feedlots have increased technologies for management, as we could see by the greater inclusion of grains in the diets, improvement in forage used, and increase in concentration levels, this is a result of better control of production, through management and control in the distribution of diets and in the control of the effectiveness of the diet through the use of FDNfe. Study 2 showed that differences in CAR were not attributed to differences in the microbial community. Finally, in study 3, the processing of corn as silage improved the performance of the animals, in the same way as the inclusion of SCAG. There were interactions between treatment and DEPs, showing that animals with high DEP for marbling need smaller increments in energy levels to improve their subcutaneous fat deposition, while animals with low DEP for marbling need higher energy levels for this.

Keywords: Feedlot, Efficiency, Energy, Marbling, Nelore.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
ADG	Average Daily Gain
AFRC	Agricultural and Food Research Council
AG	Ácidos Graxos
AGMI	Ácidos Graxos Monoinsaturados
AGPI	Ácidos Graxos Poli-insaturados
AGS	Ácidos Graxos Saturados
AOL	Area de Olho de Lombo
ASA	Absorptive surface area
BW	Bady Weight
BW	Body Weight
CA	Conversão Alimentar
CAR	Consumo Alimentar Residual
CNCPS	Cornell Net Carbohydrate and Protein System
CP	Crude Protein
CP	Crude Protein
DDG	Dried Distillers Grains
DEP	Diferença Esperada na Progénie
DM	Dry Matter
DMI	Dry Matter Intake
EA	Eficiencia Alimentar
EM	Energia Metabolizável
ERDM	Eating rate of DM
ERNDF	Eating rate of NDF
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food and Agriculture Organization
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FDNfe	Fibra em Detergente Neutro Fisicamente efetiva
GMD	Ganho Médio Diário
GPR43	Receptor Proteico G43
HCW	Hot Carcass Weight

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMS	Ingestão de Matéria Seca
KPH	Kidney Pelvic and Heart Fat
LMA	Longissimus Muscle Area
LRNS	Large Ruminant Nutrition System
ME	Metabolizable Energy
MO	Matéria Orgânica
MPA	Mean papillae area
MS	Matéria Seca
NASEM	National Academies of Sciences, Engineering and Medicine
NDF	Neutral Detergent Fiber
NEg	Net Energy Gain
NOP	Number of Papillae per square centimeter
NRC	National Research Council
OM	Original matter
OTU	Operational Taxonomic Units
PCQ	Peso de Carcaça Quente
peNDF	Physically Effective Neutral Detergent Fiber
Ph.D	Philosophiae Doctor
PPAR γ	Receptores Ativados por Proliferadores de Peroxissomo gama
RDP	Rumen Degradable Protein
RDP	Rumen Degradable Protein
RFI	Residual Feed Intake
RG	Residual BW Gain
RLM	Ração de Lucro Máximo
RLM	Ração de Lucro Maximo
RRDM	Rumination rate of DM
RRNDF	Rumination rate of NDF
SCAG	Sais de Cálcio de Ácidos Graxos
SCFA	Short-Chain fatty acids
TDN	Total Digestible Nutrients
USA	United State of America
USDA	United States Department of Agriculture

WDG	Wet Distillers Grains
YG	Yield Grade
ZFP423	Proteína ligante de zinc

Sumário

CAPÍTULO 1 “Considerações iniciais”	17
1 Introdução.....	15
2 Revisão de Literatura	16
2.1. Avanços no confinamento de bovinos no Brasil	16
2.2. Desenvolvimento tecidual e crescimento.....	17
2.2.1. Desenvolvimento miogênico.....	18
2.2.2. Desenvolvimento adipogênico	19
2.3. Características fenotípicas dos animais e seleção genética.....	20
2.4. Inclusão e Processamento do milho nas dietas	22
2.5. Estratégias dietéticas para elevação no nível energético	24
2.6. Utilização de minerais orgânicos para maximizar a atividade metabólica a nível celular.....	27
Objetivos Gerais	28
CAPÍTULO 2 “The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists”.....	15
ABSTRACT	16
1. Introduction.....	16
2. Material and Methods.....	17
2.1. Nutritionists and data collection	17
2.2. Survey questions	18
2.3. Data analyses	18
3. Results	19
3.1. General information.....	19
3.2. Information on grains and energy levels.....	20
3.2.1. Grains	20
3.2.2. Grain processing methods	22
3.2.3. Average inclusion level of grain and concentrate	22
3.3. Sources of information on feed energy values.....	23
3.4. Use of coproducts	27
3.5. Roughage sources, levels, and methods of fiber analysis.....	27
3.5.1. Roughage sources and levels.....	27
3.5.2. Methods of fiber analysis	29

3.6.	Receiving programs and adaptation methods for cattle.....	29
3.6.1.	Receiving programs.....	29
3.6.2.	Adaptation methods.....	31
3.7.	General feeding and bunk management.....	33
3.7.1.	Mixers	33
3.7.2.	Feed delivery and mixing.....	34
3.7.3.	Water trough cleaning and sprinklers.....	35
3.8.	Management of newly received cattle	36
3.9.	Cattle performance information.....	36
3.10.	Recommended nutrient composition for finishing diets.....	38
3.10.1.	Fat.....	38
3.10.2.	Protein	41
3.10.3.	Macro minerals.....	41
3.10.4.	Trace minerals	42
3.10.5.	Vitamins	42
3.10.6.	Feed additives.....	42
3.11.	Sources of information.....	44
3.12.	Problems reported by the nutritionists	44
3.12.1.	Health problems	44
3.12.2.	Major challenges	44
4.	Discussion	15
4.1.	General information.....	15
4.2.	Information on grains and energy levels.....	16
4.3.	Sources of information on feed energy values.....	18
4.4.	Use of coproducts	18
4.5.	Roughage sources and levels and fiber analysis methods	19
4.6.	Cattle adaptation methods.....	20
4.7.	General feeding and bunk management.....	21
4.8.	Management of newly received cattle	23
4.9.	Cattle performance information.....	24
4.10.	Recommended nutrient composition for finishing diets.....	24
4.11.	Sources of information.....	26
4.12.	Problems reported by the nutritionists	27

5. Conclusions	27
CAPÍTULO 3 “Relationships of the Microbial Communities with Rumen Epithelium Development of Nellore Cattle Finished in Feedlot Differing in Phenotypic Residual Feed Intake”	
Abstract:	15
1. Introduction	15
2. Materials and Methods	17
2.1. Description of Animals, Feeding and Management	17
2.2. Determination of Treatment by Divergence of RFI Groups	18
2.3. DMI Variations	19
2.4. Feeding Behavior and Particle Sorting	19
2.5. Ruminal and Cecum Morphometrics	20
2.6. Collection and Preparation of Rumen Samples	21
2.7. Statistical Analysis.....	22
3. Results	22
3.1. Feedlot Performance and Carcass Characteristics	23
3.2. Feeding Behavior and Selective Consumption	25
3.3. Rumenitis and Rumen and Cecum Morphometrics	26
3.4. Ruminal Protozoa Counting.....	27
3.5. Ruminal Bacterial Community Composition	28
4. Discussion.....	29
5. Conclusions	32
References	33
CAPITULO 4 “Protocolos nutricionais para aumentar o marmoreio na carcaça de bovinos Nelore confinados classificados pela diferença esperada na progênie”	
RESUMO	42
1. Introdução	42
2. MATERIAL E MÉTODOS	45
2.1. Animais e local do experimento	45
2.2. Delineamento experimental	45
2.3. Manejo, arraçãoamento e cuidado com os animais	46
2.4. Desempenho produtivo	48
2.5. Flutuação do consumo de massa seca	48

2.6.	Energia líquida observada.....	48
2.7.	Comportamento ingestivo.....	48
2.8.	Seletividade da ração por meio da <i>Penn State Particle Separator</i> (PSPS)	49
2.9.	Hormônios metabólicos e metabólitos.....	49
2.10.	Características de carcaça	50
2.10.1.	Variáveis calculadas	50
2.11.	Abscessos hepáticos.....	50
2.12.	Incidência de rumenites e morfometria das papilas ruminais	51
3	Análise Estatística	52
4	Resultados	52
4.1.	Efeitos do processamento e da inclusão de SCAG	52
4.2.	Interação entre processamento do milho e inclusão de SCAG	63
4.3.	Interação entre os tratamentos e a DEP	65
4.4.	Efeito da inclusão de Zn e Cr orgânicos	74
5	Discussão.....	74
6	Considerações.....	77
7	Referências	78

CAPÍTULO 1 “Considerações iniciais”

1 1 Introdução

2 A indústria de gado de corte no Brasil é caracterizada por animais terminados em pastagem,
3 de modo que apenas 15,62% do abate total no país são de animais provenientes de sistema de
4 confinamento (ABIEC 2021), embora este número ainda seja pequeno, tem apresentado um
5 elevado crescimento nos últimos anos, bem como uma evolução quanto as técnicas de manejo
6 adotadas. Um exemplo das mudanças no mercado é apresentado nas pesquisas com
7 nutricionistas de confinamento, realizadas para descrever práticas nutricionais e de manejo
8 adotadas nos confinamentos nos EUA (Galyean, 1996; Galyean e Gleghorn, 2001; Vasconcelos
9 e Galyean, 2007; Samuelson et al. 2016), e no Brasil (Millen et al. 2009; Oliveira e Millen
10 2014; Pinto e Millen 2019; Silvestre e Millen 2021). Estas pesquisas são de extrema importância
11 para traçar a evolução das técnicas empregadas pelos nutricionistas, bem como um comparativo
12 entre o manejo norte americano com o do Brasil.

13 Embora muito do manejo utilizado nos confinamentos brasileiros tenham sido importadas
14 dos EUA, precisaram ser adaptadas uma vez que, o padrão racial dos animais criados no Brasil
15 difere dos norte-americanos. Porém os principais programas para formulação de dietas têm por
16 base na composição de suas equações de predição, bem como exigências nutricionais, animais
17 *Bos taurus*, de modo que, informações eram limitadas sobre as exigências nutricionais dos
18 bovinos *Bos indicus* (Chizzotti et al., 2008). Desse modo Valadares Filho et al. (2006; 2016)
19 avaliaram as exigências e desenvolveram modelos utilizando dados nacionais.

20 Grande parte dos animais terminados em confinamentos no Brasil não são castrados
21 buscando melhorar a eficiência (Owens et al. 1993). A procura por melhores eficiências dos
22 animais têm sido almejadas pela indústria de confinamento, já que os custos de produção têm
23 cada vez mais impacto sobre a lucratividade da atividade. Dessa forma muitos trabalhos tem
24 avaliado a eficiência relacionada ao aproveitamento dos nutrientes da dieta pelo animal
25 (Nascimento et al. 2015; Pereira et al. 2016), como também fatores físicos da dieta que
26 melhorem o aproveitamento dos nutrientes.

27 O consumo alimentar residual (**CAR**) é uma das métricas utilizada para avaliar a eficiência
28 dos animais, proposto por Koch et al. (1963), é calculado como a diferença entre a ingestão
29 observada (de matéria seca ou energia) e o consumo esperado de alimentos, estimado por
30 regressão no peso vivo metabólico e no ganho de peso. Porém, seleção para CAR, apresenta

alguns inconvenientes à lucratividade da indústria de carne bovina, pois pode afetar a qualidade da carcaça (Nkrumah et al. 2007; Moraes et al. 2017).

Entretanto, a redução na deposição de gordura na carcaça dos animais pode acarretar problemas na indústria e no varejo (Shook et al. 2008). A indústria se preocupa com a camada mínima de gordura subcutânea na carcaça para o processo de resfriamento no estabelecimento do *Rigor mortis*, para que esse processo não seja acelerado. Porém o varejo tem buscado cada vez mais características mais específicas na carne, o que tem pressionado a indústria a se esforçarem na padronização de seus cortes. Pesquisas foram desenvolvidas ao longo dos anos em alguns estados dos Estados Unidos, para auditar as principais preocupações de qualidade para os varejistas, além de ser uma importante ferramenta para elaborar metas e objetivos para melhorar a qualidade, consistência e valor da carne bovina (Smith et al., 1992, 1995). Na última auditoria realizada por Boykin et al. (2017) observou-se um aumento no percentual de carcaças com classificação USDA Prime e Choice, bem como a frequência de USDA yield grade (YG) 4 e 5. Esses resultados indicam segundo os autores, que embora a indústria esteja melhorando a qualidade da carne produzida, há também um aumento no peso e na gordura. Para garantir a uniformidade para o mercado de cortes, parece essencial a comunicação entre o produtor, a indústria e o varejo, já que muitos dos quesitos referentes a qualidade das carcaças são características que podem ser manipuladas através do manejo nutricional dos animais, de modo a alterar o local de depósito, seja ele de músculo ou gordura na carcaça.

2 Revisão de Literatura

2.1. Avanços no confinamento de bovinos no Brasil

A pesquisa com gerentes e consultores de confinamento tem sido uma ferramenta para atualizar as técnicas empregadas no campo pelos profissionais, como também estabelecer um paralelo com as pesquisas que são desenvolvidas nos centros de pesquisa e universidades. Estas pesquisas sejam elas desenvolvidas no Brasil (Millen et al., 2009; Oliveira e Millen 2014; Pinto e Millen 2019; Silvestre e Millen 2021) ou as feitas nos Estados Unidos (; Vasconcelos e Galyean, 2007; Samuelson et al., 2016) trazem um cenário da evolução das técnicas ao longo dos anos dentro do setor, sendo recursos úteis tanto para a indústria quanto para as comunidades científicas, fornecendo parâmetros de referência para procedimentos operacionais padrão usados na indústria de terminação de bovinos.

Dentro do cenário atual levantado por Silvestre e Millen (2021) foi constatado que o peso de abate dos animais nas indústrias frigoríficas tem aumentado durante os anos, saindo de um peso de 500,7kg em 2009 (Millen et al., 2009) para 555,8kg em 2019, sem que o peso inicial alterasse. Fato este que pode estar relacionado ao maior custo de aquisição da reposição, levando os confinadores a explorarem melhor a carcaça dos animais, o que leva os animais a ficarem mais dias no cocho (Silvestre e Millen, 2021).

Além disso os níveis de inclusão de grãos nas dietas têm aumentado, onde em 2009 42% dos confinamentos adotavam inclusões abaixo de 51% de grãos (Millen et al. 2009), atualmente apenas 11,6% trabalham abaixo deste nível (Silvestre e Millen, 2021). Somando-se a isso melhorou-se também a extensão de processamento do milho utilizado nas dietas, em que, a maioria dos nutricionistas processam o milho como finamente moído (44,4%), fazem silagem do grão úmido (13,9%) ou reconstituem (2,8%), o que soma um total de 61,1% dos confinadores utilizando processamento que melhoram o aproveitamento do amido (Owens e Goetsch, 1986a) e consequentemente os níveis energéticos das dietas (Owens et al., 1986b).

Juntamente com a maior inclusão de concentrado as dietas, aliado a melhor extensão no processamento dos grãos, a qualidade nutricional do ingrediente volumoso utilizado nas dietas também melhorou, em que, 2009 a principal fonte era cana picada, atualmente a silagem de milho é a fonte utilizada por 69,4% dos nutricionistas (Silvestre e Millen, 2021). Isso foi possível em virtude da melhoria no manejo dentro das atividades, como pode ser visto pelos dados de controle de fibra das dietas que em 2009 empregava-se apenas os valores de fibra em detergente neutro (FDN; 72,2%) e na última pesquisa 80,6% dos nutricionistas adotaram o FDN fisicamente efetivo (FDNfe) que fornece uma seguridade melhor para saúde ruminal dos animais, da mesma forma o controle da mistura e distribuição da dieta pela utilização de vagão misturador e distribuidor melhorou a qualidade da mistura entregue aos animais. O conjunto dos resultados mostrado por estas pesquisas mostram que o manejo dentro das práticas de confinamento no Brasil tem passado por muitos avanços por meio do emprego de tecnologias junto ao sistema produtivo.

2.2. Desenvolvimento tecidual e crescimento

Segundo Owens et al. (1993) o crescimento líquido é a diferença entre síntese e degradação do tecido corporal, sendo que a maior parte dos mamíferos nasce com quase todo o seu complemento de fibras musculares esqueléticas. A hiperplasia muscular ocorre

principalmente no pré-natal (Allen et al., 1979), e o número de fibras musculares aumenta apenas ligeiramente após o parto (Bergen e Merkel, 1991). O crescimento pós-natal da massa muscular ocorre através da hipertrofia e através da replicação e incorporação de células satélites (Goldspink, 1962, 1968, 1991). Inúmeros fatores foram elucidados que regulam o número de fibras musculares e de núcleos (Goldspink, 1991).

2.2.1. Desenvolvimento miogênico

O desenvolvimento da deposição dos tecidos que compõe o corpo dos animais apresenta intensidade de deposição variáveis ao longo da vida dos animais. Hammond (1932) e McMeekan (1940) caracterizaram pela primeira vez a ordenação desta deposição como sendo a estrutura óssea a primeira a ser desenvolvida seguida pela musculatura e por fim o tecido adiposo.

O tecido muscular que tem sua formação fibrilar na fase pré-natal, apresenta grande impacto sobre a crescimentos dos animais nas fases de criação (Dauncey e Harrison, 1996), já que, após o nascimento não há mais hiperplasia muscular. O processo de miogênese pode ser dividido em duas fases, sendo que a fase primária compreende a fase embrionária da gestação, em que são formados os modelos para a miogênese na fase secundário, esta compreende cerca de meados da gestação até o final (Bonnet et al., 2010). É na fase secundária que os miogênicos são fundidos e as fibras musculares são formadas ainda a fase fetal por volta de meados da gestação (Zhu et al., 2004). Porém por a proliferação de células precursoras miogênicas serem altamente sensíveis a nutrientes e regulação endócrina, a nutrição materna e a condição fisiológica afetam a proliferação e abundância de células miogênicas e subsequente formação de fibras musculares (Zhu et al., 2004, 2008; Tong et al., 2009; Yan et al., 2010), sendo a miostatina um importante regulador da proliferação de células miogênicas.

Passado o desenvolvimento gestacional do indivíduo, a fase pós-natal esta totalmente a depender do desenvolvimento da fase pré-natal, uma vez que, aqui o crescimento muscular ocorre por hipertrofia muscular (Brameld et al., 2000), se baseia em células satélites musculares, que dão origem a maioria dos núcleos das fibras musculares adultas (Allen et al., 1979). Estas células satélites são originárias do miótomo embrionário, e tanto elas como as células progenitoras multipotentes e os pericitos, são capazes de se diferenciarem em células miogênicas, o que pode contribuir para o crescimento e regeneração do tecido muscular pós-natal (Dellavalle et al., 2011).

2.2.2. Desenvolvimento adipogênico

Assim como o desenvolvimento muscular, os adipócitos tem seu desenvolvimento inicial ainda na fase fetal, mais precisamente na primeira metade da gestação (Bonnet et al., 2010). A maioria das células adiposas são recrutadas durante a fase fetal e início da fase pós-natal dos animais (Du et al., 2010b), sendo que o número total de adipócitos é estabelecido ao atingir a adolescência, isso principalmente pelo fato de que a medida em que os animais envelhecem o número de células progenitoras com capacidade para diferenciarem em células adipócitos vai diminuindo com a idade dos animais (Du et al., 2010c), de modo que, em animais mais velhos o crescimento do tecido adiposo se deve principalmente por hipertrofia celular (Cianzio et al., 1985).

Entretanto há diferença cronológica na deposição adiposa entre os 4 depósitos de gordura no animal. Andrews (1958) quantificaram a ordem de deposição de diferentes depósitos de gordura para estar na seguinte ordem: visceral, intermuscular, subcutânea e intramuscular. A formação de adipócitos no depósito visceral ocorre durante o estágio fetal médio até o estágio pós-natal inicial (Robelin, 1981); a formação de adipócitos subcutâneos ocorre um pouco mais tarde, entre o estágio fetal médio e o tardio e o estágio inicial do desmame (Hood e Allen, 1973).

A formação de adipócitos intramusculares ocorre principalmente durante a fase fetal-neonatal tardia até cerca de 250 d de idade em bovinos de corte. Esta noção é apoiada por vários estudos anteriores com bovinos de corte que identificam este intervalo do nascimento até cerca de 250 dias como a “janela marmoreio” (Wertz et al., 2002; Pyatt et al., 2005 a, b; Corah e McCully, 2007), sendo onde ocorre hiperplasia das células adiposas pela diferenciação celular. Essa fase de diferenciação celular apresenta um alto impacto sobre as fases posteriores, principalmente na terminação dos animais, que é quando estas células adiposas irão acumular lipídeos. Nayananjalie et al. (2015a) avaliaram o efeito do desmame precoce seguido de uma alimentação com alto grão, sobre os parâmetros de carcaça posteriormente no confinamento, e relataram que os animais que tiveram acesso aos grãos apresentaram um maior ganho de peso diário e escores de marmoreio. Isso provavelmente pela sinalização celular no músculo, o que mediou o aumento das taxas de ganho de carcaça durante esse período pós desmame (Nayananjalie, et al., 2015b). Resultados estes que concordam com Scheffler et al. (2014) que após o desmame precoce submeteram os animais a dietas de alto concentrado por 148 dias, e relataram que os animais também apresentaram maiores ganhos, escores de marmoreio e peso de carcaça quente.

Esta sinalização via dieta impressa nos animais ainda na fase jovem, pode aumentar a proliferação de pré-adipócitos, de forma a estabelecer uma maior população (Gorocica-Buenfil et al., 2007), que na fase de confinamento são amadurecidos. Também há um aumento na população de células-tronco mesenquimais que podem se comprometer-se para o destino adipogênico (Tang e Lane, 2012; Uezumi et al., 2010). Como também, os animais podem ser programados metabolicamente para responder de forma mais agressiva aos sinais hormonais ou serem mais eficientes na extração de precursores e na conversão de gordura (Long et al., 2012; Volpato et al., 2012).

Em um evento de “imprinting metabólico”, e/ou na própria fase adulta pode haver competição na diferenciação entre adipócitos e fibroblastos intramusculares foi bastante documentado, pelo fato de compartilharem células ancestrais comuns imediatas, denominadas células progenitoras mesenquimais (Uezumi et al., 2011). Essas células estão localizadas principalmente na fração estromal-vascular do músculo esquelético e são distintas das células satélites (Joe et al., 2010).

Essa competição entre estas duas classes celulares levam a pesquisas na tentativa de direcionar a migração celular a partir de sinalização nutricional (Zhu et al., 2006), o que direcionou várias pesquisas na área de programação fetal (Drake e Walker, 2004), no intuito de explicar desde o início do desenvolvimento embrionário estes processos de diferenciação celular. Estudos com um modelo de ovelhas indicaram que tanto a subnutrição quanto a supernutrição materna afetavam o desenvolvimento do músculo esquelético e a adipogênese intramuscular (Stannard e Johnson, 2004; Quigley et al., 2005; Tong et al., 2008, 2009; Zhu et al., 2008; Yan et al., 2010) e ter consequências fisiológicas irreversivelmente negativas de longa duração para os filhos. Este fenômeno foi provado em cordeiros subnutridos no útero (Zhu et al., 2006), porcos (Dwyer et al., 1994) e porquinhos da índia (Ward e Stickland, 1991).

2.3. Características fenotípicas dos animais e seleção genética

Embora fatores externos ao animal atuem simultaneamente no controle das características fenotípicas dos animais, os parâmetros genéticos são quem originalmente possibilitam a expressão de dada característica aos animais, sendo, portanto, o fator de maior impacto nas características produtivas dos animais. As características de carcaça, o desempenho dos animais, a eficiência produtiva, todos estes são pontos considerados nos programas de melhoramento genético dos animais (Martinez-Velazquez et al., 2003; Crews e Kemp, 2002).

A seleção genética para touros reprodutores parece se difundir mais pelo sistema de criação, em virtude do ganho genético agregado ao rebanho ser mais rápido. Além do mais, muitas relações foram estabelecidas entre as características de carcaça e parâmetros reprodutivos (McAllister et al. 2011; Terakado et al. 2015; Boldt et al. 2018), e muitas destas avaliações de reprodutores são expostas nos seus respectivos catálogos, através das diferenças esperadas na progênie (**DEPs**) para características de carcaça, assim como índices reprodutivos, ficando disponíveis para produtores para o auxílio na tomada de decisão para as agregações genéticas a seus rebanhos.

Um dos pontos que muito tem-se destacado atualmente está ligado a qualidade da carne, em que o marmoreio tem sido bastante considerado nas características impressas nos rebanhos, uma vez que, a gordura intramuscular (marmoreio) é o principal fator usado como indicador de notas de qualidade nos EUA (Bergfeld et al. 1995). Entretanto, a seleção genética para características de marmoreio tem demonstrado impactos sobre a precocidade dos animais (Smith e Greiner 2013), pois esta seleção influencia nas taxas e no período de deposição tecidual dos animais (Tatum et al. 1988; Owens et al. 1993) manipulando o ganho de peso e eficiência dos animais. Bovinos que têm pontuações mais altas de marmoreio aumentam a gordura intramuscular em idades mais precoces do que aqueles com pontuações mais baixas (Bergfeld et al. 1995).

A deposição de gordura tende a começar lentamente em pesos leves e aumenta geometricamente quando o crescimento muscular diminui à medida que o animal se aproxima da maturidade fisiológica. Assim, a seleção de características de crescimento e/ou carcaça pode incorrer em efeitos adicionais, como uma idade mais jovem na puberdade. Nephawe et al. (2004) relataram correlações genéticas negativas entre medidas de peso maduro em vacas e suas pontuações de marmoreio da progênie para bovinos envolvidos nos primeiros quatro ciclos do Programa de Avaliação de Germoplasma no Centro de Pesquisa de Animais de Carne dos EUA. Hopper et al. (1993), estudaram o efeito do ganho de peso corporal pré-púbere e da raça na composição da carcaça e na puberdade de novilhas Angus e Santa Gertrudis, e relataram que o peso corporal e a altura foram maiores nas novilhas Santa Gertrudis do que nas Angus na puberdade. As novilhas Angus depositaram a maior quantidade de gordura na garupa antes da puberdade e apresentaram mais gordura subcutânea dissecável do que as novilhas Santa Gertrudis. Johnston et al. (2009) procuraram estimar as relações genéticas entre características de puberdade de novilhas na Austrália, relacionando a características de produção, incluindo

1 peso vivo e composição corporal, consumo de ração e características de carcaça e qualidade da
2 carne, em seus resultados indicaram que a redução na taxa de crescimento retardam a idade a
3 puberdade, ao avaliarem a idade ao primeiro corpo luteo estabeleceram correlações negativas
4 com a pontuação de marmoreio e positiva com a espessura de gordura na picanha.

5 As características de carcaça também têm sido relacionadas a mensurações de eficiência
6 dos animais. A ingestão de ração residual, calculado pela diferença entre a ingestão de ração
7 observada e prevista, fornece uma estimativa relativa de eficiência após ajustar um animal
8 dentro de uma população a um peso corporal, ganho médio diário e composição corporal
9 semelhantes aos seus contemporâneos. Neta mensuração, um valor mais baixo ou mais negativo
10 para o consumo residual de ração é desejável, indicando que um animal consumiu uma
11 quantidade relativamente menor de ração para atingir um ganho médio diário semelhante em
12 comparação média de seus contemporâneos. Vários pesquisadores tentaram identificar
13 possíveis relações entre o consumo residual de ração e as características da carcaça. Schenkel
14 et al. (2004) não relataram nenhuma correlação genética entre o consumo de ração residual e o
15 percentual de gordura intramuscular previsto por ultrassom. Após classificar os novilhos Angus
16 como alto, médio ou baixo para consumo alimentar residual, Baker et al. (2006) também não
17 relataram nenhum efeito do consumo de ração residual no escore de marmoreio da carcaça,
18 porém, Nkrumah et al. (2007) relataram uma correlação fenotípica positiva entre a pontuação
19 de marmoreio da carcaça e as medidas fenotípicas (0,17) e genéticas (0,14) do consumo
20 alimentar residual de novilhos mestiços filhos de touros Angus, Charolês e Alberta Hybrid. No
21 entanto, não houve relação entre o escore de marmoreio previsto por ultrassom e o CAR no
22 mesmo estudo.

23 **2.4. Inclusão e Processamento do milho nas dietas**

24 A produção de bovinos em confinamento tem buscado cada vez mais o adensamento
25 energético das dietas (Krehbiel et al., 2006), principalmente pela maior inclusão de concentrado
26 nas dietas. No Brasil o milho é o principal componente energético da dieta (Pinto e Millen,
27 2018), porém, a maior parte dos híbridos cultivado no país (Cerca de 78%) apresenta
28 endosperma vítreo (Cruz et al., 2012). Característica está conferida pela presença de proteínas
29 zeínas que são hidrofóbicas, representando aproximadamente 50 a 60% das proteínas que
30 compõe a matriz proteica do milho (Hamaker et al., 1995). Estas proteínas são classificadas
31 como prolaminas, sendo distribuídas em 4 subclasses denominadas de α , β , γ e δ , e a medida

que estas proteínas se desenvolvem, as ligações cruzadas β e γ -zeínas e α e δ -zeínas penetram em sua rede, encapsulando o amido em uma matriz proteica hidrofóbica (Mu-Forster e Wasserman, 1998; Buchanan et al., 2000). Isso faz com que os híbridos de endosperma duro sejam menos digestíveis que os de endosperma mole (Correa et al., 2002).

Sabendo-se desta característica dos híbridos duros, e para melhorar a digestibilidade do amido dentro do trato gastrointestinal dos bovinos, a grande parte dos confinamentos procura processarem melhor este grão, quebrando-o em partículas menores (Millen et al., 2009; Oliveira e Millen 2014; Pinto e Millen 2018) em busca de aumentar a superfície de contato deste pela microbiota ruminal, aumentando sua degradação no rúmen (Owens, et al., 1986), ou através do processo de ensilagem do grão em umidade mais elevada (65 a 72% de MS), processo este caracterizado pela presença de ácido láctico e acético (Lawton, 2002), juntamente com liberação de proteases liberadas no processo de fermentação no silo, o que culmina na degradação das ligações entre as zeínas (Philippeau e Michalet-Doreau 1998), fazendo com que os grânulos de amido se solubilizem.

Para comprovar este aumento na disponibilidade do amido, Jurjanz e Monteils (2005) avaliando o milho ensilado ou não, relataram que a degradabilidade ruminal do amido foi maior para o grão de milho ensilado (92,3%) em comparação com o grão não ensilado (70,2%), além do que, o processo de ensilagem aumentou a fração de amido rapidamente degradável (80,7 vs. 65,6), e consequentemente a taxa de degradação (12,4 vs. 8,0%/h). Comprovando

Caetano et al., (2019) trabalhando com dois métodos de processamento para o milho em Nelore, relataram uma eficiência no ganho de carcaça 13% maior em animais consumindo silagem de grão úmido em comparação ao grão seco finamente moído, bem como, com a elevação nos níveis de amido aumentaram linearmente a eficiência. Estes autores também descrevem que o peso do fígado e do rúmen dos animais ingerindo grão úmido foram maiores. Embora não se tenha uma explicação precisa sobre a massa do fígado, Bahirwani e Reddy (2008) relatam que sua massa pode ser afetada pela densidade de substrato e fluxo sanguíneos que chega até o fígado, em virtude da sua maior atividade. Lozano et al., (2000) mostraram que com a diminuição da espessura do floco de sorgo floculado resultou em maior liberação de glicose hepática para a circulação, devido a maior digestibilidade deste ingrediente.

Portanto a maior disponibilidade de glicose para a circulação nos ruminantes é impulsionada pela ingestão de energia metabolizável (**EM**), que eleva as taxas de

gliconeogênese (Lindsay, 1970). Dessa forma, a otimização da fermentação ruminal do amido, com a priorização da via para produção do propionato, parece ser uma estratégia para produzir precursores da gliconeogênese (Pethick et al., 2004), já que quando o amido foi protegido da fermentação ruminal, não foi aumentada a deposição de gordura intramuscular (Gilbert et al., 2000), já que a glicose tem sido reportado como o principal aporte de C para a lipogênese nos adipócitos intramusculares (Smith e Crouse, 1984).

2.5. Estratégias dietéticas para elevação no nível energético

Dietas ricas em carboidratos de alta fermentação, como é o caso do amido e sua maior extensão no processamento como mencionado no tópico acima, resulta em aumentos nos índices de distúrbios metabólicos e lesões epiteliais no trato gastrointestinal dos ruminantes (Nagaraja e Titgemeyer 2007). Associado a isto, considerando que a maior parte dos animais terminados em confinamento no Brasil são zebuínos (Silvestre e Millen 2021), e segundo Elam (1976) apresentam maior frequência para desenvolverem distúrbios nutricionais se comparado a raças europeias.

Diante disso, estratégias adotadas pelos nutricionistas para reduzir o incremento calórico ruminal, é a substituição de parte dos carboidratos por lipídeos. Estes ingredientes são 2,25 vezes mais energéticos que os carboidratos, e sua fonte pode ser provenientes de subprodutos da indústria, estratégia esta que pode reduzir os custos de produção. Melhorias no desempenho foram encontradas quando a gordura foi adicionada a dietas de terminação à base de milho em níveis de suplementação de até 8% da matéria seca (**MS**) da dieta, sem efeitos negativos no consumo e na eficiência alimentar (Zinn, 1989a; Krehbiel et al. 1995). Trabalhando com caroço de algodão e óleo de soja Gouêa et al. (2020), não encontraram diferença positivas no aumento do teor de gordura nas dietas, de 3,2 para 7,8% com uso de óleo de soja no desempenho de crescimento e nas características gerais da carne de touros em terminação. Com o mesmo teor de lipídios, dietas contendo caroço de algodão integral reduziram o desempenho de crescimento de forma maior do que dietas contendo óleo de soja. Estes valores estão dentro dos reportados por Krehbiel et al. (2006) para dietas de alto concentrado estimados entre 4,56 a 6,68% de gordura suplementar.

O aumento nos níveis de gordura nas dietas de confinamento tem sido relacionado as influências na digestão de fibra (Zinn, 1989b). Este fato está relacionado a toxicidade da gordura para bactérias gram-positivas e protozoários, em decorrência do efeito do biofilme nas

partículas de ração e redução na degradabilidade da matéria orgânica (**MO**) e da MS (Hess et al., 2008), bem como na ingestão de MS (**IMS**; NASEM, 2016). Além disso, Alguns autores relataram sabores adversos da carne de animais alimentados com dietas contendo grandes quantidades de oleaginosas, como caroço de algodão (Costa et al. 2013 ; Ferrinho et al. 2018) ou semente de girassol (Gibb et al. 2004).

Para reduzir os impactos das gorduras sobre a toxicidade para microbiota ruminal, a utilização de sais de cálcio de ácidos graxos (**SCAG**) pode ser uma estratégia. Alguns estudos demonstrados que sua inclusão em dietas de confinamento melhorou o ganho médio diário (Fiorentini et al. 2012), características de carcaça (Rosa e Silva et al. 2019) e de carne (Andrade et al. 2014). Com a suplementação com SCAG foi especulado que mais ácidos graxos insaturados cheguem até o intestino delgado para absorção (Sukhija e Palmquist, 1990), já que com a proteção do lipídeo pelo sabão de cálcio protege da bioidrogenação ruminal. Em um estudo realizado por Nascimento et al. (2020) foi comparado a utilização de SCAG de soja e SCAG de óleos de soja, palma e algodão sobre o desempenho de bovinos Nelore confinados, em seus achados reportaram que a suplementação com SCAG melhorou o desempenho, a carcaça e as características da carne, em adicional, a suplementação com óleo de palma, soja e algodão melhorou o ganho e a eficiência de carcaça, demonstrando o potencial do ácidos graxos (**AG**) específico para melhorar o desempenho e as características de qualidade da carne de bovinos.

Carvalho et al. (2020) comparando caroço de algodão e suplementação com SCAG reportaram redução na IMS em % do peso corporal com a suplementação de SCAG. Estes resultados de IMS apresenta divergência na literatura em relação a suplementação com SCAG, havendo estudos que reportam redução na IMS pelos animais (Shingfield et al. 2010; Wanapat et al. 2011; da Cruz et al. 2019), em contra partida em outros um incremento (Mosley et al. 2007; de Souza et al. 2016a; Nascimento et al. 2020). Essa variação nos dados de IMS de acordo com de Souza et al. (2016b) pode ser explicada pelo perfil de AG presentes no SCAG, Allen et al. (2009) demonstraram que AG insaturados são mais potentes em estimular a oxidação hepática, causando por sua vez, maiores reduções na IMS em relação aos AG saturados. Em gado leiteiro em pastejo, de Souza et al. (2017) observaram que os SCAG do óleo de palma não impactaram a IMS, enquanto os SCAG da suplementação com óleo de soja causaram redução na IMS. Em um estudo meta-analítico com vacas leiteiras Rabiee et al. (2012) reportaram a gordura granulada reduziu a IMS em 1,2 kg/d, enquanto os SCAG apenas 0,865 kg/d.

Além de seus impactos no desempenho, a suplementação com SCAG fornece AG com efeitos biológicos e nutrigenômicos em bovinos (Ladeira et al., 2012; Choi et al., 2013). Como exemplo, estudos recentes de Souza et al. (2017; 2018) demonstraram os efeitos de diferentes perfis de ácidos graxos com por exemplo, palmítico, esteárico, linoleico e oleico. Mais precisamente, os AG demonstram influenciar na atividade de genes envolvidos no metabolismo lipídico, em que, os AG saturados parece desempenhar maiores ações nas regulações positivas em comparação aos AG poli-insaturados (**AGPI**) (Choi et al. 2015), o que irá impactar no desempenho dos animais e na qualidade da carne.

Chung et al. (2016) demonstraram que o tratamento de adipócitos bovinos intramusculares com a combinação de ácido oleico mais expressão gênica de receptores ativados por proliferadores de peroxissomo gama (**PPAR γ**) e receptor proteico G43 (**GPR43**) regulada por ciglitazona, que foi associada ao preenchimento lipídico de adipócitos intramusculares. Da mesma forma Li et al. (2019) tratando células satélites bovinas *in situ* com ácido oleico estimula a conversão destas em adipócitos cheios de lipídios, sugerindo a possibilidade de o ácido oleico atuar como um fator parácrino, estimulando a conversão de células satélites em adipócitos intramusculares.

As concentrações de ácido oleico na composição da gordura têm sido representadas como maior contribuição no tecido adiposo (May et al., 1993; Zembayashi et al., 1995; Oliveira et al. 2011), de modo que aumentos na massa da gordura intramuscular é acompanhada por aumentos correspondentes no ácido oleico (Smith et al. 2006; 2009). Foi bastante documentado na literatura a capacidade das células em dessaturar os AG através dos estímulos transcricinais e de atividade enzimáticas, como por exemplo a estearoil coenzima A dessaturase (Δ^9 dessaturase; Chung et al. 2006a). Em um estudo realizado por Daniel et al. (2004) foi demonstrado que a atividade desta enzima foi deprimida em animais alimentados com feno em comparação aqueles alimentados com concentrado. Da mesma forma, Chung et al. (2005) demonstraram aumento na atividade da enzima dessaturase no tecido adiposo, influenciado pelo tempo de alimentação e pelo tipo de dieta. Além do que, as mudanças nos padrões de atividade da enzima dessaturase ao longo do tempo foi refletida nas razões finais ácido graxo monoinsaturado (**AGMI**): ácido graxo saturado (**AGS**) para amostras de tecido adiposo em animais Wagyu e Angus alimentados com milho ou feno (Chung et al., 2006b).

2.6. Utilização de minerais orgânicos para maximizar a atividade metabólica a nível celular

Muitas pesquisas têm demonstrado o efeito dos minerais no metabolismo através da ação de metaloenzimas na regulação da síntese e degradação tecidual, de modo que a ação pode ser potencializada através do uso de fontes orgânicas destes minerais, uma vez que isso melhora a absorção do mineral dentro do trato gastrointestinal dos animais (Apgar e Kornegay, 1996), de modo que sua utilização no metabolismo do animal se torna mais efetiva, contribuindo assim com incrementos em seu desempenho (Genther-Schroeder et al., 2016; Budde et al., 2019).

Avaliando o efeito do mineral orgânico na suplementação de animais Nelore Vallini et al., (2020) encontraram que a inclusão parcial de zinco orgânico associado ao cromo orgânico melhorou a eficiência dos animais e tendeu a aumentar a área de olho de lombo dos animais. Da mesma forma, Genther-Schroeder et al. (2018) testando níveis crescentes de suplementação de zinco orgânico encontraram uma resposta linear crescente para a eficiência dos animais. Também foram encontrados por Budde et al. (2019) melhorias para o ganho médio diário dos animais com a suplementação associada de zinco e cromo, além do que, estes autores reportaram melhorias no peso de carcaça quente com a associação dos minerais.

Semelhantemente ao zinco, o cromo também mostrou uma tendência para melhorar o GMD de novilhos durante o período de recebimento (Herkelman et al. 2018). Baggerman et al. (2020) trabalhando com níveis crescentes de inclusão de cromo nas dietas de animais confinados, reportaram respostas lineares crescentes para peso final, GMD e eficiência, peso de carcaça e ganho de carcaça, o que levou os autores a concluir que a adição de cromo acima da concentração basal pode melhorar o desempenho de crescimento em novilhos confinados.

A ação do cromo tem sido estudada para potencializar a ação da insulina nos tecidos sensíveis a este hormônio (Budde et al., 2019) além de afetar o sistema imunológico dos animais (Spears, 2000; Bernhard et al., 2012). Fatos estes que justificam sua utilização em dietas de confinamentos com maiores níveis energéticos, principalmente quando estas possuem altos níveis de grãos, os quais são rapidamente fermentáveis no rúmen e como resultado tem-se principalmente incrementos na produção e absorção de propionato, que ao atingir os hepatócitos detém a principal via para elevação dos níveis glicêmicos do ruminante. Dessa forma o cromo

tem sido utilizado para manipular a qualidade da carne devido ao seu papel no metabolismo muscular (Hong et al., 2002) e na utilização de lipídios (Najafpanah et al., 2014).

Objetivos Gerais

Este trabalho teve por objetivo: atualizar o panorama dos confinamentos brasileiros através das práticas empregadas pelos nutricionistas; avaliar a variação da comunidade microbiana do rúmen de animais Nelore classificados em diferentes CAR alimentados com dietas com altos teores de concentrado; avaliar o impacto sobre o desempenho com incrementos no nível de energia na dieta através do processamento do milho e/ou inclusão de SCAG e Zn e Cr orgânicos em animais Nelore classificados em DEP para alto e baixo marmoreio. Os trabalhos aqui apresentados: foi publicado na “Revista Brasileira de Zootecnia (CAPITULO 2), publicado na “Animals” (CAPITULO 3) e será preparado para submissão a “Frontiers Microbiology” (CAPITULO 4).

Referências

- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2020. Exportações brasileiras de carne bovina. Available at: <[http:// Beef Report 2021 – ABIEC/](http://Beef Report 2021 – ABIEC/)>. Acesso em 07 de dezembro de 2021.
- Allen, M. S., B. J. Bradford, and M. Oba. 2009. Board invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *J. Anim. Sci.* 87:3317–3334. doi:10.2527/jas.2009-1779.
- Allen, R. E., R. A. Merkel, and R. B. Young. 1979. Cellular aspects of muscle growth: Myogenic cell proliferation. *J. Anim. Sci.* **49**: 115.
- Andrade, E. N., A. Polizel Neto, R. O. Roça, M. H. Faria, F. D. Resende, G. R. Siqueira, and R. S. B. Pinheiro. 2014. Beef quality of young Angus x Nelore cattle supplemented with rumen-protected lipids during rearing and fattening periods. *Meat Sci.* 98:591-598. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.05.028
- Apgar, G.A., Kornegay, E.T., 1996. Mineral balance of finishing pigs fed copper sulfate or a copper-lysine complex at growth-stimulating levels. *J. Anim. Sci.* 74, 1594–1600. <https://doi.org/10.2527/1996.7471594x>.

- 1 Baker, S.D., J.I. Szasz, T.A. Klein, P.S. Kuber, C.W. Hunt, J.B. Glaze, D. Falk, R. Richard,
2 J.C. Miller, R.A. Battaglia and R.A. Hill. 2006. Residual feed intake of purebred Angus
3 steers: Effects on meat quality and palatability. *Journal of animal science*. 84:938-945.
- 4 Bergen, W. G., and R. A. Merkel. **1991**. Protein accretion, In: A. M. Pearson and T. R. Dutson,
5 (Ed.) *Growth Regulation in Farm Animals. Advances in Meat Research*, Vol. **7**, pp **169-**
6 **202**. Elsevier Science Publishers, New York.
- 7 Bergfeld, E. G. M., Rasby, R. J., Nielsen, M. K., & Kinder, J. E. (1995). Heifers sired by bulls
8 with either high or low expected progeny differences (EPDs) for marbling do not differ in
9 age at puberty. *Animal Reproduction Science*, 40(4), 253-259.
- 10 Boldt, R.J.; Speidel, S.E.; Thomas, M.G.; Enns, R.M. Parâmetros genéticos para características
11 de fertilidade e produção em bovinos Red Angus, *Journal of Animal Science* , Volume 96,
12 Issue 10, October 2018, Pages 4100–4111, <https://doi.org/10.1093/jas/sky294>
- 13 Boykin, C. A.; Eastwood, L. C.; Harris, M. K.; Hale, D. S.; Kerth, C. R.; Griffin, D. B.; Arnold,
14 A. N.; Hasty, J. D.; Belk, K. E.; Woerner, D. R.; Delmore, Jr., R. J.; Martin, J. N.;
15 VanOverbeke, D. L.; Mafi, G. G.; Pfeiffer, M. M.; Lawrence , T .E.; McEvers, T. J.;
16 Schmidt, T. B.; Maddock, R. J.; Johnson, D. D.; Carr, C. C.; Scheffler, J. M.; Pringle, T.
17 D.; Stelzlzeni, A. M.; Gottlieb, J.; Savell, J.W. National Beef Quality Audit–2016: In-plant
18 survey das características da carcaça relacionadas à qualidade, quantidade e valor de
19 novilhos e novilhas alimentados, *Journal of Animal Science* , 2017. 95: 2993–
20 3002, <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1543>
- 21 Buchanan, B. B., W. Gruissem, and R. L. Jones. 2000. *Biochemistry and Molecular Biology of*
22 *Plants. Ameriran Society of Plant Physiology.*, Rockville, MD.
- 23 Budde, A. M., Sellins, K., Lloyd, K. E., Wagner, J. J., Heldt, J. S., Spears, J. W., & Engle, T.
24 E. (2019). Effect of zinc source and concentration and chromium supplementation on
25 performance and carcass characteristics in feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 97(3),
26 1286-1295. doi: 10.1093/jas/skz016
- 27 Caetano, M.; Goulart, R. S.; Rizzo, P. M.; Silva, S. L.; Drouillard, J. S.; Leme, P. R.; Lanna, D.
28 P. D. 2019. Impact of flint corn processing method and dietary starch concentration on
29 finishing performance of Nellore bulls. **Animal Feed Science and Technology**.
30 251:166–175
- 31 Carvalho, M. A., Cappellozza, B. I., Silva, B., Castro, T. S., Burim, M. R., & Cervieri, R. C.
32 (2020). Supplementation with calcium salts of cottonseed oil improves performance of Bos
33 indicus animals consuming finishing diets. *Translational Animal Science*, 4(2), 967-973.

- Chizzotti, M. L., L. O. Tedeschi, and S. C. Valadares Filho. 2008. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. *J. Anim. Sci.* 86:1588–1597.
- Choi, S. H., G. O. Gang, J. E. Sawyer, B. J. Johnson, K. H. Kim, C. W. Choi, and S. B. Smith. 2013. Fatty acid biosynthesis and lipogenic enzyme activities in subcutaneous adipose tissue of feedlot steers fed supplementary palm oil or soybean oil. *J. Anim. Sci.* 91:2091–2098. doi: 10.2527/jas.2012-5801
- Choi, S. H., S. K. Park, B. J. Johnson, K. Y. Chung, C. W. Choi, K. H. Kim, W. Y. Kim, and S. B. Smith. 2015. AMPK α , C/EBP β , CPT1 β , GPR43, PPAR γ , and SCD Gene expression in single- and co-cultured bovine satellite cells and intramuscular preadipocytes treated with palmitic, stearic, oleic, and linoleic acid. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 28:411–419. doi: 10.5713/ajas.14.0598
- Chung KY, Choi CB, Kawachi H, Yano H, Smith SB. 2006a. *Trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid down-regulates arginine-promoted differentiation of bovine preadipocytes. *Adipocytes* (in press).
- Chung KY, Lunt DK, Choi CB, Chae SH, Rhoades RD, Adams TH, Booren B, Smith SB. 2006b. Lipid characteristics of subcutaneous adipose tissue and *M. longissimus thoracis* of Angus and Wagyu steers fed to U.S. and Japanese endpoints. *Meat Science* **73**, 432–441.
- Chung KY, Lunt DK, Kawachi H, Yano H, Smith SB. 2005. Stearoyl coenzyme A desaturase gene expression mediates fatty acid composition of adipose tissue of Angus and Wagyu steers raised to U.S. and Japanese weight endpoints. *Proceedings International Congress of Meat Science and Technology* **50**, 593–599.
- Chung, K. Y., S. B. Smith, S. H. Choi, and B. J. Johnson. 2016. Oleic acid enhances G protein coupled receptor 43 expression in bovine intramuscular adipocytes but not in subcutaneous adipocytes. *J. Anim. Sci.* 94:1–9. doi:10.2527/jas.2015-0010.
- Correa, C. E. S., R. D. Shaver, M. N. Pereira, J. G. Lauer, and K. Kohn. 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*. 85:3008–3012.
- Costa, D.P.B., Roça, R.O., Costa, Q.P.B., Lanna, D.P.D., Lima, E.S., Barros, M.B., 2013. Meat characteristics of Nellore steers fed whole cottonseed. *Brazilian J. Anim Sci.* 183–192. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013000300006>.
- Cruz, J.C., Queiroz, L.R., Pereira Filho, I.A., 2012. Mais de 210 cultivares transgenicas sao disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2012/13.

http://www.apps.agr.br/upload/ax10_3007201206195700_cultivaresdemilhoparaasafra2012_2013.pdf.

da Cruz, W. F. G., J. P. Schoonmaker, F. D. Resende, G. R. Siqueira, L. M. Rodrigues, G. D. R. Zamudio, and M. M. Ladeira. 2019. Effects of maternal protein supplementation and inclusion of rumen-protected fat in the finishing diet on nutrient digestibility and expression of intestinal genes in Nellore steers. *Anim. Sci. J.* 00:1-12. doi: 10.1111/asj.13273

Daniel ZC, Wynn RJ, Salter AM, Buttery PJ. 2004. Differing effects of forage and concentrate diets on the oleic acid and conjugated linoleic acid content of sheep tissues: the role of stearoyl-CoA desaturase. *Journal of Animal Science*. **82**, 747–758.

de Souza, J., C. L. Preseault, and A. L. Lock. 2016a. Short communication: Lactational responses to palmitic acid supplementation when replacing soyhulls or dry ground corn. *J. Dairy Sci.* 99:1-6. doi: 10.3168/jds.2015-10367

de Souza, J., C. L. Pressault, and A. L. Lock. 2018. Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101:172-185. doi: 10.3168/jds.2017-13460.

de Souza, J., F. Batistel, and F. A. P. Santos. 2017. Effect of sources of Ca salts of fatty acids on production, nutrient digestibility, energy balance, and carryover effects of early lactation grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:1072-1085. doi: 10.3168/jds.2016-11636

Drake, A. J., and B. R. Walker. 2004. The intergenerational effects of fetal programming: Non-genomic mechanisms for the inheritance of low birth weight and cardiovascular risk. *J. Endocrinology* 180:1–16.

Dwyer, C. M., N. C. Stickland, and J. M. Fletcher. 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. *J. Anim. Sci.* 72:911–917.

Elam, C.J. 1976. Acidosis in feedlot cattle: practical observations. *J. Anim. Sci.* 43:898–901.

Ferrinho, A.M., Nassu, R.T., Aldai, N., Bravo-Lamas, L., Furlan, M.L.N., Toda, B.M., Utembergue, B.L., Rezende, R.G., Mueller, L.F., Furlan, J.J.M., Zanata, M., Baldi, F., Pereira, A.S.C., 2018. Whole cottonseed, vitamin E and finishing period affect the fatty acid profile and sensory traits of meat products from Nellore cattle. *Meat Sci.* 138, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.12.002>.

- 1 Fiorentini, G., M. C. A. Santana, A. A. M. Sampaio, R. A. Reis, A. F. Ribeiro, and T. T.
2 Berchielli. 2012. Intake and performance of confined crossbred heifers fed different lipid
3 sources. *R. Bras. Zootec.* 41:1490-1498. doi: 10.1590/S1516-35982012000600025
- 4 Galyean, M. L. 1996. Protein levels in beef cattle finishing diets: Industry application,
5 university research, and systems results. *J. Anim. Sci.* 74:2860–2870.
- 6 Galyean, M. L., and J. F. Gleghorn. 2001. Summary of the 2000 Texas Tech University
7 Consulting Nutritionist Survey. Texas Tech University, Dept. of Anim. And Food Sci.,
8 Burnett Center Internet Progress Report No. 12. [http://www.asft.ttu.edu/
9 burnett_center/progress_reports/bc12.pdf](http://www.asft.ttu.edu/burnett_center/progress_reports/bc12.pdf)
- 10 Gibb, D.J., Owens, F.N., Mir, P.S., Mir, Z., Ivan, M., Mcallister, T.A., 2004. Value of sunflower
11 seed in finishing diets of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 82, 2679–2692.
12 <https://doi.org/10.2527/2004.8292679x>.
- 13 Gilbert, C. D.; Lunt, D. K.; Miller, R. K.; Smith, S. M. 2000 Carcass, sensory, and adipose
14 tissue traits of Brangus steers fed casein-formaldehyde-protected starch and (or) canola
15 lipid. ***Journal of Animal Science***. 78(Suppl. 1), 156.
- 16 Goldspink, G. **1962**. Studies on postembryonic growth and development of skeletal muscle.
17 *Proc. R. Ir. Acad. B* **62**135.
- 18 Goldspink, G. **1968**. Sarcomere length during postnatal growth of mammalian muscle fibers. *J.*
19 *Cell. Sci.* **35**39.
- 20 Goldspink, G. **1991**. Prospectives for the manipulation of muscle growth. In: A. M. Pearson
21 and T. R. Dutson, (Ed.) *Growth Regulation in Farm Animals. Advances in Meat*
22 *Research*. Vol. **7**, pp **169-202**. Elsevier Science Publishers, New York.
- 23 Gorocica-Buenfil, M. A., F. L. Fluharty, T. Bohn, S. J. Schwartz, and S. C. Loerch. 2007. Effect
24 of low vitamin A diets with highmoisture or dry corn on marbling and adipose tissue fatty
25 acid composition. *J. Anim. Sci.* 85:3355–3366.
- 26 Gouvea, V. N., M. V. Biehl, T. S. Andrade, M. V. C. F. Junior, E. M. Ferreira, D. M. Polizel,
27 D. S. Antonelo, A. M. Bridi, F. N. Owens, and A. V. Pires. 2020. Effects of soybean oil or
28 various levels of whole cottonseed on growth performance, carcass traits, and meat quality
29 of finishing bulls. *Livest. Sci.* 232:103934. doi: 10.1016/j.livsci.2020.103934.
- 30 Grews, D. H., Jr., and R. A. Kemp. 2002. Genetic evaluation of carcass yield using ultrasound
31 measures on young replacement beef cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1809-1818.

- 1 Hamaker, B. R., A. A. Mohamed, J. E. Habben, C. P. Huang, and B. A. Larkins. 1995. Efficient
2 procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin
3 contents than the conventional method. **Cereal Chemistry**. 72:583–588.
- 4 Hess, B. W., G. E. Moss, and D. C. Rule. 2008. A decade of developments in the area of fat
5 supplementation research with beef cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 86(14 Suppl):E188–
6 E204. doi:10.2527/jas.2007-0546.
- 7 Hoffman, P. C.; Esser, N. M.; Shaver, R. D.; Coblenz, W. K.; Scott, M. P.; Bodnar, A. L.;
8 Schmidt, R. J.; Charley, R. C. 2010. Influence of ensiling time and inoculation on
9 alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**.
10 94 :2465–2474. doi: 10.3168/jds.2010-3562
- 11 Hood, R., & Allen, C. E. (1973). Cellularity of bovine adipose tissue. *Journal of Lipid*
12 *Research*, 14(6), 605-610.
- 13 Hopper, H.W., Williams, S.E., Byerley, D.J., Rollososon, M.M., Ahmed, P.O. and Kiser, T.E.,
14 1993. Effect of prepubertal body weight gain and breed on carcass composition at puberty
15 in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 71: 1104-1111.
- 16 Joe, A. W., L. Yi, A. Natarajan, F. Le Grand, L. So, J. Wang, M. A. Rudnicki, and F. M. Rossi.
17 2010. Muscle injury activates resident fibro/adipogenic progenitors that facilitate
18 myogenesis. *Nat. Cell Biol.* 12:153–163.
- 19 Johnston, D. J., Barwick, S. A., Corbet, N. J., Fordyce, G., Holroyd, R. G., Williams, P. J., &
20 Burrow, H. M. (2009). Genetics of heifer puberty in two tropical beef genotypes in northern
21 Australia and associations with heifer-and steer-production traits. *Animal Production*
22 *Science*, 49(6), 399-412.
- 23 Jurjanz, S., and V. Monteils. 2005. Ruminal degradability of corn forages depending on the
24 processing method employed. **Animal Research**. 3:15–23.
- 25 Koch, R. M.; Swiger, L. A.; Chambers, D. and Gregory, K. E. Efficiency of feed use in beef
26 cattle. *J. Anim. Sci.* 1963, 22, 486–494. doi.org/10.2527/jas1963.222486x
- 27 Krehbiel, C.R., Cranston, J.J., McCurdy, M.P., 2006. An upper limit for caloric density of
28 finishing diets. *J. Anim. Sci.* 84, E34–E49. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supplE34x.
- 29 Krehbiel, C.R., McCoy, R.A., Stock, R.A., Klopfenstein, T.J., Shain, D.H., Huffman, R.P.,
30 1995. Influence of grain type, tallow level, and tallow feeding system on feedlot cattle
31 performance. *J. Anim. Sci.* 73, 2916–2921. https://doi.org/10.2527/1995.73102916x

- 1 Ladeira, M. M., O. R Machado Neto, M. L. Chizzotti, D. M. Oliveira, and A. Chalfun Junior.
2 2012. Lipids in the diet and the fatty acid profile in beef: A review and recent patents on
3 the topic. *Recent pat. food, nutr. Agric.* 4:123-133. doi: 10.2174/2212798411204020123
- 4 Lawton, J. W. 2002. Zein: A history of processing and use. **Cereal Chemistry**. 79:1–18.
- 5 Li, X. Z., Yan, Y., Zhang, J. F., Sun, J. F., Sun, B., Yan, C. G., ... & Smith, S. B. (2019). Oleic
6 acid in the absence of a PPAR γ agonist increases adipogenic gene expression in bovine
7 muscle satellite cells. *Journal of animal science*, 97(10), 4114-4123.
- 8 Lindsay, D. B. 1970. Carbohydrate metabolism in ruminants. In ‘Physiology of digestion and
9 metabolism in the ruminant’. (Ed. AT Phillipson) pp. 438–451. (Oriel Press: Cambridge,
10 UK)
- 11 Long, N. M., D. C. Rule, M. J. Zhu, P. W. Nathanielsz, and S. P. Ford. 2012. Maternal obesity
12 upregulates fatty acid and glucose transporters and increases expression of enzymes
13 mediating fatty acid biosynthesis in fetal adipose tissue depots. *J. Anim. Sci.* 90:2201–
14 2210.
- 15 Martinez-Velazquez, G., K. E. Gregory, G. L. Bennet, and L. D. Van Vleck. 2003. Genetic
16 relationships between scrotal circumference and female reproductive traits. *J. Anim. Sci.*
17 81:395-401
- 18 May, S. G., C. A. Sturdivant, D. K. Lunt, R. K. Miller, and S. B. Smith. 1993. Comparison of
19 sensory characteristics and fatty acid composition between Wagyu crossbred and Angus
20 steers. *Meat Sci.* 35:289-298. doi:10.1016/0309-1740(93)90034-f
- 21 McAllister, C.M., S.E. Speidel, D.H. Crews, Jr. and R.M. Enns. 2011. Genetic parameters for
22 intramuscular fat percentage, marbling score, scrotal circumference, and heifer pregnancy
23 in Red Angus cattle. *Journal of animal science*. 89:2068-2072.
- 24 Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B.; Galyean, M. L. and Vasconcelos, J. T.
25 2009. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by
26 feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science* 87:3427-3439.
27 <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1880>
- 28 Moraes, G.F., Abreu, L.R.A., Ferreira, I.C., Pereira, I.G., 2017. Genetic analysis of residual
29 feed intake adjusted for fat and carcass and performance traits in a Nellore herd. *Cienc.*
30 *Rural* 47 (2), e20151505. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151505>.
- 31 Mosley, S. A., E. E. Mosley, B. Hatch, J. I. Szasz, and A. Corato. 2007. Effect of varying levels
32 of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *J. Dairy*
33 *Sci.* 90:987–993

- 1 Mu-Forster, C., and B. P. Wasserman. 1998. Surface localization of zein storage proteins in
2 starch granules from maize endosperm: Proteolytic removal by thermolysin and in vitro
3 cross-linking of granule-associated polypeptides. **Plant Physiology**. 116:1563–1571.
- 4 Nagaraja, T.G. and Titgemeyer, E. C. Ruminant acidosis in beef cattle: the current
5 microbiological and nutritional outlook. *J. Dairy Sci.* 2007, 90(Suppl.), E17–E38. doi:
6 10.3168/jds.2006-478
- 7 Nascimento, C.F.; Branco, R.H.; Bonilha, S.F. M.; Cyrillo, J.N. S.G.; Negrão, J.A. and
8 Mercadante, M.E.Z. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle. *J.*
9 *Anim. Sci.* 2015. 93:1318–1326. doi:10.2527/jas.2014-8368
- 10 Nascimento, F.A.; Silva, N.C.; Prados, L.F.; Pacheco, R.D.L.; Johnson, B.J.; Cappelozza, B.I.;
11 Resende, F.D.; Siqueira, G.R. Calcium salts of fatty acids with varying fatty acid profiles
12 in diets of feedlot-finished *Bos indicus* bulls: impacts on intake, digestibility, performance,
13 and carcass and meat characteristics, *Journal of Animal Science*. 98 (12) 2020,
14 skaa382, <https://doi.org/10.1093/jas/skaa382>
- 15 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Nutrient requirements of
16 beef cattle model. 8th rev. ed. National Academic Press, Washington, DC.
- 17 Nayananjalie, W. A, D.; Pike, K. L.; Wiles, T. R.; McCann, M. A.; Scheffler, J. M.; Greiner, S.
18 P.; Schramm, H. H.; Gerrard, D. E.; Jiang, H. and Hanigan, M. D. Effect of early grain
19 feeding of beef steers on postabsorptive metabolism. *J. Anim. Sci.* 2015a. 93:2439–2450.
20 doi:10.2527/jas2014-8277
- 21 Nephawe, K.A., L.V. Cundiff, M.E. Dikeman, J.D. Crouse and L.D. Van Vleck. 2004. Genetic
22 relationships between sex-specific traits in beef cattle: Mature weight, weight adjusted for
23 body condition score, height and body condition score of cows, and carcass traits of their
24 steer relatives. *Journal of animal science*. 82:647-653.
- 25 Nkrumah, J.D., Basarab, J.A., Wang, Z., Li, C., Price, M.A., Okine, E.K., Crews Jr., D.H.,
26 Moore, S.S., 2007. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of
27 efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 85 (10), 2711–2720.
28 <https://doi.org/10.2527/jas.2006-767>.
- 29 Oliveira, C. A. and Millen, D. D. 2014. Survey of the nutritional recommendations and
30 management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed*
31 *Science and Technology* 197:64-75. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.08.010>
- 32 Oliveira, D. M., Ladeira, M. M., Chizzotti, M. L., Machado Neto, O. R., Ramos, E. M.,
33 Gonçalves, T. M., ... & Ribeiro, J. S. (2011). Fatty acid profile and qualitative

- characteristics of meat from zebu steers fed with different oilseeds. *Journal of animal science*, 89(8), 2546-2555.
- Owens, F. N., and A. L. Goetsch. 1986a. Digesta passage and microbial protein synthesis. Pages 196–223 in *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*. L. P. Milligan, W. L. Grovum, and Dobson, ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Owens, F. N., R. A. Zinn, and Y. K. Kim. 1986b. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634–1648.
- Owens, F. N.; Dubeski, P. and Hansont, C. F. Factors that Alter the Growth and Development of Ruminants, *J. Anim. Sci.* 1993. 71:3138-3150.
- Pereira, M.C.S.; Cruz, G.D.; Arrigoni, M.D.B.; Rigueiro, A.L.N.; Silva, J.; Carrara, T.V.B.; Santos, P.C.S.; Cursino, L.L. and Millen, D.D. Relationships of feedlot performance, feeding behavior, rumen morphometrics, and carcass characteristics of Nellore cattle differing in phenotypic residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 2016. 94:4287-4296. doi:10.2527/jas2016-0579
- Pethick, D. W.; Harper, G. S.; Oddy, V. H. 2004. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, 44:705–715.
- Philippeau, C., and B. Michalet-Doreau. 1998. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**. 81:2178–2184.
- Pinto, A. C. J. and Millen, D. D. 2019. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. *Canadian Journal of Animal Science* 99:392-407. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0031>
- Quigley, S. P., D. O. Kleemann, M. A. Kakar, J. A. Owens, G. S. Nattrass, S. Maddocks, and S. K. Walker. 2005. Myogenesis in sheep is altered by maternal feed intake during the peri-conception period. *Anim. Reprod. Sci.* 87:241–251.
- Rabiee, A. R., K. Breinhild, W. Scott, H. M. Golder, E. Block, and I. J. Lean. 2012. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: a meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.* 95:3225-3247. doi: 10.3168/jds.2011-4895
- Rosa e Silva, P. I. J. L., J. T. Zervoudakis, L. S. Cabral, L. K. Hatamoto-Zervoudakis, L. B. Freiria, Y. R. V. B. Silva, P. V. R. Paulino, P. P. Tsuneda, and A. J. Possamai. 2019. Effects of rumen-protected oil supplementation on finishing grazing beef cattle. *Trop. Anim. Health Prod.* 1-7. doi: 10.1007/s11250-019-02067-x

- 1 Samuelson, K. L.; Hubbert, M. E.; Galyean, M. L. and Löest, C. A. 2016. Nutritional
2 recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and
3 Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science* 94:2648-2663.
4 <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0282>
- 5 Scheffler, J. M., M. A. McCann, S. P. Greiner, H. Jiang, M. D. Hanigan, G. A. Bridges, S. L.
6 Lake, and D. E. Gerrard. 2014. Early metabolic imprinting events increase marbling scores
7 in fed cattle. *J. Anim. Sci.* 92:320–324. doi:10.2527/jas.2012-6209.
- 8 Schenkel, F.S., S.P. Miller and J.W. Wilton. 2004. Genetic parameters and breed differences
9 for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. *Canadian*
10 *Journal of Animal Science.* 84:177-185.
- 11 Shingfield, K. J., M. R. F. Lee, D.J. Humphries, N. D. Scollan, V. Toivonen, C. K. Reynolds,
12 and D. E. Beever. 2010. Effect of incremental amounts of fish oil in the diet on ruminal
13 lipid metabolism in growing steers. *Brit. J. Nutrition.* 104:56-66. doi:
14 10.1017/S0007114510000292
- 15 Silvestre, A. M. and Millen, D. D. 2021. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices
16 provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*
17 50:e20200189. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200189>.
- 18 Smith, G. C., J. W. Savell, H. G. Dolezal, T. G. Fields, D. R. Gill, D. B. Griffin, D. S. Hale, J.
19 B. Morgan, S. L. Northcutt, J. D. Tatum, R. Ames, S. Boleman, B. Gardner, W. Morgan,
20 and M. Smith. 1995. Improving the quality, consistency, competitiveness, and market-
21 share of beef. The final report of the second blueprint for total quality management in the
22 fed-beef (slaughter steer/ heifer) industry. Final Report of the National Beef Quality Audit–
23 1995. National Cattlemen’s Assoc., Englewood, CO.
- 24 Smith, G. C., J. W. Savell, R. P. Clayton, T. G. Field, D. B. Griffin, D. S. Hale, M. F. Miller,
25 T. H. Montgomery, J. B. Morgan, J. D. Tatum, and J. W. Wise. 1992. Improving the
26 consistency and competitiveness of beef: a blueprint for total quality management in the
27 fed beef industry. Final Report of the National Beef Quality Audit–1991. National
28 Cattlemen’s Assoc., Englewood, CO.
- 29 Smith, J. K., & Greiner, S. P. (2013). Selection for Marbling and the Impact on Maternal Traits.
30 Smith, S. B., D. K. Lunt, K. Y. Chung, C. B. Choi, R. K. Tume, and M. Zembayashi. 2006.
31 Review article: Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during
32 growth in beef cattle. *Anim. Sci. J. (Jpn.)* 77:478-486. doi:10.1111/j.1740-
33 0929.2006.00375.x

- 1 Smith, S. B., H. Kawachi, C. B. Choi, C. W. Choi, G. Wu, and J. E. Sawyer. 2009. Cellular
2 regulation of bovine intramuscular adipose tissue development and composition. *J. Anim.*
3 *Sci.* 87 (E. Suppl.):E72-E82. doi:10.2527/jas.2008-1340
- 4 Smith, S. B.; Crouse, J. D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to
5 lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. **The Journal of**
6 **Nutrition.** 114:792–800.
- 7 Stannard, S. R., and N. A. Johnson. 2004. Insulin resistance and elevated triglyceride in muscle:
8 More important for survival than “thrifty” genes? *J. Physiol.* 554:595–607.
- 9 Sukhija, P. S., and D. L. Palmquist. 1990. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty
10 acids in rumen fluid. *J. Dairy Sci.* 73:1784–1787. doi:10.3168/jds. S0022-0302(90)78858-
11 3.
- 12 Tan, B., Y. Yin, Z. Liu, X. Li, H. Xu, X. Kong, R. Huang, W. Tang, I. Shinzato, S. B. Smith,
13 and G. Wu. 2008. Dietary L-arginine supplementation increases muscle gain and reduces
14 body fat mass in growing-finishing pigs. *Amino Acids* doi:10.1007/s00726-008-0148-0
15 (published online).
- 16 Terakado, A.P.N.; Boligon, A.A.; Baldi, F.; Silva, J.A.II V.; Albuquerque, L.G. Genetic
17 associations between scrotal circumference and female reproductive traits in Nelore
18 cattle, *Journal of Animal Science*, Volume 93, Issue 6, June 2015, Pages 2706–
19 2713, <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8817>
- 20 Tong, J., M. J. Zhu, K. R. Underwood, B. W. Hess, S. P. Ford, and M. Du. 2008. AMP-activated
21 protein kinase and adipogenesis in sheep fetal skeletal muscle and 3T3–L1 cells. *J. Anim.*
22 *Sci.* 86:1296–1305.
- 23 Uezumi, A., S. Fukada, N. Yamamoto, S. Takeda, and K. Tsuchida. 2010. Mesenchymal
24 progenitors distinct from satellite cells contribute to ectopic fat cell formation in skeletal
25 muscle. *Nat. Cell Biol.* 12:143–152.
- 26 Uezumi, A., T. Ito, D. Morikawa, N. Shimizu, T. Yoneda, M. Segawa, M. Yamaguchi, R.
27 Ogawa, M. M. Matev, Y. Miyagoe-Suzuki, S. Takeda, K. Tsujikawa, K. Tsuchida, H.
28 Yamamoto, and S. Fukada. 2011. Fibrosis and adipogenesis originate from a common
29 mesenchymal progenitor in skeletal muscle. *J. Cell Sci.* 124:3654–3664.
- 30 Valadares Filho, S. C.; Costa e Silva, L. F.; Lopes, S. A.; Prados, L. F.; Chizzotti, M. L.;
31 Machado, P. A. S.; Bissaro, L. Z. and Furtado, T. 2016. BR-CORTE 3.0. Cálculo de
32 exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros
33 e cruzados. 3.ed. Suprema Gráfica Ltda, Visconde do Rio Branco.

- 1 Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; and Magalhães, K. A. 2006. Exigências nutricionais
2 de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE. 1.ed. Suprema Gráfica
3 Ltda, Visconde do Rio Branco.
- 4 Vasconcelos, J. T. and Galyean, M. L. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting
5 nutritionists: the 2007 Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science* 85:2772-
6 2781. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0261>
- 7 Vellini, B. L., Prados, L. F., Monção, F. P., Fireman, A. K., Resende, F. D., & Siqueira, G. R.
8 (2020). Zinc amino acid complex in association with chromium methionine improves the
9 feed efficiency of finished Nellore cattle in the feedlot. *Animal Feed Science and*
10 *Technology*, 262, 114430. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114430
- 11 Volpato, A. M., A. Schultz, E. Magalhães-da-Costa, M. L. Correia, M. B. Águila, and C. A.
12 Mandarim-de-Lacerda. 2012. Maternal high-fat diet programs for metabolic disturbances
13 in offspring despite leptin sensitivity. *Neuroendocrinology* 96:272–284.
- 14 Wanapat, M., C. Mapato, R. Pilajun, and W. Toburan. 2011. Effects of vegetable oil
15 supplementation on feed intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass
16 characteristic of growing swamp buffaloes. *Livest. Sci.* 135:32-37. [doi:](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.006)
17 [10.1016/j.livsci.2010.06.006](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.006)
- 18 Ward, S. S., and N. C. Stickland. 1991. Why are slow and fast muscles differentially affected
19 during prenatal undernutrition? *Muscle Nerve* 14:259–267.
- 20 Zembayashi, M., K. Nishimura, D. K. Lunt, and S. B. Smith. 1995. Effect of breed type and
21 sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing
22 steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 73:3325-3332. [doi:10.2527/1995.73113325x](https://doi.org/10.2527/1995.73113325x)
- 23 Zhu, M. J., S. P. Ford, W. J. Means, B. W. Hess, P. W. Nathanielsz, and M. Du. 2006. Maternal
24 nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. *J. Physiol.* 575:241–
25 250.
- 26 Zinn, R.A., 1989a. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value
27 in finishing diets for feedlot steers: feedlot cattle growth and performance. *J. Anim. Sci.*
28 67, 1029–1037. <https://doi.org/10.2527/jas1989.6741029x>.
- 29 Zinn, R.A., 1989b. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value
30 in finishing diets for feedlot steers: metabolism. *J. Anim. Sci.* 67, 1038–1049.
31 <https://doi.org/10.2527/jas1989.6741038x>.

CAPÍTULO 2 “The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists”

(Artigo publicado na Revista Brasileira de Zootecnia, 2021, 50: e20200189,
doi.org/10.37496/rbz5020200189)

ABSTRACT - This survey aimed to provide a current outlook of nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot nutritionists in Brazil. The survey questionnaire consisted of 96 questions that included general information on nutritionists, animals, ingredients utilized in finishing diets, management and formulation practices, feeding management, and challenges associated with applying nutritional recommendations in practice. Thirty-six nutritionists, responsible for 4,671,062 animals in Brazil, responded our questionnaire. An increase in the percentage of nutritionists (38.9%) recommending 66% or more grain inclusion in the diets was observed. Fine grinding remained the preferred grain processing method by nutritionists (44.4%); however, more than 50% of nutritionists recommended highmoisture harvest and storage as the secondary grain processing method of choice. The average level of concentrate in the diets was 83.3%, which is higher compared with past surveys. The preferred fiber analysis method by 80.6% respondents was physically effective neutral detergent fiber (peNDF), and corn silage remained the main roughage source in finishing diets (69.4%). Improvements in diet mixing and distribution were also noted. While 79.0% of nutritionists' clients use a truck-mounted mixer and 69.5% of them also use programmed delivery per pen, 44.4% of the nutritionists reported that their clients use clean-bunk management. Respiratory diseases and acidosis (reported by 71.4 and 27.6% of the respondents, respectively) are among the main health problems. The present survey provides an overview of nutritional practices currently adopted by feedlot nutritionists, who played an important role on the improvement of feeding management in Brazil over the last 10 years.

Keywords: beef cattle, Brazil, energy, recommendation

1. Introduction

Brazil is the world largest beef exporter (FAO, 2019), which has increased the international market demand for Brazilian beef. As a result, the number of cattle finished in feedlots in Brazil increased approximately 100% from 2009 to 2019 [from 2,757,000 (ANUALPEC, 2009) to 6,090,000 (ABIEC, 2020)] as well as the percentage of feedlot animals slaughtered in relation to the total number of slaughtered heads: 14.06% (IBGE, 2019). However, when compared with American industries, the feedlot industry in Brazil is relatively recent, and based on a previous survey conducted in 2015 by Pinto and Millen (2019), it is still evolving.

Surveys with feedlot cattle nutritionists in the US (Vasconcelos and Galyean, 2007; Samuelson et al., 2016) and Brazil (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019), as well as with dairy nutritionists (Silva et al., 2019), have become popular in the last 15 years to describe nutritional recommendations and management practices currently adopted by feedlots, indicating critical changes over time, and also to show the evolution of the feedlot industry. Our previous survey (Pinto and Millen, 2019) showed a broader range of technology adoption, allowing an increase in the number of feedlots with programmed feed delivery, and resulted in an energy level increase for finishing diets, which was identified by the increased levels of grain and fat, improved grain processing, and utilized feeding with a better roughage source (corn silage). In addition, it was observed that feedlot cattle nutritionists in Brazil were more experienced and highly educated, which has certainly been contributing to the evolution of the Brazilian feedlot industry. Thus, this survey was designed to present an overview of the evolution of feedlot operations over the last 10 years in Brazil, especially focusing on the past four years.

Thus, our survey aimed to: provide a current outlook of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil; identify critical issues on feedlot operations at national level and compare their evolution with previous surveys conducted by Millen et al. (2009), Oliveira and Millen (2014) and Pinto and Millen (2019); and collaborate and provide insights for the research development to improve the Brazilian feedlot systems.

2. Material and Methods

This survey was planned and conducted at the College of Technology and Agricultural Sciences, São Paulo State University, campus of Dracena, Brazil. The approval of this study by the Animal Care and Use Committee was not required since no animals were used. Furthermore, according to Article 1, sole paragraph from the Resolution 510/16, National Health Council of the Ministry of Health in Brazil: “there is no need to submit a project to Ethics Committee when interviewed participants are not identified and the survey has public access”.

2.1.Nutritionists and data collection

Data collection was carried out according to Pinto and Millen (2019). Based on a list of contacts provided by the authors, 54 consulting feedlot cattle nutritionists were invited to participate in the survey. These nutritionists were selected because they represent typical cattle

feeding practices in different geographical locations of Brazil. The first contact was made by email where each of them received a brief description of the project, instructions to access the survey, and a unique personal identification number to guarantee anonymity. Forty-five nutritionists agreed to participate, and 36 ultimately completed the survey. The questionnaire was posted on the web (<https://www.typeform.com>) and was available for two months (between December 2, 2019 and January 25, 2020).

2.2.Survey questions

Based on the evolution of the feedlot industry reported by Pinto and Millen (2019), 13 additional questions were included in this survey, which had 96 questions divided as follows: general information about the participating nutritionists ($n = 11$), general commodity information ($n = 14$), use of concentrate coproducts ($n = 5$), roughage sources and levels ($n = 5$), adaptation methods and receiving programs ($n = 7$), mixers ($n = 6$), feeding management ($n = 5$), cattle management and information ($n = 17$), formulation practices ($n = 17$), information on resources used for nutritional recommendations ($n = 2$), major health problems ($n = 6$), and challenges faced by the nutritionists in the field to put their nutritional recommendations into practice. The terms “primary” and “secondary” were used to describe the most often and second most often used feedstuffs, feed additives, and grain processing methods.

2.3.Data analyses

Data were tabulated in an Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA) spreadsheet, and the number of responses, mean, minimum value, maximum value, and mode were calculated for the responses to all questions. Statistical analyses were conducted according to Pinto and Millen (2019). Correlation analyses were performed between all variables, when appropriate, by the CORR procedure of SAS, (Statistical Analysis System, version 9.4). Seventeen correlations between the following variables were reported in this study because of their significant response and also for being reported previously by Pinto and Millen (2019): feedlot size vs. feeding frequency, feedlot size vs. percentage of clients who do not use any mixer, feedlot size vs. inclusion level of concentrate, feedlot size vs. inclusion level of grains, feedlot size vs. bunk space, feedlot size vs. percentage of clients who adopted continuous delivery, feedlot size vs. bunk management, inclusion level of concentrate vs. percentage of clients who add water to the mixed diets, feeding frequency vs. inclusion level of concentrate, feeding frequency vs. bunk space, inclusion level of forage vs. bunk space, bunk space vs. percentage of clients who

adopted continuous delivery, total digestible nutrients (TDN) content of finishing diets vs. percentage of clients who used coproducts, TDN content of finishing diets vs. bunk management, TDN content of finishing diets vs. percentage of clients who added water to diets, physically effective neutral detergent fiber (peNDF) content vs. fat content of finishing diets, and percentage of clients who do not use any mixer vs. percentage of clients who adopted continuous delivery. The results were considered significant at $P < 0.05$ level.

3. Results

3.1. General information

All 36 participants who answered this survey were responsible for a total of 5,190,051 animals; however, eleven nutritionists also practiced in other countries, including Paraguay ($n = 9$), Uruguay ($n = 2$), Bolivia ($n = 4$), and Russia, Nicaragua, Argentina, and the United States ($n = 1$), and reported a total of 518,989 animals assisted in foreign countries, which were also included in the data reported in this survey because separation was not possible based on the way data were collected. As a result, the nutritionists interviewed in this survey were responsible for 4,671,062 animals in Brazil. Most surveyed nutritionists declared having clients in the state of São Paulo (75.0%), 69.4% reported that most of their clients were in Mato Grosso, 61.1% serviced most of their clients in Mato Grosso do Sul, 58.3% responded in Goiás, 44.4% in Pará, 41.7% in Minas Gerais, 36.1% in Tocantins, 33.3% in Paraná, 13.9% in Bahia, 11.1% in Rondônia, 8.3% in Rio Grande do Sul, 2.8% in Alagoas, 2.8% in Sergipe, and 2.8% in Espírito Santo. The sum of nutritionists is higher than 100% because most of them have clients in more than one state. Furthermore, the interviewed consulting nutritionists reported visits to their clients every 34.2 days, on average.

Out of the 36 surveyed nutritionists, 47.2% were representatives of a corporate feed manufacturing company, 36.1% worked for a nutritional consulting company, 5.6% were associated with a university, 5.6% were independent consultants, 2.8% worked for a state research corporation, and 2.8% was a distributor and representative. Regarding their practice time, 83.3% of participants had been practicing for more 10 years, 11.1% from 8 to 10 years, and 5.6% from 5 to 8 years.

When asked about their terminal degree, 33.3% nutritionists reported a Bachelor of Science degree (agronomy, animal science, or veterinary medicine) with graduate certificate

courses in cattle nutrition, 30.6% declared having a Ph.D degree, 25.0% a Master of Science degree, and 11.1% a Bachelor of Science degree. Most of the participating nutritionists (42.3%) reported that their degree was obtained in universities of the state of São Paulo, whereas the others declared that their degree were from universities from states of Minas Gerais (19.2%), Goiás (13.5%), Paraná (11.5%), Mato Grosso do Sul (7.7%), and Mato Grosso (5.8%).

Furthermore, nutritionists were asked about the average number of cattle in feedlot operations their practices serviced, 11.1% reported having clients that feed <1,000 animals, 52.8% had clients who feed from 1,001 to 5,000 animals, 19.4% responded assisting feedlots ranging from 5,001 to 10,000 animals, 11.1% reported having clients who feed from 10,001 to 20,000 animals, and 5.6% assisted only feedlots with a capacity of more than 20,000 animals on feed.

3.2. Information on grains and energy levels

3.2.1. Grains

Corn was the most utilized grain, reported by 97.2% of the nutritionists (Table 1), followed by sorghum (2.8%). In addition, flint type (100%) was the most fed corn in feedlot operations in Brazil. The secondary grain choice for 79.4% of the nutritionists was sorghum.

Table 1. General commodity information recommended for finishing diets by the surveyed Brazilian consulting nutritionists.

Information	No. of responses¹	% of responses
Primary source of used grain		
Corn	35	97.22
Sorghum	1	2.78
Secondary source of used grain (n = 34)		
Sorghum	27	79.41
Corn	6	17.65
Millet	1	2.94
Type of used corn (n = 35)		
Flint	35	100.00
Dent	0	0.00
Primary grain processing method		
Finely ground	16	44.44
Coarsely ground	13	36.11
High moisture harvesting and storage	5	13.89
Only cracked	1	2.78
Reconstituted grain	1	2.78
Secondary grain processing method		
High moisture harvesting and storage	19	52.78
Finely ground	9	25.00
Coarsely ground	5	13.89
Whole shelled corn grain	2	5.56
Steam-flaking	1	2.78
Inclusion level of of grains in finishing diet, % of DM²		
20 to 35	2	5.56
36 to 50	2	5.56
51 to 65	18	50.00
66 to 80	12	33.33
81 or more	2	5.56
Inclusion level of concentrate in finishing diet, % of DM		
Less than 55	1	2.78
56 to 70	0	0.00
71 to 80	12	33.33
81 to 90	23	63.89
91 or more	0	0.00

¹Number of responses when nutritionists chose only one answer for a question; ² Dry Matter.

3.2.2. Grain processing methods

Fine grinding was the primary grain processing method adopted by feedlot nutritionists in Brazil (16, 44.4%), followed by coarse grinding (36.1%) and high-moisture harvesting and storage (13.9%; Table 1). The secondary preferred grain processing method by the participating nutritionists was high-moisture harvesting and storage (52.8%). Nutritionists were also questioned about corn granulometry used in Brazilian feedlots, and 29 of them reported an average of 3.2 mm.

3.2.3. Average inclusion level of grain and concentrate

About 50% of the consultants included from 51 to 65% (Table 1) of grain in the finishing diet (dry matter (DM) basis). Although the correlation between feedlot size and inclusion level of grains in finishing diets was not significant ($r = 0.14$, $P = 0.41$), the inclusion levels of grain in finishing diets of feedlot operations in Brazil have been increasing in the last decade based on the percentage of nutritionists who include more than 66% grains in finishing diets (Figure 1). Likewise, the inclusion level of concentrate in the diets also increased over the last decade, with 97.2% of the participants recommending from 71 to 90% per kg of diet DM (Figure 2). As for grain level, the correlation between feedlot size and inclusion level of concentrate in finishing diets was not significant ($r = 0.23$, $P = 0.17$).

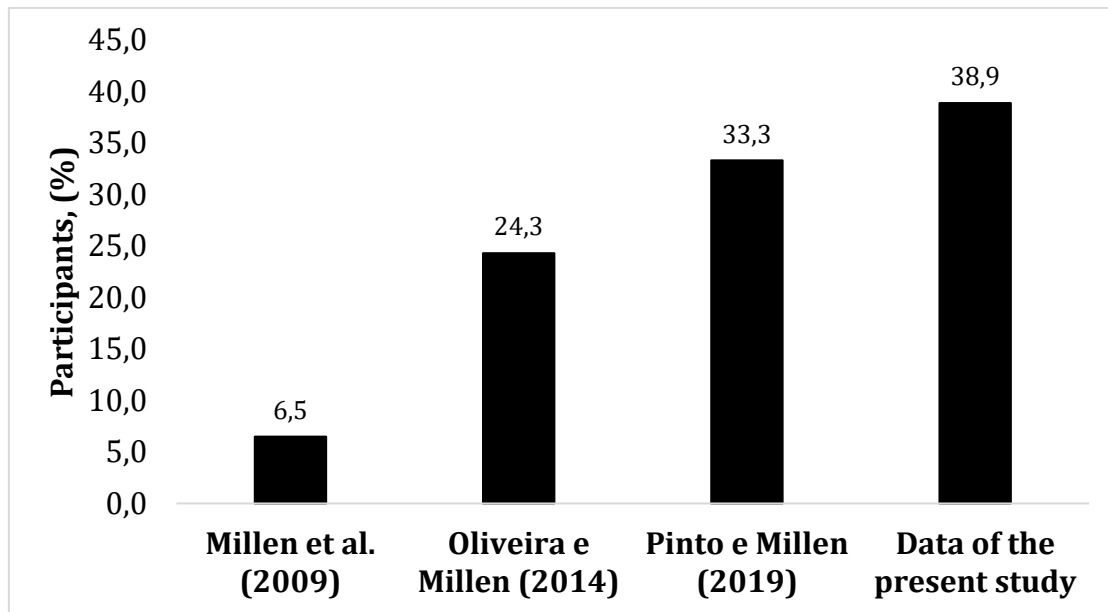


Figure 1. Percentage of the Brazilian nutritionists who recommended more than 66% of grains per kg of diet DM.

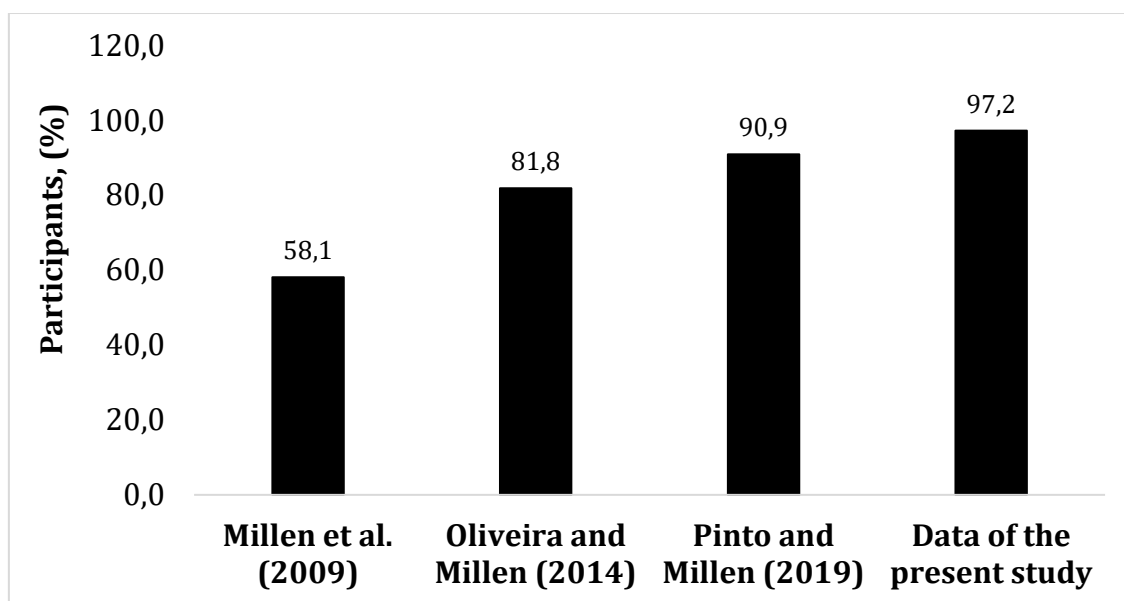


Figure 2. Percentage of the Brazilian nutritionists who recommended from 71 to 90% concentrate ingredients per kg of diet DM.

3.3. Sources of information on feed energy values

The most common measure of energy unit utilized for diet formulation by the consulting nutritionists was total digestible nutrients (TDN; 52.8%), followed by net energy for gain (NEg; 16.7%), metabolizable energy (ME; 22.2%), and non-fibrous carbohydrates (8.3%; Table 2). The main source of information for feed energy values was the RLM (Ração de Lucro Máximo, 2014), which was the choice of 36.1% surveyed nutritionists, followed by Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS; 19.4%), NRC (1996; 13.9%), NASEM (2016; 11.1%), and BR-Corte (Valadares Filho et al., 2016; 8.3%). In addition, 5.6% of the participants responded that they use the Cargill System for information on feed energy values, whereas 2.8% used their own information, and another 2.8% preferred the Agricultural and Food Research Council (AFRC).

178 **Table 2.** Information on energy values and types of energy units used to formulate diets adopted by the interviewed consulting nutritionists.

Information	No. of responses ¹	% of responses	Average level	Maximum	Minimum	Mode
Type of energy unit used to formulate finishing diets						
Total digestible nutrients (%)	19	52.78	74.66 (n = 19)	79.00	70.00	75.00
Net energy for gain (Mcal/kg DM ²)	8	16.67	1.33 (n = 5)	1.48	1.20	
Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	6	22.22	2.89 (n = 8)	3.2	2.60	2.87
Non-fibrous carbohydrates (%)	3	8.33	52.67 (n = 3)	54.00	50.00	54.00
Source of information on energy values³						
RLM	13	36.11				
CNCPS 2000	7	19.44				
NRC 1996	5	13.89				
BCNRM 2016	4	11.11				
BR-Corte 2016	3	8.33				
Cargill System	2	5.56				
Own information	1	2.78				
AFRC	1	2.78				

179 ¹Number of responses when nutritionists chose only one answer for a question; ²Dry Matter; ³RLM = Ração de Lucro Maximo; CNCPS = Cornell
 180 Net Carbohydrate and Protein System; NRC = Nutrient Requirements of Beef Cattle; BCNRM = Beef Cattle Nutrient Requirements Model; AFRC
 181 = Agricultural and Food Research Council.

182 **Table 3.** Concentrate coproduct used in finishing diets by the surveyed Brazilian consulting nutritionists

Coproduct	No. of responses ¹	% of responses	Average level	Maximum	Minimum	Mode
Primary used concentrate coproduct						
Whole cottonseed	19	52.78	14.64 (n = 18)	20.00	8.00	15.00
Citrus pulp pellets	11	30.56	27.75 (n = 10)	35.00	20.00	35.00
DDG ²	3	8.33	15.00 (n = 3)	15.00	15.00	15.00
Soybean hulls	1	2.78	10 (n = 1)	10.00	10.00	-
WDG ³	1	2.78	30 (n = 1)	30.00	30.00	-
Cotton Cake	1	2.78	25 (n = 1)	25.00	25.00	-
Secondary used concentrate coproduct						
Soybean hulls	10	27.78	17,70 (n = 10)	30.00	7.00	15.00
Whole cottonseed	10	27.78	11,55 (n = 10)	15.00	5.00	15.00
DDG	6	16.67	14,49 (n = 6)	30.00	3.50	-
Citrus pulp pellets	6	16.67	29,42 (n = 6)	35.00	23.00	35.00
Cotton cake	2	5.56	15,00 (n = 2)	15.00	15.00	15.00
Corn gluten feed	1	2.78	17,50 (n = 1)	17.50	17.50	-
Brewery wet residue	1	2.78	15,00 (n = 1)	15.00	15.00	-
Percentage of clients that use some type of coproduct in finishing diets						
Mean		82.28				
Maximum		100.00				
Minimum		5.00				
Mode		100.00				

183 **Note:** ¹number of responses when nutritionists chose only one answer for a question; ² Dry Distillers Grains; ³ Wet Distillers grains.

3.4. Use of coproducts

Whole cottonseed was indicated by 52.8% of the participants as the primary coproduct used in finishing diets, followed by citrus pulp pellets (30.6%), dried distillers grains (DDG; 8.3%), soybean hulls (2.8%), wet distillers grains (2.8%), and cotton cake (2.8%; Table 3). The average inclusion level of whole cottonseed was of 14.6% of diet DM, whereas citrus pulp pellets were included at 27.8%. Most of the clients served by the interviewed nutritionists included some type of coproduct in finishing diets. In addition, the correlation between TDN content of finishing diets and percentage of clients who used some sort of coproducts, analyzed in this study, was not significant ($r = 0.34$, $P = 0.16$).

3.5. Roughage sources, levels, and methods of fiber analysis

3.5.1. Roughage sources and levels

The typical level of roughage inclusion in finishing diets recommended by the surveyed nutritionists was 16.8% of diet DM (Table 4), which represented approximately a 42% decrease when compared with the very first Brazilian feedlot survey conducted in 2009 (Millen et al., 2009; Figure 3). Corn silage was the primary roughage source in finishing diets, which was used by 69.4% of the respondents, followed by sugarcane bagasse (11.1%), grass silage (8.3%), hay (5.6%), cottonseed pod (2.8%), and sugarcane silage (2.8%). The secondary roughage recommended by 36.1% of the participants was sugarcane bagasse, 27.8% reported the use of grass silage, 13.9% used sorghum silage, 11.1% sugarcane silage, 8.3% corn silage, and 2.8% fresh-chopped sugarcane.

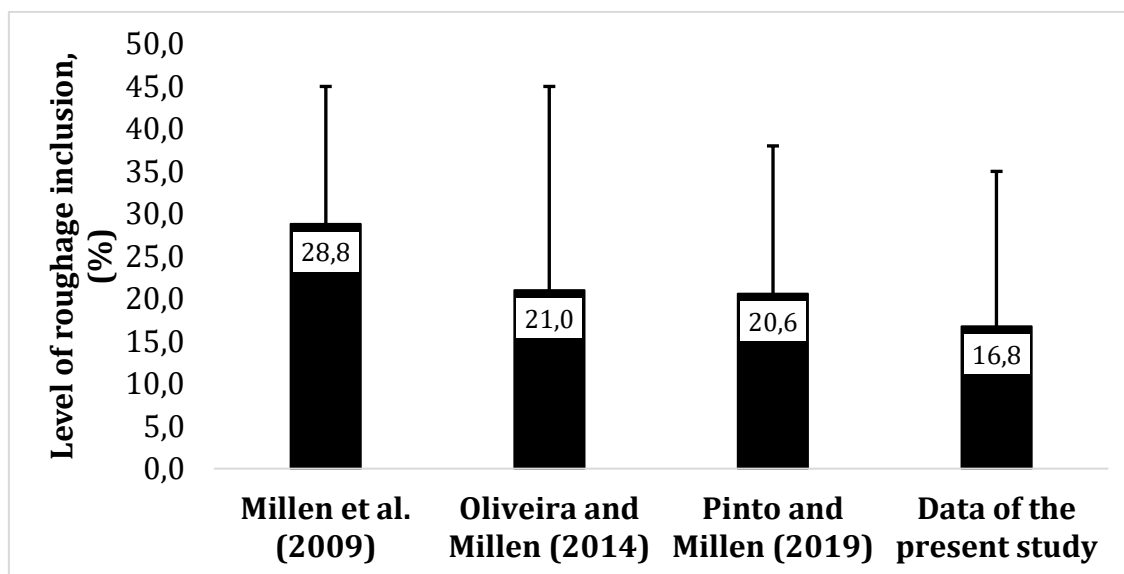


Figure 3. Typical level of roughage inclusion in finishing diets recommended by the Brazilian nutritionists surveyed over the last 10 years.

Table 4. Roughage sources and levels, and fiber analysis methods used by the Brazilian consulting nutritionists surveyed.

Roughage	No. of responses ¹	% of responses
Primary roughage source		
Corn silage	25	69.44
Sugarcane bagasse	4	11.11
Grass silage	3	8.33
Hay	2	5.56
Cottonseed pod	1	2.78
Sugarcane silage	1	2.78
Secondary roughage source		
Sugarcane bagasse	13	36.11
Grass silage	10	27.78
Sorghum silage	5	13.89
Sugarcane silage	4	11.11
Corn silage	3	8.33
Fresh-chopped sugarcane	1	2.78
Preferred method of fiber analysis		
peNDF ²	29	80.56
NDF ³	4	11.11
Roughage NDF	2	5.56
ADF ⁴	1	2.78
Typical range of inclusion of roughage in finishing diets % of DM		

Mean	16.75
Maximum	35.00
Minimum	7.17
Mode	15.00

Note: ¹number of responses when nutritionists chose only one answer for a question; ²

Physically Effective Neutral Detergent Fiber; ³ Neutral Detergent Fiber; ⁴ Acid Detergent Fiber.

3.5.2. Methods of fiber analysis

The preferred fiber analysis method for finishing diets reported by 80.6% of the respondents (Table 4) was dietary peNDF followed by dietary neutral detergent fiber (NDF; 11.1%), roughage NDF (5.6%), and dietary acid detergent fiber (2.8%). The average dietary peNDF inclusion level reported by the surveyed nutritionists was 14.3% of diet DM. For nutritionists who reported the use of dietary NDF, the recommendation of dietary NDF content in finishing diets was 21.8%.

3.6. Receiving programs and adaptation methods for cattle

3.6.1. Receiving programs

The most adopted receiving program by nutritionists was a feedlot bunk containing a mix of roughage and concentrate (44.4%; Table 5). The pasture plus a bunk containing concentrate was the second most used receiving program reported by the participants in this survey (30.6%). For all 35 nutritionists who recommended receiving programs to their clients, 9.7 days was the average number of days that the cattle spent in this program.

Table 5. Cattle adaptation and receiving program methods used by the Brazilian consulting nutritionists surveyed.

Program methods	No. of responses ¹	% of responses
Methods used for adapting cattle to finishing diet		
Multiple step-up diets	22	61.11
Only one diet containing less energy than final diet	7	19.44

Blending of two diets	5	13.89
Final diet limited by quantity	1	2.78
Multiple step-up diets associated with restriction	1	2.78
Receiving program		
Feedlot bunk containing roughage and concentrate	16	44.44
Pasture plus bunk containing concentrate	11	30.56
Feedlot bunk containing only roughage	5	13.89
Pasture	3	8.33
None	1	2.78
Average number of days in the receiving program (n = 35)		
Mean		9.68
Maximum		60
Minimum		2
Mode		3

231 **Note:** ¹number of responses when nutritionists chose only one answer for a question.

232

3.6.2. Adaptation methods

Multiple step-up diets were the preferred adaptation method reported by 61.1% of the participants. Nevertheless, 19.4% of the nutritionists reported the use of only one diet containing less energy than the finishing diet, followed by blending of two diets (13.9%), final diet limited by quantity fed (2.8%), and multiple step-up diets associated with restriction by quantity fed (2.8%; Table 5). Regarding multiple step-up diets, the nutritionists reported an average of 2.9 diets used within the adaptation period (average of 7.1 days per diet), which resulted in an average number of days for the entire adaptation period of 19.2 (Table 6). When questioned about the average initial roughage concentration, participants recommended 36.9% of diet DM.

244 **Table 6.** Recommendations for each adaptation method used by the surveyed Brazilian consulting nutritionists.

Recommendations	Mean	No. of respondents ¹	Minimum	Maximum	Mode
Multiple step-up diets					
Number of step-up diets used	2.88	21	2	4	3
Number of days per diet	7.14	20	3	14	4
Average number of days to the final diet	19.22	20	8	35	10
Initial level of roughage, % of DM ²	36.89	22	18	50	40
Final diet limited by quantity					
Average number of days to the final diet	40.00	1	40	40	-
Initial level of roughage, % of DM	15.00	1	15	15	-
Only one diet containing less energy than final diet					
Average number of days to the final diet	24.71	7	12	60	15
Initial level of roughage, % of DM	37.79	7	22	45	45
Blending of two diets					
Average number of days to the final diet	14.67	3	6	21	-
Initial level of roughage, % of DM	36.50	5	27.5	40	40

245 **Note:** ¹all nutritionists had either an answer for all possible choices or more than one answer per question; ² Dry Matter.

3.7. General feeding and bunk management

3.7.1. Mixers

The surveyed nutritionists reported that 79.0% of their clients used truck-mounted mixers, 16.3% used a combination of stationary mixer/delivery trucks, and 4.9% utilized only delivery trucks (Table 7). In addition, the participants indicated that 81.6% of their clients used horizontal mixers. The percentage of nutritionists' clients not using any mixer in this survey was 10%; however, this data was not significantly correlated with feedlot size ($r = -0.24$, $P = 0.15$).

Table 7. Mixers and feeding management information provided by the surveyed Brazilian consulting nutritionists.

	No. of	Mean	Minimum	Maximum	Mode
Mixers and feeding management respondents¹					
Mixers (%)					
Truck-mounted mixers	36	79.01			
Stationary mixer and delivery truck	36	16.33			
Delivery truck	36	4.89			
Not use any mixer	36	1.72			
Feed delivery (%)					
Programmed delivery per pen	36	69.47			
Continuous delivery	36	30.53			
Types of mixers used (%)					
Horizontal mixers	34	81.55			
Vertical mixers	34	8.43			
No mixer	34	10.01			
Feeding management					
Daily feeding interval (h)	36	3.01	1.5	6	3
Bunk space per animal (cm)	36	0.36	0.275	0.5	0.35
Area per animal in a pen (m ²)	36	15.18	10	20.5	15
Average mixing time for finishing diets (min)	36	6.11	4	15	5
Clients who add water to finishing diets (%)	36	45.08	0	100	0
Water added to finishing diets (%)	31	12.00	0	30	10

DM in finishing diets, %	36	65.42	55	80	65
	No. of responses ²	Percentage of responses			
Feeding					
Cattle are fed one time daily	0	0.00			
Cattle are fed two times daily	2	5.56			
Cattle are fed three times daily	6	16.67			
Cattle are fed four times daily	24	66.67			
Cattle are fed five times daily or more	4	11.11			
Bunk management					
Clean-bunk	16	44.44			
1 to 3% orts	15	41.67			
3 to 5% orts	5	13.89			
Water trough cleaning					
Once a week	11	30.56			
Twice a week	7	19.44			
Thrice a week	17	47.22			
Daily	1	2.78			
Use of sprinklers in the pen					
Yes	16	44.44			
No	20	55.56			

Note: ¹all nutritionists had either an answer for all possible choices or more than one answer per question; ²number of responses when nutritionists chose only one answer for a question.

3.7.2. Feed delivery and mixing

The percentage of nutritionists' clients using a programmed delivery per pen (69.5%) increased over the last decade (Figure 4); however, 30.5% of clients still adopt continuous delivery (Table 7). In this survey, the correlation between the percentage of clients who did not use any mixer and percentage of clients who adopted continuous delivery was significant ($r = 0.32$, $P = 0.05$) as well as the correlation between feedlot size and percentage of clients who adopted continuous delivery ($r = -0.37$, $P < 0.05$). The correlation is not causation, and based on this fact, nutritionists should make their recommendations considering unique aspects related to each client.

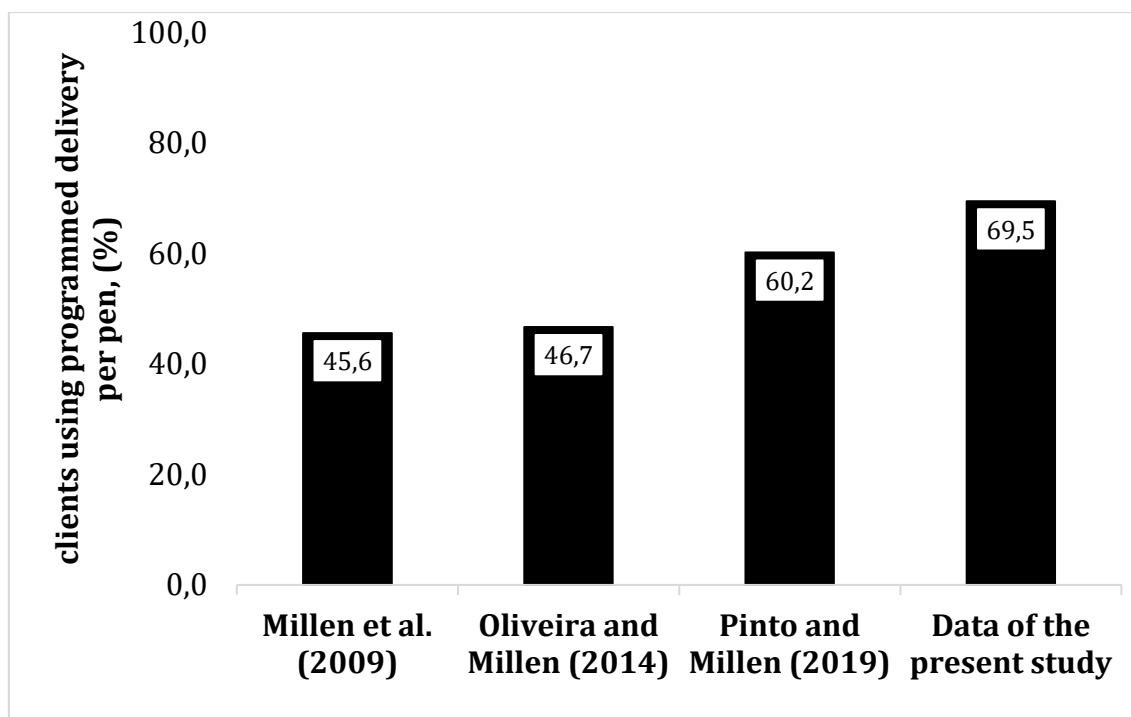


Figure 4. Evolution of the use of programmed delivery per pen in feedlot operations in Brazil. This figure depicts the percentage of nutritionists' clients using programmed delivery per pen over the last decade.

The surveyed nutritionists reported that 45.1% of their clientele added water to the finishing diet at 12.0% of diet DM (Table 7) during the process of mixing diets. Furthermore, the correlation between the percentage of clients who added water to the finishing diet and TDN content of the finishing diets was significant ($r = 0.66$, $P < 0.01$), showing that nutritionists consider the energy content of finishing diets as one of factors to make the decision of adding water to diets. The inclusion level of concentrate was not correlated with the percentage of clients who added water to the finishing diet ($r = 0.19$, $P = 0.26$). With respect to the average mixing time, the nutritionists recommended 6.1 min.

3.7.3. Water trough cleaning and sprinklers

About 47% of the participants reported that their clients cleaned water troughs three times a week, followed by once a week (30.6%), twice a week (19.4%), and daily (2.8%). The

use of sprinklers in feedlot pens was reported by 44.4%, but 55.6% did not report the use of sprinklers by their clients (Table 7).

3.8. Management of newly received cattle

Our respondents indicated that 91.1% of their clients used some method to sort cattle upon arrival at the feedlot. Most of nutritionists' clients (73.9%) sorted cattle based only on body weight (BW), 16.2% sorted cattle by BW and body condition score, 1.5% used only body condition score, 1.3% sorted cattle by using real-time ultrasound, and 7.1% used a combination of either BW and breed, BW and frame, or origin source (data not shown).

3.9. Cattle performance information

Bulls were the predominant type of cattle fed in Brazilian feedlots (by 87.5% of the clients), followed by heifers (26.4%), calves (15.3%), cull cows (14.7%), and steers (6.6%) (Table 8). All animals that were less than 12 months old were considered calves. In addition, about 85% of the nutritionists' clients fed Nelore cattle, and approximately 52% fed some sort of crossbred animals.

When asked about how their clients marketed their cattle, participants (n = 35) responded that 70% of their clients' market animals as a commodity, and 30% had an agreement with beef programs. Moreover, 57.9% of the livestock fed by nutritionists' clients were from traceability programs (data not shown).

306 **Table 8.** Cattle performance information provided by the surveyed consulting nutritionists in Brazil.

	Calves	Bulls	Steers	Heifers	Cull cows	Nellore	Crossbred
Average initial age (mo)	9.82 (n=25)	36.69 (n=35)	20.85 (n=20)	16.92 (n=33)	55.83 (n=23)		
Average initial BW¹ (kg)	236.67 (n=27)	376.09 (n=36)	371.82 (n=22)	292.21 (n=34)	386.42 (n=26)		
Average final BW (kg)	460.43 (n=23)	555.77 (n=35)	516.19 (n=21)	423.78 (n=32)	474.28 (n=25)		
Days on feed	158.20 (n=25)	106.82 (n=36)	98.86 (n=22)	88.71 (n=34)	65.42 (n=26)		
ADG² (kg)	1.33 (n=25)	1.58 (n=36)	1.41 (n=22)	1.29 (n=33)	1.31 (n=25)		
Feed-to-gain-ratio	6.53 (n=23)	6.99 (n=31)	8.02 (n=19)	7.66 (n=26)	8.79 (n=22)		
DMI³ (kg)	8.21 (n=22)	10.68 (n=34)	10.39 (n=20)	8.61 (n=29)	10.82 (n=23)	10.52 (n=26)	11.45 (n=25)
DMI (% of BW)	2.39 (n=25)	2.32 (n=36)	2.28 (n=21)	2.36 (n=31)	2.51 (n=25)	2.26 (n=29)	2.43 (n=28)
Clients who feed (%)	15.29 (n=29)	87.52 (n=35)	6.64 (n=31)	26.37 (n=35)	14.65 (n=31)	85.76 (n=34)	52.73 (n=34)

307 **Note:** ¹ Body Weight; ² Average Daily Gain; ³ Dry Matter Intake.

3.10. Recommended nutrient composition for finishing diets

3.10.1. Fat

The participants reported that the average dietary fat concentration in finishing diets (DM basis) was 5.22% (Table 9). Likewise, the maximum dietary fat concentration recommended (DM basis) by the nutritionists was 6.64% in the current survey. In addition, the relationship between fat and peNDF contents of finishing diets was not significantly correlated ($r = -0.28$, $P = 0.15$) in this study. Whole cottonseed was the main source of fat in Brazilian feedlot diets (75.0%), followed by cottonseed hulls, high oil (19.4%), rumen-protected fat (2.8%), and soybean sauce residue (2.8%).

317 **Table 9.** Fat and protein recommendations for finishing diets used by the surveyed Brazilian consulting nutritionists.

Recommendations	Mean	No. of respondents ¹	Minimum	Maximum	Mode
Recommended dietary fat (% of DM ²)	5.22	36	2.00	10.00	5.00
Maximum dietary fat recommended (% of DM)	6.64	35	3.00	9.00	6.00
Recommended level of CP ³ (% of DM)	13.69	36	12.00	15.80	14.00
Recommended level of urea (% of DM)	1.07	36	0.50	1.30	1.20
Nutritionists who formulate for RDP ⁴ (n = 36)	31 (86.11%) = Yes	5 (13.89%) = No			
RDP recommended for finishing diets (% of DM)	8.93	29	0.0	13.2	10
	Percentage of responses	No. of responses ⁵			
Main source of fat					
Whole cottonseed	75.00	27			
Cottonseed hulls, high oil	19.44	7			
Rumen-protected fat	2.78	1			
Shoyu sauce residue	2.78	1			
Primary source of protein					
Soybean meal	55.56	20			
Cottonseed meal	13.89	5			
Whole cottonseed	11.11	4			
DDG ⁶	11.11	4			
Cotton Cake	5.56	2			
Whole cottonseed and DDG	2.78	1			
Secondary source of protein (n = 35)					
Whole cottonseed	34.29	12			
Cottonseed meal	25.71	9			

Peanut meal	11.43	4
DDG	11.43	4
Soybean meal	8.57	3
WDG ⁷	2.86	1
Brewery Wet Residue	2.86	1
Cotton Cake	2.86	1

318 **Note:** ¹all nutritionists had either an answer for all possible choices or more than one answer per question; ² Dry Matter; ³ Crude Protein; ⁴ Rumen
319 Degradable Protein; ⁵ number of responses when nutritionists chose only one answer for a question; ⁶ Dry Distillers grains; ⁷ Wet Distillers
320 Grains.

3.10.2. Protein

The consulting nutritionists recommended 13.7, 8.9, and 1.1% (DM basis) for average concentrations of crude protein (CP), rumen degradable protein (RDP), and urea, respectively (Table 9). In the current survey, 86.1% of Brazilian consultants also declared to formulate diets for RDP. Soybean meal was the primary source of plant-based protein used by 55.6% of participants, followed by cottonseed meal (13.9%), whole cottonseed (11.1%), dried distillers grains (11.1%), cotton cake (5.6%), and whole cottonseed plus DDG (2.8%). The second most commonly used source of plant-based protein included in finishing diets and used by the surveyed nutritionists was whole cottonseed (34.3%), followed by cottonseed meal (25.7%), peanut meal (11.4%), DDG (11.4%), soybean meal (8.6%), wet distillers grains (2.9%), brewery wet residue (2.9%), and cotton cake (2.9%).

3.10.3. Macro minerals

The average Ca concentration recommended by the surveyed nutritionists for finishing diets was 0.63% of diet DM (Table 10). Regarding P, K, and S concentrations, participants recommended 0.30, 0.75, and 0.19% of diet DM, respectively. Finally, the nutritionists' recommendations for Mg and Na in finishing diets were, on average, 0.18% of diet DM.

Table 10. Feed additives and major and trace mineral recommendations by the surveyed Brazilian consulting nutritionists (DM basis).

Item	Mean	No. of respondents ¹	Minimum	Maximum	Mode
Major minerals, % of diet					
Ca	0.63	28	0.00	1.40	0.80
P	0.30	28	0.14	0.60	0.30
K	0.75	26	0.49	1.20	0.80
Na	0.18	28	0.00	1.00	0.20
Cl	0.21	15	0.00	0.50	0.25
S	0.19	26	0.04	0.75	0.20
Mg	0.18	25	0.08	0.50	0.20
Trace minerals, mg/kg of diet					
Fe	63.00	16	18.00	150.00	50.00
Zn	55.08	24	22.00	90.00	40.00
Cu	15.50	23	5.00	25.00	15.00

I	0.66	22	0.50	1.00	0.50
Mn	42.17	23	6.00	60.00	30.00
Vitamin, 1000 IU/kg					
A	2583.50	20	0.00	5000.00	2200.00
D	291.59	17	0.00	625.00	0.00
E	24.20	19	0.00	50.00	30.00

Note: ¹all nutritionists had either an answer for all possible choices or more than one answer per question.

3.10.4. Trace minerals

The recommended concentrations of trace minerals provided by the interviewed nutritionists were 15.5, 63.0, 33.0, 0.7, and 55.1 mg/kg of diet DM for Cu, Fe, Mn, I, and Zn, respectively (Table 10).

3.10.5. Vitamins

The average recommended vitamin A, D, and E concentrations were 2,583.5, 291.6, and 24.2 IU/kg, respectively (Table 10).

3.10.6. Feed additives

The nutritionists interviewed in this survey declared that 99.8% of their clients utilized some type of additive in finishing diets (Table 11). With respect to the primary feed additive used in finishing diets, 86.1% of the participants reported sodium monensin, with the recommended inclusion level of 24.6 mg per kg (DM basis), on average. Other feed additives cited by the nutritionists included virginiamycin (5.6%), followed by salinomycin (5.6%) and a combination of monensin and virginiamycin (2.8%). When asked about the secondary feed additive used by their clients in finishing diets, 65.7% of the nutritionists responded virginiamycin, 8.6% reported the use of lasalocid, 5.7% responded monensin, 5.7% used functional oils, 2.9% reported using salinomycin, 2.9% yeast, 2.9% tannin, 2.9% sodium bicarbonate, and 2.9% flavomycin. An additional question was asked in this survey related to mycotoxin adsorbents, and the participants responded that only 18.8% of the clients used some type of adsorbent.

362 **Table 11.** Feed additive recommendations for finishing diets used by the surveyed Brazilian consulting nutritionists.

Recommendations	No. of responses¹	Mean (%)				
Clients who use mycotoxin adsorbents (%)	35	18.77				
Clients who use some kind of feed additive (%)	36	99.78				
Primary feed additive used			Recommended level	Minimum	Maximum	Mode
Monensin (mg/kg of DM ²)	31	86.11	24.58	18.00	30.00	25.00
Virginiamycin (mg/kg of DM)	2	5.56	25.00	25.00	25.00	25.00
Salinomycin (mg/kg of DM)	2	5.56	13.00	13.00	13.00	13.00
Monensin and Virginiamycin (mg/kg of DM)	1	2.78	23.00	-	-	-
Secondary feed additive used (n = 35)						
Virginiamycin (mg/kg of DM)	23	65.71	20.30	15.00	25.00	20.00
Lasalocid (mg/kg of DM)	3	8.57	25.00	16.00	35.00	-
Monensin (mg/kg of DM)	2	5.71	21.00	20.00	22.00	-
Functional oils (mg/kg of DM)	2	5.71	50.00	-	-	-
Salinomycin (mg/kg of DM)	1	2.86	12.00	-	-	-
Yeast (g/kg of DM)	1	2.86	1.00	-	-	-
Tannin (g/kg of DM)	1	2.86	7.00	-	-	-
Sodium Bicarbonate (g/kg of DM)	1	2.86	6.00	-	-	-
Flavomycin (mg/kg of DM)	1	2.86	4.00	-	-	-

363 **Note:** ¹number of responses when nutritionists chose only one answer for a question; ² Dry Matter.

3.11. Sources of information

When asked about nutritional models they used, 30.6% of the Brazilian nutritionists interviewed responded RLM (Ração de Lucro Máximo, 2014), which was followed by NRC (1996; 13.9%), CNCPS (13.9%), NASEM (2016; 13.9%), private company source (8.3%), own information (5.6%), BR-Corte (Valadares Filho et al., 2006; 5.6%), NRC (1984; 2.8%), LRNS (2.8%), and AFRC/NRC/ own information (2.8%).

Regarding the source of scientific or general information used by the consulting nutritionists (91.7%), the Journal of Animal Science was the most common answer (81.8%), followed by the Brazilian Journal of Animal Science (6.1%), articles from agriculture and livestock magazines (6.7%), conferences proceedings (3.0%), and technical company bulletin (3.0%; data not shown).

3.12. Problems reported by the nutritionists

3.12.1. Health problems

The main health problems indicated by the nutritionists were respiratory diseases (71.4%), followed by acidosis (11.4%), laminitis (11.4%), injuries resulting from transport (2.9%), and clostridiosis and mycotoxins (2.9%, Table 12).

All participants reported that their clients used vermifuge (an anthelmintic medicine), whereas 97.2 and 66.7% declared that their clients vaccinated animals against clostridium and pneumonia, respectively. Vaccination against acaricide (ticks and mites) was cited only by 37.1% of the interviewees (Table 12). The average mortality rate reported by the nutritionists at the feedlots they serviced was 0.57%.

3.12.2. Major challenges

In this survey, the nutritionists indicated (61.1% of the responses) administration and management as the most challenging issue to put their nutritional recommendations into practice. Other challenges cited by the nutritionists included lack of trained employees (30.6%), equipment precision and availability (5.6%), and logistics (2.8%; Table 12).

- 1 **Table 12.** Major health problems and challenges faced by the surveyed Brazilian consulting
 2 nutritionists.

Problems/Challenges	No. of responses¹	% of responses
Major health problems (n = 35)		
Respiratory diseases in general	25	71.43
Acidosis	4	11.43
Laminitis	4	11.43
Injuries resulting from transport	1	2.86
Clostridiosis and mycotoxins	1	2.86
Vaccination against clostridium		
Yes	35	97.22
No	1	2.78
Vaccination against pneumonia		
Yes	24	66.67
No	12	33.33
Cattle vermifuge		
Yes	36	100.00
No	0	0.00
Vaccination against acaricide (n = 35)		
Yes	13	37.14
No	22	62.86
Average mortality rate reported	35	0.57
Major challenges		
Administration and management	22	61.11
Lack of trained employees	11	30.56
Equipment precision and availability	2	5.56
Logistics	1	2.78

- 3 **Note:** ¹number of responses when nutritionists chose only one answer for a question.

4

5 **4. Discussion**

6 **4.1. General information**

7 The 4,671,062 animals serviced by the nutritionists interviewed in this survey
 8 represented close to 75% of the cattle finished in a feedlot in Brazil in 2019 based on estimation
 9 of ABIEC (ABIEC, 2020). The interviewed consulting nutritionists reported visits to their
 10 clients every 34.2 days, on average, which is close to the interval of 38.2 days reported by Pinto

and Millen (2019), but longer than the one of 26.3 days reported by Oliveira and Millen (2014). When compared with the first survey (Millen et al., 2009) conducted 10 years ago, the percentage of nutritionists serving feedlots that fed <5000 animals annually decreased (71.0% vs. 63.9%). In addition, it was the first time that nutritionists reported servicing feedlots with more than 20,000 heads capacity, on average, which is an evidence that feedlot operations still have been growing in Brazil since the first survey was conducted (Millen et al., 2009).

Out of the 36 surveyed nutritionists, 47.2% were representatives of a corporate feed manufacturing company, which is in agreement with previous surveys (Pinto and Millen, 2019; Oliveira and Millen, 2014), in which most of the participants were from corporate feed manufacturing companies (45.5 and 45.4% respectively). Furthermore, the percentage of nutritionists who work with feedlot cattle with for more than 10 years of practice rose from 42.4% (Oliveira and Millen, 2014) to 83.3%. It is noteworthy that 48% of the nutritionists interviewed in this survey participated at least in one of the three previous surveys (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019). However, unlike previous surveys (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019), there was no interviewee with less than five years of practice.

In agreement with the first (Millen et al., 2009) and second Brazilian surveys (Oliveira and Millen, 2014), a Bachelor degree with graduate certificate courses in cattle nutrition was the most common terminal degree among the nutritionists surveyed, which is differently from what was reported in the previous survey by Pinto and Millen (2019), in which nutritionists with a Bachelor degree with graduate certificate courses in cattle nutrition represented only 15.1%. Most of the participating nutritionists (42.3%) in the current survey reported that their degree was obtained in universities of the state of São Paulo.

4.2. Information on grains and energy levels

Corn was the most utilized grain (97.2%), as reported previously (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019). In agreement with previous surveys by Millen et al. (2009) and Pinto and Millen (2019), fine grinding remained the primary grain processing method adopted by feedlot nutritionists in Brazil (44.4%). On the other hand, the percentage of nutritionists who adopted only grain cracking has drastically reduced over the years, from 57.6% (Oliveira and Millen, 2014) to only 2.8% of nutritionists in this survey.

The average granulometry of 3.2 mm for corn in Brazilian feedlots, reported by the interviewed nutritionists, showed a slightly reduction when compared with the one of 3.6 mm reported by Oliveira and Millen (2014). It seems that grain-processing methods improved over the years in feedlot operations in Brazil, showing that nutritionists and feedlot owners were determined to increase starch availability and also the energy content of finishing diets in Brazil. In this survey, high-moisture harvesting and storage was the secondary preferred grain processing method by more than 50.0% of the participating nutritionists. However, Brazilian feedlots still have a long road to improve efficiency of grain processing, and adopt a more extensive method, as first their option, such as steam-flaking or high-moisture, the primary choices of grain processing methods for 87.5% of the nutritionists (70.6 and 16.7%, respectively) in the US (Samuelson et al., 2016). As described before, flint type was the most fed corn in Brazil, and the greater adoption of steam-flaking and high-moisture processing methods would increase the proportion of starch that becomes available for ruminal fermentation at similar levels of dent corn (Zinn et al., 2002).

The average inclusion level of grains from 51 to 65% was close to the ones of 51.5, 51.6, and 51.5% reported by Millen et al. (2009), Oliveira and Millen (2014), and Pinto and Millen (2019), respectively. The percentage of nutritionists reporting inclusion levels of grains from 36 to 50% decreased over the last 10 years from 22.6% (Millen et al., 2009) to 5.6% in this survey; however, the percentage of consulting nutritionists reporting that their finishing diets contained more 66% of grains increased from 6.5 to 38.9% (Figure 1), showing that inclusion levels of grains in finishing diets in Brazil increased over the last decade.

Regarding the inclusion level of concentrate in the diets, 97.2% of the participants recommended from 71 to 90% per kg of diet DM, which was 9.3% higher than the value reported in the previous survey by Pinto and Millen (2019), and 39.1% higher than those reported in the very first Brazilian survey (Millen et al., 2009) 10 years ago (Figure 2). Unlike the data for feedlots covered by the American survey, in which 78.2% of nutritionists recommended inclusions higher than 60% of grains (Samuelson et al., 2016), mostly steam-flaked grains (70.8%), in the finishing diets, the present survey indicated that there is still a window for improvement, not only in the extent of grain processing, but also in the inclusion of grains in the finishing diets in Brazil. The increasing levels of grains in finishing diets, as well as the slight improvement on grain processing methods, were indicators that the energy content of finishing diets has increased over the last 10 years in Brazil.

4.3. Sources of information on feed energy values

As in previous surveys, TDN was the most recommended energy unit (52.8%); however, the use of TDN by feedlot cattle nutritionists decreased over the years (83.8%, Millen et al., 2009; 78.8%, Oliveira and Millen, 2014; 69.7%, Pinto and Millen, 2019). Furthermore, the use of NEg became more popular among feedlot nutritionists, as its utilization increased about 10% over the last 10 years (16.7 vs. 6.5%; Millen et al., 2009). Nevertheless, despite the increasing inclusion level of grains in the finishing diets, as well as the improvement of the grain processing methods, the energy content of finishing diets in Brazil is still 12.5% lower than the recommended by the US consulting nutritionists (1.33 vs. 1.52 Mcal of NEg/kg of diet DM; Samuelson et al., 2016) when considering the 16.7% of the nutritionists who used NEg as preferred energy unit to formulate their diets.

Regarding the main sources of information on feed energy values, RLM (Ração de Lucro Máximo, 2014) remained as the most cited source by 36.1% of the surveyed nutritionists. The RLM was also reported by Oliveira and Millen (2014) and Pinto and Millen (2019) as the most popular source of information for feed energy values among nutritionists in Brazil. The eighth revised version of the NRC (NASEM, 2016) was cited by 11.1% of the surveyed nutritionists, despite its relatively recent publication.

4.4. Use of coproducts

Whole cottonseed remained as the primary coproduct included in finishing diets in Brazil, as reported by Millen et al. (2009), Oliveira and Millen (2014), and Pinto and Millen (2019). The inclusion level of whole cottonseed decreased 0.4% (14.6 vs. 15.0%) when compared with the survey conducted 10 years ago (Millen et al., 2009). In addition, the inclusion level of citrus pulp pellets was 27.8% (Table 3), which was lower when compared with inclusions reported in previous surveys (33.8%, Millen et al., 2009; 40.0%, Oliveira and Millen 2014; 29.2%, Pinto and Millen, 2019). In this survey, it was reported for the first time the inclusion of DDG into feedlot diets (at 15.0% of diet DM, on average) due to the expansion of the grain milling industry for ethanol. Although the percentage of customers using some type of coproduct increased when compared with the last survey (82.3 vs. 70.6%; Pinto and Millen, 2019), the level of inclusion of these ingredients decreased slightly.

4.5. Roughage sources and levels and fiber analysis methods

The typical level of roughage inclusion in finishing diets recommended by the nutritionists surveyed was 16.8% of diet DM (Table 4), which shows a 3.8% decrease when compared with the previous survey conducted by Pinto and Millen (2019), confirming that the level of roughage inclusion decreased, since the first survey was conducted 10 years ago (Millen et al., 2009; Figure 3). The current level of roughage inclusion recommended by feedlot nutritionists in Brazil was still above the levels used by US feedlot-consulting nutritionists (Samuelson et al., 2016), in which 50 and 41.7% of nutritionists reported the use of inclusion levels between 8 to 10% in summer and winter, respectively. As reported earlier, finishing diets changed consistently in Brazil over the last 10 years, where roughage and coproducts were partially replaced by cereal grains. Corn silage remained as the primary source of roughage in finishing diets (Pinto and Millen, 2019). Samuelson et al. (2016) also reported that corn silage was the roughage of choice of 37.5% of the nutritionists surveyed, followed by Alfalfa hay (20.8%), for finishing diets in US. Since large feedlot operations are still expanding in Brazil, fresh feeds, such as chopped sugarcane and sugarcane bagasse, were gradually replaced by conserved feeds, e.g., corn silage, as reported in this survey. Furthermore, the greater use of corn silage contributed for increasing the energy content of finishing diets in Brazil since it presents the highest energy value among the roughages cited in this survey (Table 4; Valadares Filho et al., 2016).

The methods of fiber analysis preferred by nutritionists in this survey was peNDF, which was in agreement with Pinto and Millen (2019), who reported peNDF as the preferred method as well. However, Millen et al. (2009) and Oliveira and Millen (2014) reported in the past that NDF was the method of choice of most nutritionists in Brazil, which was a significant change. Since energy content in finishing diets have increased in the last 10 years, the use of peNDF is more accurate than NDF to monitor the particle size of feedlot diets, which is mandatory to assure a minimum level of fiber to stimulate rumination and rumen buffering (NASEM, 2016). In addition, the use of peNDF allows the nutritionist to identify and prevent particle sorting, which may negatively impact health and performance of feedlot cattle (Rivera et al., 2005).

The average dietary peNDF inclusion level of 14.3% was close to the 14.4% reported by Pinto and Millen (2019) four years ago. This result agrees with Goulart and Nussio (2011),

who recommended finishing diets containing from 10 to 18% dietary peNDF for Nellore cattle in Brazil. For nutritionists who reported the use of dietary NDF, the current recommendation of dietary NDF content in finishing diets as 21,8%, on average, which was 1.9% lower when compared with the previous survey conducted by Pinto and Millen (2019).

4.6. Cattle adaptation methods

Receiving programs became more popular among feedlot nutritionists, based on the fact that 10 years ago, 35.5% of the nutritionists interviewed did not adopt any type of receiving program (Millen et al., 2009), which was really different compared with this survey, in which only one nutritionist (2.8%, Table 5) did not recommend receiving programs. The use of receiving programs is important so that cattle can recover from psychological agents and physical stressors associated with management procedures and transporting (Marques et al., 2012), such as feed and water deprivation (Swanson and Morrow-Tesch, 2001) that often lead to impaired health and productivity during feedlot receiving (Araujo et al., 2010).

In agreement with previous surveys (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019), including US surveys (Vasconcelos and Galyean, 2007; Samuelson et al., 2016), multiple step-up diets were the preferred adaptation method reported by 22 (61.1%) participants. Millen et al. (2009), liveira and Millen (2014), and Pinto and Millen (2019) reported that when the multiple step-up diets program was the choice of the nutritionists, cattle spent, on average, 17.1, 18.6, and 16.2 days, respectively, to adapt to finishing diets. However, in the current survey, probably due to increasing energy contents of finishing diets reported earlier, nutritionists were recommending an extended stay on adaptation to high-concentrate diets, which were, on average, 19.2 days. Since the level of roughage inclusion in finishing diets has been decreasing over the years, cattle may take a little longer to reach the expected dry matter intake to receive the finishing diet (NASEM, 2016). However, this little increase in adaptation length when multiple step-up diets method was used, still falls into the recommendation that feedlot cattle, either in Brazil or US, should not be adapted in less than 14 days to high-energy diets (Brown et al., 2006; Parra et al., 2019), especially newly received cattle coming from either nutritional restriction or previously exposed to supplementation of concentrate feedstuffs (Pereira et al., 2020).

The average initial roughage concentration recommended by the nutritionists surveyed, when the multiple step-up diets method was adopted, was 36.9%, which was lower than

previous recommendations made in the past: 54.7% (Millen et al., 2009), 50.5% (Oliveira and Millen, 2014), and 45.1% (Pinto and Millen, 2019). The greater level of grains inclusion, a longer adaptation to high-concentrate diets, as well as the consistent adoption of peNDF among feedlot cattle nutritionists in Brazil, may explain this reduction in the average initial level of roughage for the adaptation period.

4.7. General feeding and bunk management

The percentage of nutritionists' clients who used truck-mounted mixers and horizontal mixers increased 38.5% (79.0 vs. 40.5%; Millen et al., 2009) and 47.7% (81.6 vs. 33.9%; Millen et al., 2009), respectively, over the last 10 years. The percentage of nutritionists' clients not using any mixer was 10%, which was lower than the 33.4 and 16.2% reported by Millen et al. (2009) and Pinto and Millen (2019), respectively. Results obtained in the present survey showed that feedlot operations in Brazil evolved in terms of use of mixers, but there is still window for growing, since some clients of the nutritionists still do not mix properly the feed delivered to cattle. Certainly, the quality of ration mixing is variable among mechanic mixers available in Brazil; however, it is reasonable to assume that the use of any mechanic mixer promotes better mixing when compared with manual mixing or simply to unmixed rations, which is the case of nutritionists' clients who did not use any mixer. Pinto and Millen (2019) reported a significant negative correlation between feedlot size and percentage of clients who did not use any type mixer; however, in this survey, this correlation was no longer significant ($r = -0.24$, $P = 0.15$), which may indicate that even small feedlot operations (<5,000 animals) are improving their feeding management by acquiring mixers that, in many cases, are equipped with scales and automated systems.

The increasing use of truck-mounted mixers allowed an increase in the percentage of nutritionists' clients using programmed delivery per pen, which increased 9.2% in the last four years (Pinto and Millen, 2019) and 23.9% in the last 10 years (Millen et al., 2009; Figure 4). In this survey, the correlation between the percentage of clients who did not use any mixer and percentage of clients who adopted continuous delivery was significant ($r = 0.32$, $P = 0.05$), as well as the correlation between feedlot size and percentage of clients who adopted continuous delivery ($r = -0.37$, $P < 0.05$), showing that it is difficult to adopt a ration delivery system using a programmed delivery per pen at small operations and when no mixer is available. Therefore, nutritionists may be cautious to recommend diets containing higher energy content in feedlot

operations that adopted continuous feed delivery, especially those that fed less than 1,000 animals. On the other hand, the greater use of truck-mounted mixers, peNDF, and programmed delivery per pen allowed nutritionists to increase the energy content of finishing diets in Brazil. As a result, consulting nutritionists are able to collect more accurate data related to feeding management and delivery from their client's operations, which helps consultants to make decisions and nutritional recommendations to improve performance and avoid digestive disturbances, such as acidosis (Owens et al., 1998).

The water added at 12% to finishing diets during the process of mixing represented a slight increase when compared with previous surveys (9.3%, Millen et al., 2009; 11.0%, Oliveira and Millen, 2014; 10.2%, Pinto and Millen, 2019), but the percentage of clients who added water to feed increased about fourfold (45.1 vs. 10.2%, Millen et al., 2009) over the last decade. The increasing percentage of clients that added water to finishing diet was associated with TDN content ($r = 0.66$, $P < 0.01$), but not with inclusion level of concentrate ($r = 0.19$, $P = 0.26$), showing that the addition of water to finishing diets may be alternative to decrease diet DM content when needed. Despite this increase in the percentage of clients who added water to feed, DM in finishing diets increased from 59.9 (Millen et al., 2009) to 65.4% (Table 7), which was caused by a higher inclusion of grains. The average mixing time recommended by the nutritionists was 6.1 min, which is 2.4 min shorter when compared with the first survey conducted in Brazil 10 years ago (Millen et al., 2009) and may be related to the decreased level of roughage inclusion in the finishing diets reported in previous surveys (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019).

About 67% of the nutritionists surveyed reported that most of their clients fed cattle four times a day, which agrees with the survey conducted by Pinto and Millen (2019) four years ago. Apparently, the greater use of truck-mounted mixers, as well as programmed deliveries per pen and the lower roughage inclusion, makes the planning of feeding frequency more organized without requiring extra deliveries eventually. Ten years ago, Millen et al. (2009) reported that 36.8% of the nutritionists interviewed declared that their clients used to feed cattle five times a day or more. It has been reported in the literature that feedlot performance improved when Nellore cattle, the predominant breed at Brazilian feedlot, were fed from three to four times a day compared with one to two times daily (Silva et al., 2018). Furthermore, the correlation between feeding frequency and feedlot size was not significant ($r = 0.07$, $P = 0.68$), showing that feedlot size is not the main factor affecting feeding frequency planning. On the other hand,

a correlation was found to be significant ($r = 0.42$, $P < 0.01$) between feeding frequency and inclusion level of concentrate, which is excellent to avoid overconsumption of feed in some of the meals, which could possibly increase DMI fluctuation and lead to ruminal acidification (Schwartzkopf-Geinswein et al., 2004).

As energy content of the finishing diets has increased and level of roughage inclusion has decreased, bunk space per animal reported by nutritionists interviewed decreased 5 cm (Table 7) when compared with previous survey (36 vs. 41 cm; Pinto and Millen, 2019). Moreover, a significant correlation ($r = -0.50$, $P < 0.01$) was observed between feedlot size and bunk space, demonstrating that larger feedlot operations are adopting diets containing higher inclusions of grains, which allows them to provide a shorter bunk space per animal. Likewise, there was a correlation between bunk space and percentage of clients who adopted continuous delivery ($r = 0.50$, $P = 0.02$). However, the correlation between bunk space and feeding frequency, and bunk space and inclusion level of roughage, was not significant in this study ($r = 0.02$, $P = 0.87$; and $r = 0.27$, $P = 0.12$; respectively). The average area per animal in a pen reported by the nutritionists interviewed was 15.2 m².

With respect to bunk management, about 45% of nutritionists reported that their clients use clean-bunk management, which was an evolution when compared with Pinto and Millen (2019), in which nutritionists reported that most of their clients left 1-3% orts. Furthermore, a correlation was found between bunk management and feedlot size ($r = -0.30$, $P = 0.05$), confirming that shifting to a clean-bunk management was a required evolution when feedlot operations became larger. However, bunk management was not directly associated to the energy content of finishing diet, as the correlation between TDN content and bunk management was not significant ($r = -0.24$, $P = 0.32$).

The use of sprinklers in feedlot pens was reported by 44.4% ($n = 16$) of the nutritionists, a 15.6% decrease when compared with the previous survey (Pinto and Millen, 2019). However, if this decreased use of sprinklers is associated with increasing respiratory diseases issues, it remains unknown; since nutritionists were not questioned about it.

4.8. Management of newly received cattle

The use of only BW to sort cattle at feedlot arrival was the primary method adopted by 73.9% of the participants' clients in this survey, and in past surveys as well (Millen et al., 2009;

Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019), including the US survey (56.3%; Samuelson et al., 2016).

4.9. Cattle performance information

As reported in past surveys (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019), bulls remained as the predominant type of cattle fed in Brazilian feedlots (by 87.5% of the clients; Table 8). In addition, the final weight of bulls increased about 30 kg when compared with the previous survey (Pinto and Millen, 2019), and 55 kg over the last 10 years (Millen et al., 2009). Heavier final weights were also observed for heifers, calves, cull cows, and steers. However, the initial weights remained practically unaltered over the last 10 years (Millen et al., 2009). Considering that the mature weight of Nellore cattle, which is the predominant breed in Brazil and also in Brazilian feedlots (fed by 75.3% of nutritionists' clients), ranges between 560 and 580 kg (Fox et al., 1992), nutritionists have been taking advantage of feed efficiency of cattle slaughtered at lighter weights when compared with mature weight of Nellore animals (Owens et al., 1995) to explore carcass deposition and increase dressing percentage. Certainly, the increasing energy content in finishing diets in Brazil was one of the factors that led to heavier weights at slaughter. In addition, bulls, and heifers, calves, cull cows, and steers, have been fed for longer periods, which also contributes to increase slaughter weights. The number of days on feed increased about 23 days for bulls and 21 for heifers when compared with the first Brazilian survey conducted 10 years ago (Millen et al., 2009). In the last four years, the Brazilian markets and the packing plants increased the requirement for minimum fat cover (5 mm on backfat of carcasses) and started paying bonuses for it. However, there is no national grading system established by the Ministry of Agriculture and Livestock, and each packing plant has developed its own system for carcass grading according to their markets.

4.10. Recommended nutrient composition for finishing diets

The average dietary fat concentration in finishing diets (DM basis) was 5.22%, which is greater than the 5.0% reported by Pinto and Millen (2019), and even greater than the 4.7% observed by Millen et al. (2009) ten years ago. For maximum inclusion of dietary fat, nutritionists interviewed in this survey recommended 6.64%, which represents an 8.8% increase in the last decade (Millen et al., 2009). Levels of dietary fat higher than 7.0% (DM basis) may negatively impact fiber digestion in the rumen (Oldick and Firkins, 2000); however, it seems

that Brazilian nutritionists were aware of this fact by recommending both average and maximum dietary fat concentrations below 7% of diet DM. Along with increasing levels of both grains and concentrate, the greater dietary fat concentration recommended in the current survey is also contributing to increase energy content of finishing diets in Brazil.

Protein recommendations did not change much on the course of the last ten years, and values reported in this survey were similar to previous ones (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019). As discussed earlier, Brazilian cattle has typically been slaughtered before reaching the mature weight, which supports the unaltered nutritionists' recommendations of protein over the last decade, since this type of cattle requires more metabolizable protein for muscle protein synthesis (NASEM, 2016). Moreover, in US feedlot system, the average CP concentration recommended by consulting nutritionists was 13.4% (DM basis; Samuelson et al., 2016), which is quite similar to the 13.7% reported in this survey. In the last and eighth revised version of the NRC (NASEM, 2016), the requirements of RDP have been revisited, and from now on, nutritionists in US and Brazil may want to revise their protein recommendations to meet a lower ammonia and RDP requirements, based on the fact that the current model assumes that all RDP will be used for microbial protein synthesis. Feedlot performance is usually limited by energy, and adjustments in finishing diets in that direction (less protein and more energy) may increase slaughter weights beyond maturity, and positively impact fat cover of carcasses of feedlot cattle in Brazil (NASEM, 2016). In this case, formulation of diets for RDP would be less important, and this may explain why only one-third of feedlot nutritionists in US formulated for RDP (Samuelson et al., 2016). It is noteworthy that soybean meal remained as the primary source of plant-based protein used in finishing diets in Brazil; however, it was the first time that distillers grains were cited among the main sources of plant-based protein used by the nutritionists (Table 9).

The average Ca concentration recommended by the surveyed nutritionists for finishing diets was 0.63% of diet DM, value that is greater than 0.58% (DM basis) reported by Millen et al. (2009); however, both values still met the NASEM (2016) recommendations. Furthermore, the 0.30% of diet DM recommended for P was similar to the value reported by Millen et al. (2009) 10 years ago and agreed with recommendations of NASEM (2016) and Samuelson et al. (2016). The K concentration decreased slightly after 10 years (0.75 vs. 0.83% of diet DM; Millen et al., 2009); however, S concentrations increased about 12% (0.19 vs. 0.17%; Millen et al., 2009), which was consistent with increasing levels of energy in finishing diets, since

increased synthesis of microbial protein requires more S, especially for amino acids such as methionine, cysteine, and cystine (NASEM, 2016). Recommendations of nutritionists for Mg in finishing diets increased when compared with the reported by Millen et al. (2009) ten years ago (0.18 vs. 0.16%).

In this survey, the recommended concentrations of trace minerals values increased slightly (Table 10), but it still met NASEM (2016) recommendations, and were less than those reported by feedlot cattle nutritionists in US (Samuelson et al., 2016), which may be a result of the use of different feedstuffs and energy levels in finishing diets between Brazil and the US.

The values for vitamin concentrations in this survey (Table 10) were greater than those reported by Millen et al. (2009) and were in accordance with the recommendations of NASEM (2016), differently from what was reported in 2009, in which these values were below the recommendations (Millen et al., 2009). In terms of vitamin A, the American nutritionists recommended 4,715 IU/kg (Samuelson et al., 2016), which was 82% greater than the recommended by Brazilian nutritionists. The higher inclusion of roughages in finishing diets in Brazil compared with USA may explain these differences in vitamin A recommendations, since tropical roughages contain significant amount of this vitamin in their composition (Reynoso et al., 2004).

Sodium monensin, the most popular feed additive among feedlot consulting nutritionists (Table 10), is an ionophore, which has been cited in all past Brazilian (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019) and American surveys (Samuelson et al., 2016) as the primary type of feed additive used in finishing diets. Virginiamycin has been cited as the secondary feed additive used by their clients in finishing diets, since the combination of monensin and virginiamycin in finishing diets has become popular in the past four years based on promising results related to increasing carcass weight (Rigueiro et al., 2020). However, we cannot guarantee, based on the results of this survey, that all nutritionists' clients that use virginiamycin as secondary feed additive also use sodium monensin as their primary feed additive.

4.11. Sources of information

When asked about nutritional models they used, the RLM was the most common nutritional model used by the nutritionists (30.6%), as also reported previously by Pinto and

Millen (2019) four years ago (36.7% of the responses); however, considering new and old versions of the NRC publications, 33.4% of the nutritionists reported that they used some of its versions as the nutritional model of choice.

Regarding source of scientific or general information, the Journal of Animal Science remained as the most popular source among Brazilian nutritionists over the past 10 years (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019).

4.12. Problems reported by the nutritionists

Respiratory diseases in general, as well as acidosis, were already cited in previous surveys (Millen et al., 2009; Oliveira and Millen, 2014; Pinto and Millen, 2019) as the primary and secondary issues related to animal health in Brazilian feedlots. We point out that the percentage of the nutritionists reporting respiratory diseases as the major health problem increased 19.7% when compared with the last survey (Pinto and Millen, 2019). However, mortality rate reported by the nutritionists in the feedlots they serviced was a little lower (0.57 vs. 0.76%) than the reported by Pinto and Millen (2019).

Past surveys indicated the lack of trained employees (63.0%; Millen et al., 2009) and availability and accuracy of equipment (58.1%; Oliveira and Millen, 2014) as the major challenges; however, in this survey, nutritionists (61.1% of the responses) indicated administration and management as the most challenging issues to put their nutritional recommendations into practice. Due to the fact that Brazilian feedlots increased their investments on feeding technologies, we assumed that employees have been subjected to more rigorous training to operate machinery and computer-based devices; however, the major challenge now is to manage and organize all the processes present in the feedlot and coordinate these with nutritional recommendations, which include time of feeding, mixing time, feeding frequency, and so on.

5. Conclusions

The present survey provides an overview of nutritional and management recommendations currently adopted by feedlot nutritionists in Brazil. Brazilian feedlots have clearly improved feeding management over the last 10 years, which included a greater use of truck-mounted mixers, allowing about 70% of the nutritionists' clients to adopt programmed deliveries per pen. Moreover, the greater use of physically effective neutral detergent fiber and

energy units based on calories, allowed nutritionists to monitor the amount of fiber and energy being offered more accurately, resulting in an increased energy content of finishing diets by including either more grains or fat. This has certainly contributed to increase the final weights of all types of cattle fed in Brazilian feedlots. Regarding the critical issues, utilization of starch has not yet been optimized in Brazilian feedlots after 10 years, because fine grinding remains the primary utilized grain-processing method. However, high-moisture harvesting and storage appeared as the secondary grain-processing method of use, possibly indicating that Brazilian nutritionists have been interested in improving starch utilization of finishing diets, as the inclusion levels of energy is closer to those reported by the American feedlot nutritionists than ever before. Dried and wet distillers grains were cited for the first time in a Brazilian survey among the concentrate coproducts used in finishing diets, and studies associating inclusion levels of distillers grains for Nelore cattle, as well as for typical feedlot diets in Brazil, are still scarce (Ferreira et al., 2020). In addition, cattle finished in Brazilian feedlots have been slaughtered at heavier weights, deserving further attention of scientists, as nutritional adjustments will be needed during the feeding period to achieve Brazilian market requirements for fat cover and carcass weight.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Author Contributions

Data curation: A.M. Silvestre. Formal analysis: A.M. Silvestre and D.D. Millen. Methodology: D.D. Millen. Project administration: A.M. Silvestre and D.D. Millen. Supervision: D.D. Millen. Writing-original draft: A.M. Silvestre.

Acknowledgments

We would like to thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; Brasília, DF, Brazil) for the scholarship provided to Antonio Marcos Silvestre to conduct this study.

References

- 1 ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2020. Exportações
2 brasileiras de carne bovina. Available at: <[http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-](http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/)
3 2020/>. Accessed on: May 21, 2020.
- 4 ANUALPEC - Anuário da Pecuária Brasileira. 2009. Agra FNP Pesquisas Ltda, São Paulo.
5 360p.
- 6 Araujo, D. B.; Cooke, R. F.; Hansen, G. R.; Staples, C. R. and Arthington, J. D. 2010. Effects
7 of rumen-protected polyunsaturated fatty acid supplementation on performance and
8 physiological responses of growing cattle after transportation and feedlot entry. *Journal*
9 *of Animal Science* 88:4120-4132. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2684>
- 10 Brown, M. S.; Ponce, C. H. and Pulikanti, R. 2006. Adaptation of beef cattle to high-
11 concentrate diets: performance and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*
12 84:E25-E33. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supplE25x
- 13 FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019 Food Outlook -
14 Biannual Report on Global Food Markets – November 2019. Rome.
- 15 Ferreira, M.; Niehues, M. B.; Tomaz, L. A.; Baldassini, W.; Ladeira, M.; Arrigoni, M.;
16 Martins, C. L.; Gionbelli, T.;
- 17 Paulino, P. and Machado Neto, O. R. 2020. Dry matter intake, performance, carcass traits and
18 expression of genes of muscle protein metabolism in cattle fed increasing levels of de-
19 oiled wet distillers grains. *Animal Feed Science and Technology* 269:114627.
20 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114627>
- 21 Fox, D. G.; Sniffen, C. J.; O'Connor, J. D.; Russell, J. B. and Van Soest, P. J. 1992. A net
22 carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III. Cattle requirements and
23 diet adequacy. *Journal of Animal Science* 70:3578-3596.
24 <https://doi.org/10.2527/1992.70113578x>
- 25 Goulart, R. S. and Nussio, L. G. 2011. Exigência de fibra fisicamente efetiva para bovinos
26 confinados. p.111-153. In: *Anais do 7º Simpósio de Pecuária de Corte e 2º Simpósio*
27 *Internacional de Pecuária de Corte*, Lavras.
- 28 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Indicadores IBGE - Estatística da
29 produção pecuária. Available at: <[https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html)
30 [estatisticas.html](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html)>. Accessed on: Feb. 15, 2020.
- 31 Marques, R. S.; Cooke, R. F.; Francisco, C. L. and Bohnert, D. W. 2012. Effects of twenty-
32 four hour transport or twenty-four hour feed and water deprivation on physiologic and

- performance responses of feeder cattle. *Journal of Animal Science* 90:5040-5046.
<https://doi.org/10.2527/jas.2012-5425>
- Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B.; Galyean, M. L. and Vasconcelos, J. T. 2009. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science* 87:3427-3439.
<https://doi.org/10.2527/jas.2009-1880>
- NASEM - National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Nutrient requirements of beef cattle. 8th ed. The National Academies Press, Washington, DC.
<https://doi.org/10.17226/19014>
- NRC - National Research Council. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC - National Research Council. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Oldick, B. S. and Firkins, J. L. 2000. Effects of degree of fat saturation on fiber digestion and microbial protein synthesis when diets are fed twelve times daily. *Journal of Animal Science* 78:2412-2420. <https://doi.org/10.2527/2000.7892412x>
- Oliveira, C. A. and Millen, D. D. 2014. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology* 197:64-75. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.08.010>
- Owens, F. N.; Gill, D. R.; Secrist, D. S. and Coleman, S. W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 73:3152-3172.
<https://doi.org/10.2527/1995.73103152x>
- Owens, F. N.; Secrist, D. S.; Hill, W. J. and Gill, D. R. 1998. Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science* 76:275-286. <https://doi.org/10.2527/1998.761275x>
- Parra, F. S.; Ronchesel, J. R.; Martins, C. L.; Perdigão, A.; Pereira, M. C. S.; Millen, D. D. and Arrigoni, M. D. B. 2019. Nellore bulls in Brazilian feedlots can be safely adapted to high-concentrate diets using 14-day restriction and step-up protocols. *Animal Production Science* 59:1858-1867. <https://doi.org/10.1071/an18207>
- Pereira, M. C. S.; Dellaqua, J. V. T.; Sousa, O. A.; Santi, P. F.; Felizari, L. D.; Reis, B. Q.; Pinto, A. C. J.; Bertoldi, G. P.; Silvestre, A. M.; Watanabe, D. H. M.; Estevam, D. D.; Arrigoni, M. D. B. and Millen, D. D. 2020. Feedlot performance, feeding behavior, carcass and rumen morphometrics characteristics of Nellore cattle submitted to strategic

- diets prior the adaptation period. *Livestock Science* 234:103985.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103985>
- Pinto, A. C. J. and Millen, D. D. 2019. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. *Canadian Journal of Animal Science* 99:392-407. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0031>
- Reynoso, C. R.; Mora, O.; Nieves, V.; Shimada, A. and González de Mejía, E. 2004. β -Carotene and lutein in forage and bovine adipose tissue in two tropical regions of Mexico. *Animal Feed Science and Technology* 113:183-190.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.11.007>
- Rigueiro, A. L. N.; Pereira, M. C. S.; Squizatti, M. M.; Ferreira, M. M.; Dondé, S. C.; Luiz, F. P.; Silvestre, A. M.; Muller, L. R.; Garcia, C. P.; Bueno, A. P. D.; Toledo, L. V.; Estevam, D. D.; Martins, C. L.; Arrigoni, M. D. B. and Millen, D. D. 2020. Different combinations of sodium monensin and virginiamycin during feedlot finishing of Nellore cattle. *Animal Production Science* 60:1061-1072. <https://doi.org/10.1071/AN18657>
- Rivera, J. D.; Galyean, M. L. and Nichols, W. T. 2005. Review: Dietary roughage concentration and health of newly received cattle. *The Professional Animal Scientist* 21:345-351. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31231-6](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31231-6)
- RLM. 2014. *Ração de Lucro Máximo*. Versão 3.2. Integra Software, Piracicaba. Available at: <http://www.integrasoftware.com.br/rlm31/produto.php>. Accessed on: July 15, 2020.
- Samuelson, K. L.; Hubbert, M. E.; Galyean, M. L. and Löest, C. A. 2016. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science* 94:2648-2663.
<https://doi.org/10.2527/jas.2016-0282>
- Schwartzkopf-Genswein, K. S.; Beauchemin, K. A.; McAllister, T. A.; Gibb, D. J.; Streeter, M. and Kennedy, A. D. 2004. Effect of feed delivery fluctuations and feeding time on ruminal acidosis, growth performance, and feeding behavior of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 82:3357-3365. <https://doi.org/10.2527/2004.82113357x>
- Silva, J.; Carrara, T. V. B.; Pereira, M. C. S.; Oliveira, C. A.; Batista Júnior, I. C.; Watanabe, D. H. M.; Rigueiro, A. L. N.; Arrigoni, M. D. B. and Millen, D. D. 2018. Feedlot performance, feeding behavior and rumen morphometrics of Nellore cattle submitted to different feeding frequencies. *Scientia Agricola* 75:121-128.
<https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0335>

- 1 Silva, D. P.; Pedroso, A. M.; Pereira, M. C. S.; Bertoldi, G. P.; Watanabe, H. M.; Melo, A. C.
2 B. and Millen, D. D. 2019. Survey of management practices used by Brazilian dairy
3 farmers and recommendations provided by 43 dairy cattle nutritionists. Canadian Journal
4 of Animal Science 99:890-904. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0004>
- 5 Swanson, J. C. and Morrow-Tesch, J. 2001. Cattle transport: Historical, research, and future
6 perspectives. Journal of Animal Science 79:E102-E109.
7 <https://doi.org/10.2527/jas2001.79E-SupplE102x>
- 8 Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; and Magalhães, K. A. 2006. Exigências nutricionais
9 de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE. 1.ed. Suprema Gráfica
10 Ltda, Visconde do Rio Branco.
- 11 Valadares Filho, S. C.; Costa e Silva, L. F.; Lopes, S. A.; Prados, L. F.; Chizzotti, M. L.;
12 Machado, P. A. S.; Bissaro, L. Z. and Furtado, T. 2016. BR-CORTE 3.0. Cálculo de
13 exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos
14 puros e cruzados. 3.ed. Suprema Gráfica Ltda, Visconde do Rio Branco.
- 15 Vasconcelos, J. T. and Galyean, M. L. 2007. Nutritional recommendations of feedlot
16 consulting nutritionists: the 2007 Texas Tech University survey. Journal of Animal
17 Science 85:2772-2781. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0261>
- 18 Zinn, R. A.; Owens, F. N. and Ware, R. A. 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality
19 standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. Journal
20 of Animal Science 80:1145-1156. <https://doi.org/10.2527/2002.8051145x>

CAPÍTULO 3 “Relationships of the Microbial Communities with Rumen Epithelium Development of Nellore Cattle Finished in Feedlot Differing in Phenotypic Residual Feed Intake”

Abstract: The objective of this study was to examine the relationships among ruminal microbial community, rumen morphometrics, feeding behavior, feedlot performance, and carcass characteristics of Nellore cattle, classified by residual feed intake (RFI). Twenty-seven Nellore yearling bulls with an initial body weight (BW) of 423.84 ± 21.81 kg were fed in feedlot for 107 d in individual pens to determine the RFI phenotype. Bulls were categorized as high RFI (>0.5 SD above the mean, $n = 8$), medium RFI (± 0.5 SD from the mean, $n = 9$), and low RFI (<0.5 SD below the mean, $n = 10$). At harvest, whole rumen content samples were collected from each bull to evaluate ruminal microbial community, including bacteria and protozoa. The carcass characteristics were determined by ultrasonography at the beginning and at the end of the experimental period, and behavior data were collected on d 88. As a result of ranking Nellore bulls by RFI, cattle from low-RFI group presented lesser daily dry matter intake (DMI), either in kilograms ($p < 0.01$) or as percentage of BW ($p < 0.01$) than high-RFI yearling bulls, resulting in improved gain:feed (G:F). However, variables, such as average daily gain (ADG), final BW, hot carcass weight (HCW) and other carcass characteristics did not differ ($p > 0.05$) across RFI groups. The eating rate of either dry matter (DM) ($p = 0.04$) or neutral detergent fiber (NDF) ($p < 0.01$) was slower in medium-RFI yearling bulls. For ruminal morphometrics an RFI effect was observed only on keratinized layer thickness, in which a thinner layer ($p = 0.04$) was observed in low-RFI Nellore yearling bulls. Likewise, Nellore yearling bulls classified by the RFI did not differ in terms of Shannon's diversity ($p = 0.57$) and Chao richness ($p = 0.98$). Our results suggest that the differences in feed efficiency of Nellore bulls differing in phenotypic RFI should be attributed to metabolic variables other than ruminal microorganisms and epithelium, and deserves further investigation.

Keywords: carcass; feed efficiency; Nellore; performance; ruminal epithelium; 16S ribosomal RNA

1. Introduction

Feed efficiency has been a variable of interest for many scientists in the last couple of decades, and it is related to the potential to improve animal performance and reduce production costs [1]. Likewise, the genetic selection of cattle presenting an improved feed efficiency is a reality worldwide [2]. It is well known that a variation in dry matter intake is present independent of body size and growth rate, and this variation was defined by Koch et al. [3] as residual feed intake (RFI), a measure of feed utilization efficiency by animals. Due to the

improvement in feed efficiency in studies utilizing *Bos taurus* animals, a negative correlation was found between low-RFI animals and subcutaneous and intramuscular fat deposition [4,5]; however, for Nellore cattle, those responses were not confirmed [6–8].

Fat tissue deposition may negatively impact feed efficiency, since body fat has greater energy expenditure for its synthesis [9]. In addition, there is a very large variation in RFI across genetic groups, and even within breed itself, since the biological processes [1,10] involving these variations are not completely understood. Furthermore, the association of RFI variation in beef cattle with empty body composition seems to explain only a small part of the total variation in RFI [11]. Typically, cattle presenting high intakes, also present poor feed efficiency [12] due to their high energy intake, which would lead to greater deposition of fat. Higher intakes, especially in conditions where high-concentrate diets are fed, may predispose animals to metabolic disturbances [13], which may also negatively impact the efficiency of the animals.

As a result, a study was carried out to assess morphometric and histological characteristics of the rumen [14], in an attempt to explain the improved feed efficiency of low-RFI animals and its association with the absorptive capacity of rumen epithelium for products from fermentation. This has also been associated with the development of absorptive epithelium, in which cattle showing improved feed efficiency enhanced the absorption and metabolism of short-chain fatty acids (SCFA) [15], since these meet approximately 70% of the energy requirement of beef cattle [16]. These absorption processes have been related to increased mitochondrial activity due to transcriptional effects of proteins associated with oxidation, as well as epithelial integrity [17].

However, even though the absorptive capacity of the rumen plays an important role in the ability to use the fermentation products to determine feed efficiency of cattle, another variable that must be considered is the microbial community present in the rumen, which are responsible for the production rate of SCFA in the fermentation process. Therefore, studies associating RFI with the microbial community of the rumen may help to clarify some differences in microbial composition [18,19]. The microbial community of animals seems to be peculiarly intrinsic to each animal [20], in addition to what can be changed over the life of the animal according to changes in its diet [21]; therefore, this may help explain differences in animal feed efficiency [22]. The objective of this study was to examine the differences in the ruminal microbial

communities between Nellore cattle groups differing in RFI, as well as the RFI effects on performance, carcass traits, ruminal traits and feeding behavior.

2. Materials and Methods

2.1. Description of Animals, Feeding and Management

The study was conducted using twenty-seven 20-month-old Nellore yearling bulls (423.84 ± 21.81 kg) fed in individual pens (6.0 x 12.0 m²) for 107 days with water available via water trough.

Cattle went through a receiving program, in which they were all de-wormed and vaccinated (tetanus, bovine viral diarrhea virus, 7-way Clostridium sp.; Cattle master and Bovishield, Pfizer Animal Health, New York, NY, USA). For the adaptation program for the finishing diet (85% concentrate), yearling bulls were stepped up through three adaptation diets containing 70%, 75%, and 80% concentrate for 6, 3 and 5 d, respectively (Table 1). Diets were formulated according to The Large Ruminant Nutrition System [23]. The yearling bulls were fed ad libitum twice a day, at 0800 h (55% of total ration) and 1500 h (45% of total ration), targeting 1% to 5% orts. Therefore, cattle received the same diet in each phase and were transitioned at the same time through adaptation up to the finishing diet.

Table 1. Feed ingredients and chemical composition of the experimental high-concentrate diets offered for all RFI-groups of Nellore yearling bulls (n = 27).

Diets	Adaptation 1	Adaptation 2	Adaptation 3	Finishing
Level of concentrate, % of DM	70	75	80	85
Sugarcane bagasse	18.0	16.0	14.0	12.0
<i>Cynodon dactylon</i> hay	12.0	9.0	6.0	3.0
Cracked corn grain	42.0	48.0	54.0	60.0
Citrus Pulp	8.0	9.5	11.0	12.5
Soybean meal	16.6	14.1	11.3	8.8
Supplement ¹	3.4	3.4	3.7	3.7
Nutrient content, % of DM ²				
DM ³ , % of OM ⁴	77.0	77.0	77.0	78.0
TDN ⁵	70.0	72.0	74.0	76.0

CP ⁶	16.1	15.5	15.1	14.5
NDF ⁷	34.8	31.7	28.6	25.4
peNDF ⁸	27.0	24.0	20.0	17.0
NEg (Mcal/kg of DM) ⁹	1.03	1.09	1.13	1.19
Ca	0.57	0.55	0.53	0.51
<i>p</i>	0.31	0.31	0.32	0.31

¹ Supplement contained for adaptation 1 and 2, and adaptation 3 and finishing, respectively, 26.47% and 44.44% of urea as a N source, 2.94% and 3.7% of mycotoxin adsorbent (Mycosorb; Alltech do Brasil Agroindustrial LTDA.; Araucaria, PR), 0.79% and 1.00% of monensin (Rumensin 200; Elanco saude animal Ltda, Baueri, SP, Brasil), as well as 69.79% and 50.85% of mineral supplement (**DE Heus Industria e Comercio de Nutrição Animal LTDA**; Rio Claro, SP) Ca: 24.0%; P: 2.0%; Mg: 2.5%; Na: 8.6%; S: 2.5%; Co: 24 .0 ppm; Cu: 400.0 ppm; Fe: 30.0 ppm; Mn: 1000.0 ppm; Se: 8.0 ppm; Zn: 1800.0 ppm. ² Estimated by equations according to the Large Ruminant Nutrition System (Fox et al., 2004). ³ DM = dry matter. ⁴ OM = original matter. ⁵TDN = total digestible nutrients. ⁶ CP = crude protein. ⁷ NDF = neutral detergent fiber. ⁸ peNDF = physically effective NDF. ⁹NEg = net energy for gain.

The measurement of daily dry matter intake (DMI), expressed in kilograms and as a percentage of BW (mean BW), were performed by weighing what was offered daily (DM basis) minus the feed refusals of the next day (DM basis). At the beginning and at the end of the experiment, cattle were withheld from feed for 16 h to obtain initial and final BW. In order to estimate net energy both for maintenance and gain, the methods described by Lofgreen and Garrett [24], NRC (National Research Council) [25], and Zinn and Shen [26] were employed, and the relationship between these calculated values and the predicted values [23] was established.

At the beginning, and at the end of the experiment, longissimus muscle area (LMA), marbling content, biceps femoris fat thickness (P8), and 12th rib fat thickness were measured via ultrasound, as proposed by Perkins et al. [27]. Images were taken and analyzed for a single trained technician using an ultrasound containing the following specifications: Aloka SSD-1100 Flexus RTU unit (Aloka Co. Ltd., Tokyo, Japan) with a 17.2-cm, 3.5-MHz probe. The animals were slaughtered in a commercial abattoir using a captive bolt device The HCW was obtained after KPH fat removal, and the dressing percentage was calculated by dividing HCW by final BW.

2.2. Determination of Treatment by Divergence of RFI Groups

The study was planned as a completely randomized design, in which animal was considered the experimental unit. The experimental treatments were determined at the end of the

experiment considering the data observed for metabolic BW ($BW^{0.75}$) and ADG of the animals to obtain the RFI, which was calculated by the residue of the regression equation of observed DMI as a function of average daily gain (ADG) and average metabolic BW ($BW^{0.75}$) [28]:

$$DMI = \beta_0 + \beta_1 \times BW^{0.75} + \beta_2 \times ADG + \varepsilon, (1)$$

where β_0 is the y intercept, β_1 is the partial regression coefficient of metabolic $BW^{0.75}$, β_2 is the partial regression coefficient of ADG, and ε is the error term.

Average daily gain during the test period was calculated by the difference between the initial and final weight, and the average between these two was used to calculate the $BW^{0.75}$ and the G:F (overall ADG/overall DMI).

Residual BW gain (RG) was calculated as proposed by Crowley et al. [29], where it was determined as the residual of the observed ADG regression equation as a function of DMI and average $BW^{0.75}$:

$$ADG = \beta_0 + \beta_1 \times BW^{0.75} + \beta_2 \times DMI + \varepsilon, (2)$$

where terms are the same as described above, with the exception that β_2 is the partial regression coefficient of DMI, and ε is the error term.

The Kleiber ratio was obtained by dividing ADG by average $BW^{0.75}$ [30].

2.3. DMI Variations

Daily DMI variation was determined by the difference in intake between consecutive days throughout the study [31]. Daily DMI variation was tabulated and then expressed as percentage of DMI (considering absolute values) according to the equation below, as well as in kilograms:

$$DMI \text{ variation, \%} = [(DMI_{\text{current day (kg)}} - DMI_{\text{previous day (kg)}}) / DMI_{\text{previous day (kg)}}] \times 100 (3)$$

2.4. Feeding Behavior and Particle Sorting

The collection of data on feeding behavior took place on day 88 of the study following a method adapted from Robles et al. [32]. Data were recorded every 5 min during a 24-h period for each animal considering time spent eating, ruminating, resting (expressed in minutes), and

number of meals per day, where a meal was considered the noninterrupted time cattle stayed in the feed bunk eating the ration.

On the day of the feeding behavior, the collection of samples of diets and orts were collected for chemical analysis of DM and NDF [33] to determine: intake of DM, intake of NDF, eating rate of DM (ERDM) and NDF (ERNDF), and rumination rate of DM (RRDM) and NDF (RRNDF), which were expressed in minutes per kilogram of either DM or NDF.

The Penn State Particle Size Separator was used for determination of particle-size distribution [34]. Particle sorting was determined as follows: n intake/ n predicted intake, in which n = particle fraction screens of 19 mm (long), 8 mm (medium), 1.18 mm (short), and a pan (fine). Selective consumption values equal to 1 indicate no sorting, those <1 indicate selective refusals (sorting against), and those >1 indicate preferential consumption (sorting for).

2.5. Ruminal and Cecum Morphometrics

At harvest, scores for rumenitis and cecum lesions were performed in washed epitheliums after cattle evisceration. Rumen and cecum epithelium were classified according to Bigham and McManus [35] using a scale from 0 (no lesions and abnormalities noted) to 10 (severe ulcerative lesions). All rumens and cecum were scored by two trained individuals, who were blinded to the treatments.

The 1 cm² samples of the ruminal epithelium were collected, as described by Resende Júnior et al. [36] and placed into a 70% alcohol solution for macroscopic measurements, such as: number of papillae per square centimeter of rumen wall (NOP); mean papillae area (MPA) and rumen wall absorptive surface area (ASA), which was calculated as follows: $1 + (NOP \times MPA) - (NOP \times 0.002)$.

For microscopic evaluations, 1 cm² samples from both rumen and cecum epithelium were collected as described by Odongo et al. [37]. Histological rumen measurements, such as papillae height, papillae width, papillae surface area, keratinized layer thickness, and the mitotic index, were determined in 10% of total papillae population, based on NOP, per animal using computer aided light microscope for image analysis. For the mitotic index, the number of cells exhibiting mitotic figures was determined using the same microscope just described, and the final data were expressed as a percentage of 2000 cells. Histological measurements of the cecum were

adapted from measurements of the rumen as described by Devant et al. [38] and Pereira et al. [39]. An electron light microscope with a Leica Qwin Image Analyzer was used to evaluate: crypt depth, goblet cells, enterocytes and crypt depth:goblet cells.

2.6. Collection and Preparation of Rumen Samples

The samples used for counting protozoa, and to study the ruminal bacterial community composition, were collected right after slaughter, by opening the rumen of the animals. The preparation, counting and differentiation of protozoa was performed according to the methodology described by Pinto et al. [40], in which samples were analyzed using a Neubauer Improved Bright-Line counting chamber (Hausser Scientific Partnership R, Horsham, PA, United States) with optical microscopy (Olympus CH-2 R, Japan; Dehority, 1993) [41]. Protozoa were differentiated by genus: Isotricha, Dasytricha, Entodinium, and Diplodinium. The samples intended for the sequencing of the microbial community were collected by a trained person, and properly prepared with gloves to avoid contamination. A 50-mL amount of the rumen contents was then collected, including solid and liquid phases, and stored in tubes free of DNA and RNA, which were stored at -80°C.

After thawing, samples were processed to isolate DNA following the procedure detailed in Weimer et al. [20] and Pinto et al. [40]. The microbial DNA was amplified using the PCR technique [41], in which, were used universal primers amplifying the 4 variable regions of the bacterial 16S rRNA gene (F-GTGCCAGCMGCCGCGGTAA; R-GGACTACHVGGGTWTCTAAT), as described by Kozich et al. (2013) [3]. Sequences were demultiplexed according to their sample-specific indices on an Illumina MiSeq, and deposited into the National Center for Biotechnological Information's Short Read Archive, and is available under BioProject Accession PRJNA641164. Before reading, the samples were cleaned, as described by Pinto et al. [41], for removal of non-bacterial DNA contamination, and the software Mothur (v. 1.41.1) was used for further processing [42].

The SILVA 16S rRNA gene reference alignment database (v132; Quast et al., 2013) [43] was used to screen for alignment to the correct region. Pre-clustering was performed (diffs = 2) to reduce error and chimeras were detected and removed using UCHIME [44]. The GreenGenes database [45], August 2013 release, was used to classify sequences with a bootstrap value cutoff of 80. Sequences classified to cyanobacteria, mitochondria, Eu-karya, or Archaea were removed. Single-tons were removed to streamline analysis.

2.7. Statistical Analysis

The variables evaluated in the experiment were analyzed using the MIXED procedure of SAS (SAS 2003; SAS Institute, Cary, NC, USA) and the Tukey's test to compare means, which was considered significant at $p < 0.05$. Tests for normality and heterogeneity of variances were performed prior to data analysis. An initial measurement covariate was added to the model when appropriate ($p < 0.05$).

Bacterial sequences were grouped into operational taxonomic units (OTUs) at 97% sequence similarity. Good's coverage [46] was calculated in Mothur for all samples, considering ≥ 0.95 as having sufficient sequencing depth. The OTU counts were normalized to 10,000 sequences per sample, and the normalized counts of OTUs by sample were used for further analysis. Alpha diversity was assessed using Chao's [47] estimate of species richness and Shannon's [48] diversity index. Differences in community diversity and richness were assessed by overall 2-way ANOVA in R v3.2.1 (R Core Team, 2011) [49]. Beta diversity was assessed by using non-metric multidimensional scaling to visualize differences between samples using the Bray–Curtis dissimilarity metric [50]. Changes in total community structure (relative abundance, Bray–Curtis metric) were assessed using permutational multivariate ANOVA (PERMANOVA) in R (vegan package; v 2.5-2) [51]. Pairwise comparisons between each group were quantified by PERMANOVA, and p-Values were FDR(false discovery rate)-corrected.

3. Results

The regression equation developed for DMI in this study was fitted without intercept, given that it was not significant ($p = 0.23$). The initial 12th rib fat and P8 fat thickness were also tested in the model ($p = 0.61$ and $p = 0.39$ respectively). The final fitted equation was:

$$\text{DMI (kg/d)} = 0.0544 \times \text{BW}^{0.75} + 2.9659 \times \text{ADG}; r^2 = 0.996. \quad (4)$$

Based on the residues obtained with the observed DMI data versus predicted DMI by Equation (4), animals were divided into: high-RFI group (8 animals), medium-RFI group (9 animals) and low-RFI group (10 animals).

3.1. Feedlot Performance and Carcass Characteristics

The residuals between the values predicted and observed by the regression for each animal are shown in Figure 1. The average of the residues for the high, medium and low RFI treatments were: 0.74, - 0.04 and - 0.58, respectively. The difference in DMI between high- and low-RFI yearling bulls observed in this study was 1.280 kg daily on average. Low-RFI animals (more efficient) consumed - 0.58 kg/d, and high-RFI animals (less efficient) consumed + 0.74 kg/d for similar ADG (Table 2).

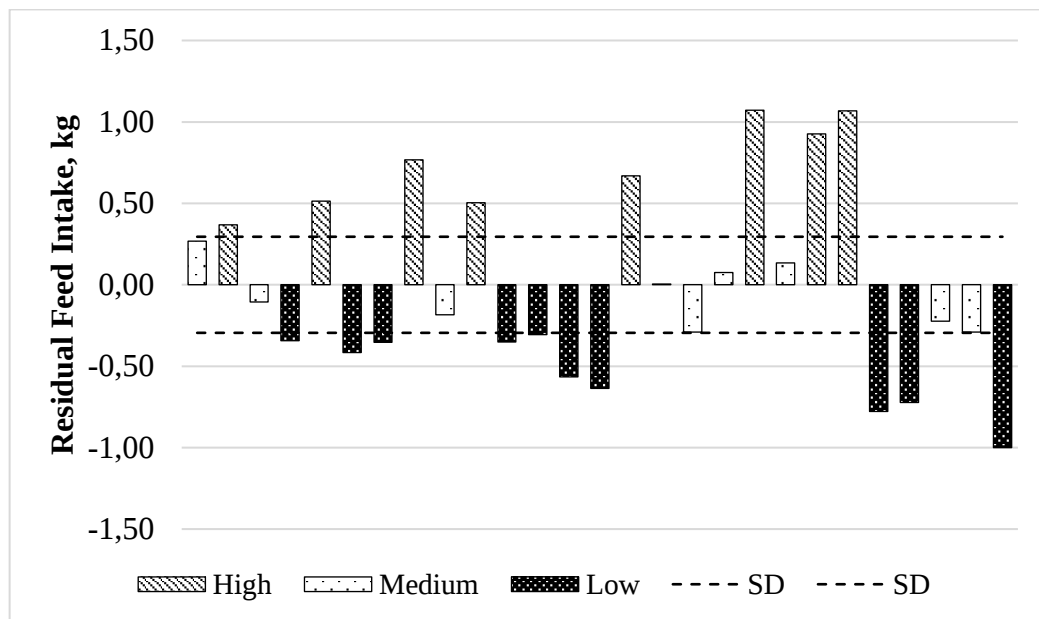


Figure 1. Residual feed intake for animals ($n = 27$) classified by $BW^{0.75}$ and ADG by the following regression equation: $DMI \text{ (kg/d)} = 0.0544 \times BW^{0.75} + 2.9659 \times ADG$. low RFI ($< -0.579 \text{ kg/d}$; less than mean minus 0.5 SD), medium RFI (-0.039 to 0.135 kg/d ; ± 0.5 SD of the mean) and high RFI ($> 0.743 \text{ kg/d}$; greater than mean plus 0.5 SD).

In order to justify the classification by the intake of these animals, those in the high-RFI group had higher DMI expressed in kilograms ($p < 0.01$) and as a percentage of BW ($p = 0.02$); however, DMI was similar when cattle from medium- and low-RFI groups were compared ($p > 0.05$). The low-RFI animals improved G:F when compared to high- and medium-RFI groups. Likewise, RG was lower for high-RFI group ($p = 0.03$) than for low-RFI animals; however, the Kleiber ratio was not different across treatments ($p = 0.45$).

- 1 **Table 2.** Feedlot performance and carcass characteristics of Nellore bulls consuming high
 2 concentrate diets classified by residual feed intake (RFI).

Variable	RFI Group			SEM ¹³	p-Value
	High	Medium	Low		
<i>n</i>	8	9	10		
Feedlot Performance					
RFI ¹ , kg/d	0.74 ^a	−0.04 ^b	−0.58 ^c	0.064	<0.01
Initial BW ² , kg	435	421	422	6.4	0.29
Final BW, kg	566	551	563	9.0	0.54
Daily DMI ³ , kg	10.27 ^a	9.09 ^b	8.99 ^b	0.270	<0.01
Daily DMI, % BW	2.06 ^a	1.90 ^b	1.83 ^b	0.048	0.02
DMI Variation ⁴ , %	6.86	6.10	6.64	0.420	0.34
DMI Variation, kg	0.60	0.54	0.55	0.025	0.27
ADG ⁵ , kg	1.31	1.17	1.29	0.084	0.54
G:F ⁶ , kg/kg	0.125 ^b	0.128 ^b	0.143 ^a	0.0046	0.02
BW ^{0.75} ⁷ , kg	105	104	105	0.7	0.54
RG ⁸ , kg/d	−0.085 ^b	−0.048 ^{ab}	0.099 ^a	0.0379	0.03
Kleiber ratio, g gain/kg	0.012	0.011	0.012	0.0007	0.45
Hot carcass weight, kg	307	297	308	4.3	0.22
Dressing percentage	54.51	53.89	54.40	0.371	0.44
NEm, Mcal ⁹ /kg of DM	1.93	1.93	1.91	0.039	0.92
NEg, Mcal ¹⁰ /kg of DM	1.29	1.28	1.26	0.034	0.92
NEm/NEm expected	1.05	1.05	1.03	0.021	0.87
NEg/NEg expected	1.06	1.06	1.04	0.028	0.86
Carcass characteristics					
Initial LMA ¹¹ , cm ²	70.0	69.0	70.4	1.62	0.71
Final LMA, cm ²	83.8	82.2	81.4	1.19	0.39
LMA daily gain, cm ²	0.133	0.118	0.110	0.0114	0.39
Initial 12th rib fat, mm	3.1	3.1	3.0	0.15	0.87
Final 12th rib fat, mm	5.3	5.0	5.5	0.31	0.50
12th rib daily gain, mm	0.023	0.017	0.023	0.0028	0.32
Initial P8 ¹² fat thickness, mm	4.3	4.4	4.0	0.25	0.50

Final P8 fat thickness, mm	7.3	6.9	6.9	0.39	0.87
P8 fat daily gain, mm	0.030	0.025	0.025	0.0032	0.47
Initial Marbling	2.1	2.4	2.1	0.21	0.59
Final Marbling	2.3	2.6	2.4	0.18	0.55

¹ RFI = Residual feed intake. ² BW = body weight. ³ DMI = dry matter intake. ⁴ DMI variation = difference between intake in consecutive days. ⁵ ADG = average daily gain. ⁶ G:F = gain to feed ratio. ⁷ BW^{0.75} = metabolic weight. ⁸ RG = residual weight gain. ⁹ Net energy for maintenance. ¹⁰ Net energy for gain. ¹¹ LMA = longissimus muscle area. ¹² P8 = fat thickness measured on biceps femoris muscle. ¹³ SEM = standard error of the mean.

a,b,c For treatment effect, within a row, means without common superscript letter differ ($p < 0.05$).

3.2. Feeding Behavior and Selective Consumption

A significant effect was found for time spent resting ($p = 0.03$), time spent ruminating ($p < 0.01$), DMI ($p = 0.05$), NDF intake ($p < 0.01$), ERDM ($p = 0.04$), RRDM ($p = 0.03$), and ERNDF ($p = 0.04$). Cattle from high- and low-RFI groups had similar time spent resting and time spent ruminating; however, medium-RFI animals spent longer periods resting than high-RFI cattle, and also spent more time ruminating than animals from other treatments. Additionally, Nellore yearling bulls presenting medium-RFI had lower NDF intake and took longer to consume a kilogram of DM ($p = 0.04$) and NDF ($p < 0.01$). The time spent to ruminate a kilogram of DM was shorter for medium-RFI cattle compared to animals from high-RFI group ($p = 0.03$), but not different from low-RFI animals ($p > 0.05$). Same trend was observed for daily DMI ($p = 0.045$). No significant RFI effect was observed for particle sorting (Table 3) when diet and orts samples were sieved on a 19 mm ($p = 0.47$; long), 8 mm ($p = 0.11$; medium), 1.18 mm ($p = 0.79$; short) screens, and pan ($p = 0.59$; fine).

Table 3. Feeding behavior and particle sorting of Nellore yearling bulls consuming high-concentrate diets classified by residual feed intake (RFI).

Variable	RFI Group			SEM ⁷	<i>p</i> -Value
	High	Medium	Low		
<i>n</i>	8	9	10		
Feeding behavior					
Time spent resting, min/d	1001 ^b	1092 ^a	1032 ^{ab}	21.8	0.03
Time spent ruminating, min/d	256 ^a	155 ^b	210 ^a	17.5	<0.01
Time spent eating, min/d	182	189	197	8.6	0.43

Meal length, min	18	17	17	1.2	0.94
Meals per day, <i>n</i>	11	12	12	0.7	0.71
Water trough attendance, <i>n</i> /d	7	5	9	1.4	0.13
DMI per meal, kg	1.05	0.82	0.85	0.068	0.20
Daily DMI ¹ , kg	10.45 ^a	9.13 ^b	9.82 ^{ab}	0.401	0.05
ER of DM ² , min/kg	18 ^b	21 ^a	20 ^b	1.0	0.04
RR of DM ³ , min/kg	25 ^a	17 ^b	22 ^{ab}	1.9	0.03
NDF intake, kg	1.91 ^a	1.51 ^c	1.84 ^b	0.087	<0.01
ER of NDF, ⁴ min/kg of NDF	97 ^b	129 ^a	109 ^b	5.8	<0.01
RR of NDF, ⁵ min/kg of NDF	140	107	116	10.2	0.14
Particle sorting ⁶					
Long	0.80	0.69	0.65	0.061	0.47
Medium	0.94	0.88	0.95	0.028	0.11
Short	1.03	1.01	1.03	0.009	0.79
Fine	0.94	0.96	0.97	0.016	0.59

¹ Daily DMI is the DMI of the day that behavior measurements were taken. ² ER = eating rate of DM. ³ RR = rumination rate of DM. ⁴ ER = eating rate of NDF. ⁵ RR = rumination rate of NDF. ⁶ Selective consumption = *n* intake/*n* predicted intake, in which *n* = particle fraction screens of 19 mm (long), 8 mm (medium), 1.18 mm (short), and a pan (fine). Selective consumption values equal to 1 indicate no sorting, those < 1 indicate selective refusals (sorting against), and those > 1 indicate preferential consumption (sorting for). ⁷ SEM = standard error of the mean. ^{a,b,c} For treatment effect, within a row means without common superscript letter differ (*P* < 0.05).

3.3. Rumenitis and Rumen and Cecum Morphometrics

The macro- and microscopic rumen morphometrics results across different RFI groups of animals did not differ in relation to their development (Table 4); however, there was an effect of the RFI grouping on keratinized layer thickness, in which animals from low-RFI group presented thinner layer (*p* = 0.04). As in the rumen, the cecum data showed no differences in development or lesions across the RFI groups.

Table 4. Rumenitis and rumen morphometrics of rumen and cecum of Nellore yearling bulls consuming high-concentrate diets classified by residual feed intake (RFI).

Variable	RFI Group			SEM ²	<i>p</i> -Value
	High	Medium	Low		
<i>n</i>	8	9	10		

Macroscopic variables					
Rumenitis score	0.85	0.69	0.79	0.161	0.80
Number of papillae, no.	74.1	57.8	59.4	6.26	0.36
ASA ¹ , cm ² /cm ² of rumen wall	41.1	32.2	33.9	3.65	0.25
Mean papillae area, cm ²	0.56	0.55	0.56	0.036	0.97
Papillae area, % of ASA	97.5	96.8	97.2	0.32	0.42
Microscopic variables					
Papillae height, mm	1.56	1.52	1.60	0.078	0.72
Papillae Width, mm	0.17	0.18	0.17	0.005	0.80
Papillae surface area, mm ²	0.25	0.23	0.25	0.015	0.54
Keratinized layer thickness, µm	32.8 ^a	30.3 ^a	28.2 ^b	1.09	0.04
Mitotic index, %	6.36	6.26	6.13	0.574	0.96
Mitotic index, <i>n</i>	127	125	123	11.5	0.96
Cecum measurements					
Cecum score	2.60	1.57	3.24	0.730	0.25
Crypt depth, µm	109	96	105	5.7	0.30
Goblet cells, <i>n</i>	2.0	2.0	2.0	0.2	0.97
Enterocytes, <i>n</i>	20	19	22	0.7	0.12
Crypt depth:Goblet cells	61	52	59	6.3	0.62

¹ ASA = absorptive surface area. ² SEM = standard error of the mean. ^{a,b,c} For treatment effect, within a row means without common superscript letter differ ($P < 0.05$).

3.4. Ruminal Protozoa Counting

Results of protozoa populations are shown in Table 5. No significant difference across treatments were observed for the genus *Diplodinium* ($p = 0.60$), *Isotricha* ($p = 0.14$) and *Dasytricha* ($p = 0.68$). However, cattle from the medium-RFI group presented a smaller population of *Entodinium* than high-RFI cattle ($p = 0.01$) without negatively impacting total protozoa populations ($p = 0.27$). When expressed as percentage of total population, no RFI-grouping effect was observed across treatments for the protozoa populations evaluated in this study ($p > 0.05$).

Table 5. Differential counts of ciliated protozoa (10³/mL) of Nellore yearling bulls consuming high-concentrate diets classified by residual feed intake (RFI).

Variable	RFI Group			SEM ¹	p-Value
	High	Medium	Low		
<i>n</i>	8	9	10		
Entodinium, 10 ³ /mL	138 ^a	120 ^b	129 ^{ab}	3.6	<0.01
Diplodinium, 10 ³ /mL	80	76	75	4.6	0.60
Isotricha, 10 ³ /mL	17	14	12	1.5	0.14
Dasytricha, 10 ³ /mL	47	51	48	3.4	0.68
Total protozoa, 10 ³ /mL	281	262	263	8.4	0.27
Entodinium, %	49	47	49	1.2	0.42
Diplodinium, %	29	29	28	1.1	0.91
Isotricha, %	5.9	5.4	4.7	0.61	0.38
Dasytricha, %	17	20	18	1.0	0.13

¹ SEM = standard error of the mean. ^{a,b,c} For treatment effect, within a row means without common superscript letter differ (P < 0.05).

3.5. Ruminal Bacterial Community Composition

In the ruminal samples, collected right after slaughter for 16S rRNA microbiota sequencing, were generated a total of 76,510 raw sequences, resulting in an average of 5.77 ± 47 SD sequences per sample that passed filter. The pooled samples contained an average of 1.62 unique OTUs, and a Good's coverage of 0.98.

The results related to bacterial community composition are shown in Figure 2. No significant RFI-grouping effect was observed for Shannon's diversity (p = 0.57; Figure 2A) and Chao's richness (p = 0.98; Figure 2B). Figure 2C shows the seven main phyla found in the ruminal content of animals differing in phenotypic RFI; however, no differences across treatments were detected within each phylum (p > 0.10). It is noteworthy to mention that at the time of slaughter, phyla Bacteroidetes and Firmicutes stand out. Finally, a Bray–Curtis dissimilarity analysis was conducted, as visualized using Non-metric multidimensional scaling (NMDS) (Figure 2D), and no differences across treatments were observed (p = 0.98).

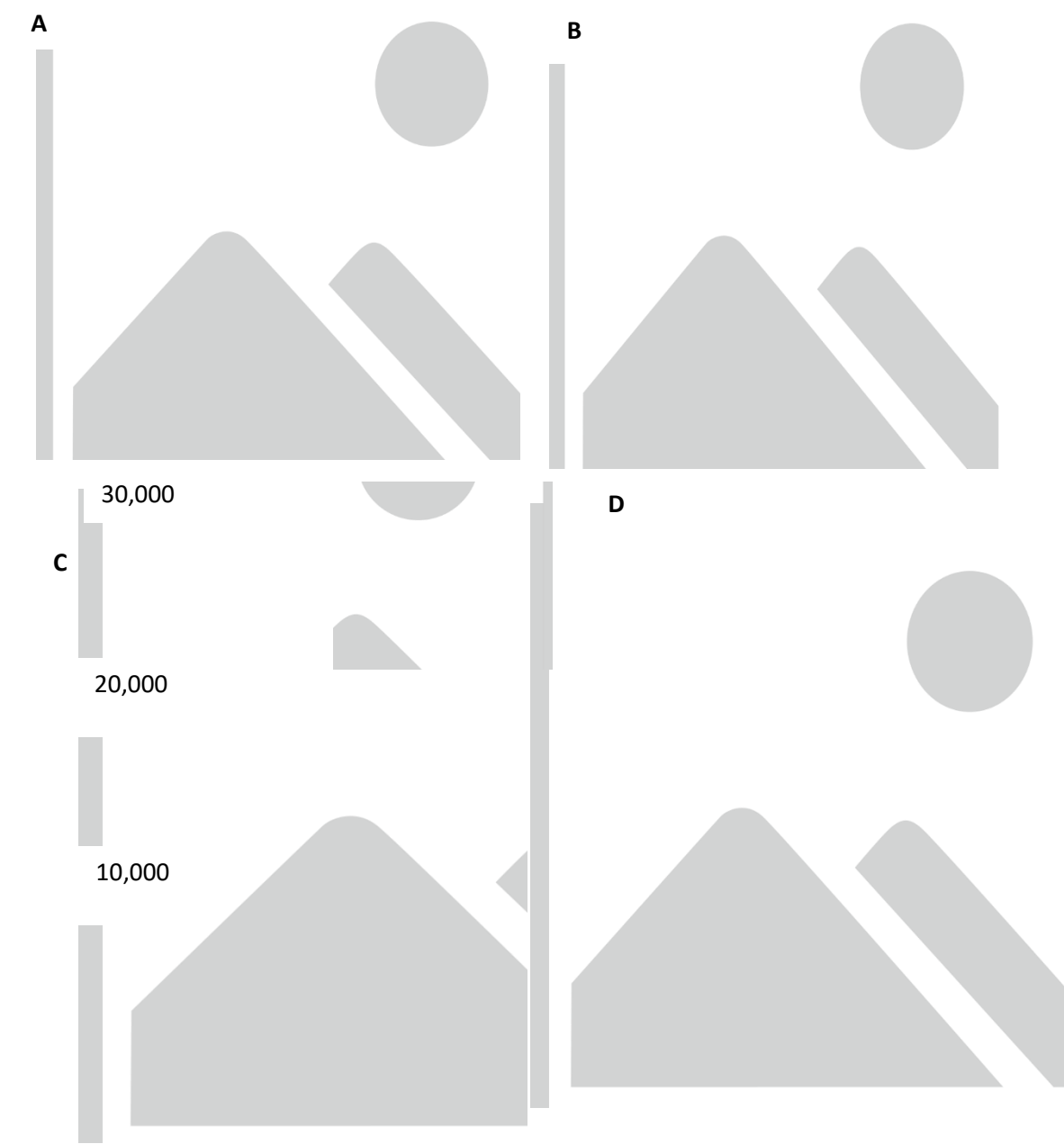


Figure 2. Shannon's diversity index (A) and Chao's richness estimator (B) for microbial communities in the rumen of Nellore cattle classified by RFI. Relative abundance of the top seven phylum of ruminal bacterial communities observed in different RFI groups Nellore cattle (C). Non-metric multidimensional scaling (NMDS) representation of the Bray-Curtis dissimilarity metric for ruminal content of Nellore cattle classified by RFI (D).

1 **4. Discussion**

2 The main performance variables, such as final BW, ADG, HCW, dressing percentage, as
3 well as other carcass characteristics, were not affected by different RFI groups. Similar results

involving Nellore bulls were reported by Nascimento et al. [52] and Fidelis et al. [53], which confirms that RFI in cattle is phenotypically independent of growth and body size, as defined by Koch et al. [17]. When the residual weight gain was calculated as defined by Koch et al. [17]. When the residual weight gain was calculated, cattle from low-RFI group exhibited an increase of 184 g when compared to high-RFI animals.

Data from this study show that there was no difference across all RFI groups regarding carcass traits measured by ultrasound, corroborating data reported by Nascimento et al. [52] and Fidelis et al. [53]. On the other hand, in a study by Pereira et al. [14], cattle from low-RFI group had thinner 12th rib- and P8-fat thickness by 0.86 mm and 0.88 mm, respectively, at harvest, as well as 680 g less visceral fat. The body composition of animals has a great impact on energy requirements and daily gain composition [54]. In the literature, there are several studies that associated RFI variations in beef cattle with protein metabolism [1,5,9,55], which suggests that low-RFI animals have more efficient mechanisms related to protein metabolism, since these animals have leaner carcasses, lesser visceral, subcutaneous and intramuscular fat, and greater contribution of protein to weight gain. Although in our study we did not measure visceral fat, the assessment of carcass 12th rib fat and P8 fat thickness, as well as marbling, showed that low-RFI animals did not have any reduction of carcass fat deposition, suggesting that efficiency may be attributed to metabolic processes of each animal.

Energy metabolism in the process of absorption in the rumen [17] and intestines [56] has also been reported for the variation in energy expenditure by animals, in which, depending on the substrate and the absorption site, there are different energy expenditures for the animals [57]. The data from rumen morphometry, with the exception of keratinized layer thickness, did not reveal any significant difference between the RFI groups, which is in agreement with the data presented by Pereira et al. [14]. The thinner keratinized layer showed by low-RFI animals may be related to the lower DMI presented by these animals, since a smaller amount of substrate entered the ruminal environment for fermentation. In addition, a more intense visceral biochemical work was reported in animals with higher DMI [56]. In a survey carried out by Kong et al. [17] an increase in the expression of genes associated with glycolysis and oxidative phosphorylation in the epithelium of low-RFI animals was observed, which suggests a greater production of energy by these animals. The same authors also reported an increase in the expression of genes involved in cell and protein renewal in the modulation of intercellular

adhesion force and cell migration, which, according to the authors, may be due to an increase in the absorption rate or to a greater surface area/volume ratio.

Although the visceral metabolism was not evaluated in this study, and the composition of the microbial community also did not differ between the RFI groups, this suggests that the differences in the efficiency of nutrient utilization in the different RFI groups may be related to the splenic and hepatic metabolism.

With respect to the rumen, the efficiency of the ruminal epithelium in removing the fermentation products can influence the ruminal acidification. In our data, animals from low RFI group consumed a 1.28 kg (DM basis) less than high-RFI cattle, which might explain the thinner keratin layer of the ruminal epithelium; however, further research is needed to identify potential differences on absorption rate of short-chain fatty acids in cattle differing in RFI.

Differences in feeding behavior were subtle in this study, and those are related to the smaller amount of NDF consumed by medium-RFI animals. As a result, medium-RFI cattle spent less time ruminating and took longer to consume a kilogram of either DM or NDF, which is in agreement with Llonch et al. [58]. In addition, Entodinium populations may have been negatively impacted by the lack of a proper amount of long particles in the rumen to maintain pH at optimal levels for growth of those microorganisms [13]. Results from this study related to feeding behavior are similar to the ones reported by Bingham et al. [59] and Pereira et al. [14]. Reasons by which medium-RFI animals sort against long and medium diet particles remain unknown and deserve further attention.

The quantification of the protozoa population in samples collected from the rumen at harvest showed no differences between the RFI groups in the total protozoan population, so that, even with a variation in DMI of 1.28 kg between extreme RFI groups, the animals probably managed to maintain the ruminal pH in adequate conditions to maintain these individuals, since mainly the genera Diplodinium e Dasytricha are sensitive to low ruminal pH [60,61]. In addition, rumen protozoa are important in the control of rumen pH, since they act in the predation of rumen bacteria and engulfing starch granules; where the genus Entodinium is the most dominant protozoan in the rumen of cattle fed high-concentrate diets [62], where they can rapidly degrade starch, resulting in faster growth rates [63]. In this study, the only difference between protozoan counts was found between the high and medium RFI groups, which is explained by the greater amount of starch ingested by high-RFI animals.

Furthermore, with respect to the ruminal bacterial communities, no differences were found in relation to Shannon's diversity and Chao richness, which is in agreement with data from McCann et al. [64] who found no differences in Shannon's diversity across different RFI groups of Brahman bulls in pasture. In addition, Myer et al. [65] fed cattle a high-concentrate diet, and also did not find differences in Shannon diversity and Chao richness. However, Welch et al. [21] evaluated the impact of RFI groups on the composition of the fecal microbial community and reported greater Shannon's diversity in more efficient animals (6.99 vs. 7.81) fed high-concentrate diets, but this difference disappeared when animals were fed forage-based diets. Based on the fact just presented, it seems that the variation in feed efficiency across different RFI groups could not be attributed to the rumen microorganisms. Although our sample collection was performed after the animals had gone through a period of fasting, which may have influenced the microbes, this occurred for all animals. In addition, the transport and handling itself may influence intake, metabolism and shift the composition of the microbiota just prior to harvest. It is noteworthy to mention that cattle in this study were slaughtered on the same day they were shipped, which reduces the fasting time before slaughter.

Another limitation that we found is that the collection of samples did not cover microbes from the rumen wall, since microbes should be extracted from a washed rumen surface; however, the vast majority of the degradation process and consequent production of SCFA to increase animal gain occurs through the action of the microbiota adhered to feed particles, so that the collection of whole rumen contents from each animal was managed to cover and represent the entire rumen compartment.

5. Conclusions

The composition of the ruminal bacterial community and total protozoa in samples collected right after slaughter was not impacted when Nellore bulls finished in feedlot were ranked in different RFI groups. Likewise, the main morphometric characteristics of the rumen and cecum were not affected in terms of epithelial development and presence of lesions. Thus, differences in feed efficiency of Nellore bulls fed high-concentrate diets differing in phenotypic RFI should be attributed to metabolic variables other than ruminal microorganisms and epithelium, which deserves further investigation.

Author Contributions: Conceptualization, A.M.S, A.C.J.P. and D.D.M.; methodology, A.M.S., A.C.J.P., G.D.C. and G.S.; formal analysis, A.M.S., D.D.M.; investigation, A.M.S and D.D.M.; resources, D.D.M.; data curation, G.S. and D.D.M.; writing original draft preparation, A.M.S. and A.C.J.P.; writing—review and editing, D.D.M., G.D.C. and G.S.; supervision, D.D.M.; project administration, A.M.S., A.C.J.P., W.F.S., L.S.M., L.A.F.S., D.M.C., K.L.R.S., V.G.L.G., and D.D.M.; funding acquisition, D.D.M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by "Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)", project nº 2019/03025-0.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Ethics Committee of São Paulo State University (protocol code 08/2019).

Acknowledgments: We would like to thank the “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasília, DF, Brazil” (CAPES) and São Paulo Research Foundation (FAPESP), process 2019/20164-4, for the scholarship provided to Antonio Marcos Silvestre to conduct this study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Herd, R.M.; Oddy, V.H.; Richardson, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. I. Review of potential mechanisms. *Aust. J. Exp. Agric.* **2004**, *44*, 423–430. <https://doi.org/10.1071/EA02220>.
2. Moraes, G.F.; Abreu, L.R.A.; Ferreira, I.C.; Pereira, I.G. Genetic analysis of residual feed intake adjusted for fat and carcass and performance traits in a Nellore herd. *Cienc. Rural* **2017**, *47*, e20151505. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151505>.
3. Koch, R.M.; Swiger, L.A.; Chambers, D.; Gregory, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. *J. Anim. Sci.* **1963**, *22*, 486–494. doi.org/10.2527/jas1963.222486x.
4. Nkrumah, J.D.; Basarab, J.A.; Wang, Z.; Li, C.; Price, M.A.; Okine, E.K.; Moore, S.S. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with

- growth and carcass merit of beef cattle. *J. Anim. Sci.* **2007**, *85*, 2711–2720. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-767>.
5. Robinson, D.L.; Oddy, V.H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* **2004**, *90*, 255–270. doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.06.011.
 6. Bonilha, E.F.M.; Branco, R.H.; Bonilha, S.F.M.; Araujo, F.L.; Magnani, E.; Mercadante, M.E.Z. Body chemical composition of Nellore bulls with different residual feed intakes. *J. Anim. Sci.* **2013**, *91*, 3457–3464. doi.org/10.2527/jas.2012-5437.
 7. Gomes, R.C.; Sainz, R.D.; Silva, S.L.; César, M.C.; Bonin, M.N.; Leme, P.R. Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. *Livest. Sci.* **2012**, *150*, 265–273. doi.org/10.1016/j.livsci.2012.09.012.
 8. Zorzi, K.; Bonilha, S.F.M.; Queiroz, A.C.; Branco, R.H.; Sobrinho, T.L.; Duarte, M.S. Meat quality of young bulls with low and high residual feed intake. *Meat Sci.* **2013**, *93*, 593–599. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.030>.
 9. Archer, J.A.; Richardson, E.C.; Herd, R.M.; Arthur, P.F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. *Aust. J. Agric. Res.* **1999**, *50*, 147–161. <https://doi.org/10.1071/A98075>.
 10. Cruz, G.D.; Rodríguez-Sánchez, J.A.; Oltjen, J.W.; Sainz, R.D. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. *J. Anim. Sci.* **2010**, *88*, 324–329. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1932>.
 11. Richardson, E.C.; Herd, R.M.; Oddy, V.H.; Woodgate, R.T.; Archer, J.A.; Arthur, P.F. Body composition explains only part of the intake difference between high and low efficiency Angus steers. *Recent Adv. Anim. Nutr. Aust.* **1999**, *12*, 4A.
 12. Silvestre, A.M.; Cruz, G.D.; Owens, F.N.; Pereira, M.C.S.; Hicks, R.B.; Millen, D.D. Predicting feedlot cattle performance from intake of dry matter and NEg early in the feeding period. *Livest. Sci.* **2019**, *223*, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.03.007>.

- 1 13. Nagaraja, T.G.; Titgemeyer, E.C. Ruminant acidosis in beef cattle: The current
2 microbiological and nutritional outlook. *J. Dairy Sci.* **2007**, *90*, E17–E38.
3 <https://doi.org/10.3168/jds.2006-478>.
- 4 14. Pereira, M.C.S.; Cruz, G.D.; Arrigoni, M.D.B.; Rigueiro, A.L.N.; Silva, J.; Carrara,
5 T.V.B.; Santos, P.C.S.; Cursino, L.L.; Millen, D.D. Relationships of feedlot
6 performance, feeding behavior, rumen morphometrics, and carcass characteristics of
7 Nelore cattle differing in phenotypic residual feed intake. *J. Anim. Sci.* **2016**, *94*, 4287–
8 4296. <https://doi.org/10.2527/jas2016-0579>.
- 9 15. Elolimy, A.A.; Abdelmegeid, M.K.; McCann, J.C.; Shike, D.W.; Looor, J.J. Residual
10 feed intake in beef cattle and its association with carcass traits, ruminal solid-fraction
11 bacteria, and epithelium gene expression. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* **2018**, *9*, 67.
12 doi.org/10.1186/s40104-018-0283-8.
- 13 16. Russell, J.B.; Hespell, R.B. Microbial rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* **1981**, *64*,
14 1153–1169.
- 15 17. Kong, R.S.G.; Liang, G.; Chen, Y.; Stothard, P.; Guan, L.L. Transcriptome profiling of
16 the rumen epithelium of beef cattle differing in residual feed intake. *BMC Genom.*
17 **2016**, *17*, 592. doi.org/10.1186/s12864-016-2935-4.
- 18 18. Hernandez-Sanabria, E.; Goonewardene, L.A.; Wang, Z.; Durunna, O.N.; Moore, S.S.
19 Impact of feed efficiency and diet on adaptive variations in the bacterial community in
20 the rumen fluid of cattle. *Appl. Environ. Microb.* **2012**, *78*, 1203–1214.
21 <https://doi.org/10.1128/AEM.05114-11>.
- 22 19. Wallace, R.J.; Rooke, J.A.; Mckain, N.; Duthie, C.A.; Hyslop, J.J.; Ross, D.W.;
23 Waterhouse, A.; Watson, M.; Roehe, R. The rumen microbial metagenome associated
24 with high methane production in cattle. *BMC Genom.* **2015**, *16*, 1.
25 <https://doi.org/10.1186/s12864-015-2032-0>.
- 26 20. Weimer, P.J.; Cox, M.S.; Paula, T.V.; Lin, M.; Hall, M.B.; Suen, G. Transient changes
27 in milk production efficiency and bacterial community composition resulting from
28 near-total exchange of ruminal contents between high- and low-efficiency Holstein
29 cows. *J. Dairy Sci.* **2017**, *100*, 7165–7182. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12746>.
- 30 21. Welch, C.B.; Lourenco, J.M.; Krause, T.R.; Seidel, D.S.; Fluharty, F.L.; Pringle, D.;
31 Callaway, T.R. Evaluation of the fecal bacterial communities of Angus steers with
32 divergent feed efficiencies across the lifespan from weaning to slaughter. *Front. Vet.*
33 *Sci.* **2021**, *8*, 597405. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.597405>.

22. Hernandez-Sanabria, E.; Guan, L.L.; Goonewardene, L.A.; Li, M.; Mujibi, D.F.; Stothard, P.; Moore, S.S.; Leon-Quintero, M.C. Correlation of particular bacterial PCR-denaturing gradient gel electrophoresis patterns with bovine ruminal fermentation parameters and feed efficiency traits. *Appl. Environ. Microbiol.* **2010**, *76*, 6338–6350. doi.org/10.1128/AEM.01052-10.
23. Fox, D.G.; Tedeschi, L.O.; Tylutki, T.P.; Russell, J.B.; Van Amburgh, M.E.; Chase, L.E.; Pella, A.N.; Overton, T.R. The cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Technol.* **2004**, *112*, 29–78.
24. Lofgreen, G.P.; Garrett, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* **1968**, *27*, 793–806. <https://doi.org/10.2527/jas1968.273793x>.
25. NRC (National Research Council). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 6th ed.; National Academy Press: Washington, DC, USA, 1984.
26. Zinn, R.A.; Shen, Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J. Anim. Sci.* **1998**, *76*, 1280–1289. <https://doi.org/10.2527/1998.7651280x>.
27. Perkins, T.L.; Green, R.D.; Hamlin, K.E. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* **1992**, *70*, 1002–1010. <https://doi.org/10.2527/1992.7041002x>.
28. Archer, J.A.; Arthur, P.F.; Herd, R.M.; Parnell, P.F.; Pitchford, W.S. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. *J. Anim. Sci.* **1997**, *75*, 2024–2032. <https://doi.org/10.2527/1997.7582024x>.
29. Crowley, J.J.; McGee, M.; Kenny, D.A.; Crews, D.H., Jr.; Evans, R.D.; Berry, D.P. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. *J. Anim. Sci.* **2010**, *88*, 885–894. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1852>.
30. Kleiber, M. Body size and metabolic rate. *Physiol. Rev.* **1947**, *27*, 511–541. doi.org/10.1152/physrev.1947.27.4.511.
31. Bevens, D.W.; Beauchemin, K.A.; Schwartzkopf-Genswein, K.S.; McKinnon, J.J.; McAllister, T.A. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* **2005**, *83*, 1116–1132. doi:/2005.8351116x.

32. Robles, V.; González, L.A.; Ferret, A.; Manteca, X.; Calsamiglia, S. Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* **2007**, *85*, 2538–2547. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-739>.
33. an Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* **1991**, *74*, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
34. Heinrichs, J.; Kononoff, P. *Evaluating Particle Size of Forages and TMRs Using the Penn State Particle Size Separator*; Dairy and Animal Science: Wallingford, UK, 1996; pp. 1–14.
35. Bigham, M.L.; McManus, W.R. Whole wheat grain feeding of lambs: Effects of roughage and wheat grain mixtures. *Aust. J. Agric. Res.* **1975**, *26*, 1053–1062. <https://doi.org/10.1071/AR9751053>.
36. Resende Júnior, J.C.; Alonso, L.S.; Pereira, M.N.; Magallanes, M.G.R.; Duboc, M.G.; Oliveira, E.C.; Melo, L.Q. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* **2006**, *43*, 526–536. doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2006.26469.
37. Odongo, N.E.; AlZahal, O.; Lindinger, M.I.; Duffield, T.F.; Valdes, E.V.; Terrel, S.P.; McBride, B.W. Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. *J. Anim. Sci.* **2006**, *84*, 447–455. [doi:/2006.842447x](https://doi.org/10.2527/jas.2006-842447x).
38. Devant, M.; Penner, G.B.; Marti, S.; Quintana, B.; Fabregas, F.; Bach, A.; Aris, A. Behavior and inflammation of the rumen and cecum in Holstein bulls fed high-concentrate diets with different concentrate presentation forms with or without straw supplementation. *J. Anim. Sci.* **2016**, *94*, 3902–3917. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0594>.
39. Pereira, M.C.S.; Dellaqua, J.V.T.; Sousa, O.A.; Santi, P.F.; Felizari, L.D.; Reis, B.Q.; Pinto, A.C.J.; Bertoldi, G.P.; Silvestre, A.M.; Watanabe, D.H.M.; et al. Feedlot performance, feeding behavior, carcass and rumen morphometrics characteristics of Nellore cattle submitted to strategic diets prior the adaptation period. *Livest. Sci.* **2020**, *234*, 103985. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103985>.

- 1 40. Dehority, B.A. *Laboratory Manual for Classification and Morphology of Rumen*
2 *Ciliate Protozoa*; CRC Press: Boca Rotan, FL, USA, 1993.
- 3 41. Pinto, A.C.J.; Bertoldi, G.P.; Felizari, L.D.; Dias, E.F.F.; Demartini, B.L.; Nunes,
4 A.B.C.; Squizatti, M.M.; Silvestre, A.M.; Oliveira, L.F.R.; Skarlupka, J.H.; et al.
5 Ruminal Fermentation Pattern, Bacterial Community Composition, and Nutrient
6 Digestibility of Nellore Cattle Submitted to Either Nutritional Restriction or Intake of
7 Concentrate Feedstuffs Prior to Adaptation Period. *Front. Microbiol.* **2020**, *11*, 1865.
8 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01865>.
- 9 42. Schloss, P.D.; Westcott, S.L.; Ryabin, T.; Hall, J.R.; Hartmann, M.; Hollister, E.B.
10 Introducing mothur: Open-source, platformindependent, community-supported
11 software for describing and comparing microbial communities. *Appl. Environ.*
12 *Microbiol.* **2009**, *75*, 7537–7541. <https://doi.org/10.1128/aem.01541-09>.
- 13 43. Quast, C.; Pruesse, E.; Yilmaz, P.; Gerken, J.; Schweer, T.; Yarza, P.; Peplies, J.;
14 Glockner, F.O. The SILVA ribosomal RNA gene database project: Improved data
15 processing and web-based tools. *Nuclear Acids Res.* **2013**, *41*, D590–D596.
16 <https://doi.org/10.1093/nar/gks1219>.
- 17 44. Edgar, R.C.; Haas, B.J.; Clemente, J.C.; Quince, C.; Knight, R. UCHIME improves
18 sensitivity and speed of chimera detection. *Bioinformatics* **2001**, *27*, 2194–2200.
19 <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr381>.
- 20 45. DeSantis, T.Z.; Hugenholtz, P.; Larsen, N.; Rojas, M.; Brodie, E.L.; Keller, K.
21 Greengenes, a chimera-checked 16S rRNA gene database and workbench compatible
22 with ARB. *Appl. Environ. Microbiol.* **2006**, *72*, 5069–5072.
23 <https://doi.org/10.1128/aem.03006-05>.
- 24 46. Good, I.J. The population frequencies of species and the estimation of population
25 parameters. *Biometrika* **1953**, *40*, 237–264. <https://doi.org/10.1093/biomet/40.3-4.237>.
- 26 47. Chao, A. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scand. J.*
27 *Stat.* **1984**, *11*, 265–270.
- 28 48. Shannon, C.E. A mathematical theory of communication. *Mob. Comput. Commun. Rev.*
29 **2001**, *5*, 3–55.
- 30 49. R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*; R
31 Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2011. Available online:
32 <http://www.R-project.org> (accessed on 1 September 2021).

- 1 50. Bray, R.J.; Curtis, J.T. An ordination of the upland forest communities of Southern
2 Wisconsin. *Ecol. Monogr.* **1957**, *27*, 325–349. <https://doi.org/10.2307/1942268>.
- 3 51. Oksanen, J.; Blanchet, F.G.; Friendly, M.; Kindt, R.; Legendre, P.; McGlinn, D. *Vegan*:
4 Community Ecology Package. R Package Version 2.5–6. 2019. Available online:
5 <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> (accessed on 1 September 2021).
- 6 52. Nascimento, C.F.; Branco, R.H.; Bonilha, S.F.M.; Cyrillo, J.N.S.G.; Negrão, J.A.;
7 Mercadante, M.E.Z. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle.
8 *J. Anim. Sci.* **2015**, *93*, 1318–1326. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8368>.
- 9 53. Fidelis, H.A.; Bonilha, S.F.M.; Tedeschi, L.O.; Branco, R.H.; Cyrillo, J.N.S.G.;
10 Mercadante, M.E.Z. Residual feed intake, carcass traits and meat quality in Nellore
11 cattle. *Meat Sci.* **2017**, *128*, 34–39. doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.004.
- 12 54. Owens, F.N.; Gill, D.R.; Secrist, D.S.; Coleman, S.W. Review of some aspects of
13 growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* **1995**, *73*, 3152–3172.
- 14 55. Richardson, E.C.; Herd, R.M.; Oddy, V.H.; Thompson, J.M.; Archer, J.A.; Arthur, P.F.
15 Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of
16 parents selected for and against residual feed intake. *Aust. J. Exp. Agric.* **2001**, *41*,
17 1065–1072. <https://doi.org/10.1071/EA00095>.
- 18 56. Reynouds, C.K. Economics of visceral energy metabolism in ruminants: Toll keeping
19 or internal revenue service? *J. Anim. Sci.* **2002**, *80*, E74–E84.
20 https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E74x.
- 21 57. Hantington, G.B.; Harmon, D.L.; Richards, C.J. Sites, rates, and limits of starch
22 digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J. Anim. Sci.* **2006**, *84*, E14–E24.
23 https://doi.org/10.2527/2006.8413_supplE14x.
- 24 58. Llonch, L.; Castillejos, L.; Ferret, A. Increasing the content of physically effective fiber
25 in high-concentrate diets fed to beef heifers affects intake, sorting behavior, time spent
26 ruminating, and rumen Ph. *J. Anim. Sci.* **2020**, *98*, 1–9.
27 <https://doi.org/10.1093/jas/skaa192>.
- 28 59. Bingham, G.M.; Friend, T.H.; Lancaster, P.A.; Carstens, G.E. Relationship between
29 feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. *J. Anim. Sci.*
30 **2009**, *87*, 2685–2689. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1851>.
- 31 60. Jouany, J.K.; Ushida, K. The role of protozoa on feed digestion. *Asian Austr. J. Anim.*
32 *Sci.* **1999**, *12*, 113–128. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.11>.

- 1 61. Franzolin, R.; Dehority, B.A. The role of pH on the survival of rumen protozoa in
2 steers. *Rev. Bras. Zootec.* **2010**, *39*, 2262–2267. [https://doi.org/10.1590/s1516-](https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001000023)
3 [35982010001000023](https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001000023).
- 4 62. Carberry, C.A.; Kenny, D.A.; Han, S.; McCabe, M.S.; Waters, S.M. Effect of
5 Phenotypic Residual Feed Intake and Dietary Forage Content on the Rumen Microbial
6 Community of Beef Cattle. *Appl. Environ. Microbiol.* **2012**, *78*, 4949–4958.
- 7 63. Matthews, C.; Crispie, F.; Lewis, E.; Reid, R.; O'Toole, P.W.; Cotter, P.D. The rumen
8 microbiome: A crucial consideration when optimising milk and meat production and
9 nitrogen utilisation efficiency. *Gut Microb.* **2019**, *10*, 115–132.
10 <https://doi.org/10.1080/19490976.2018.1505176>.
- 11 64. McCann, J.C.; Wiley, L.M.; Forbes, T.D.; Rouquette, F.M., Jr.; Tedeschi, L.O.
12 Relationship between the rumen microbiome and residual feed intake efficiency of
13 Brahman bulls stocked on bermudagrass pasture. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e91864.
14 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091864>.
- 15 65. Myer, P.R.; Smith, T.P.L.; Wells, J.E.; Kuehn, L.A.; Freetly, H.C. Rumen Microbiome
16 from Steers Differing in Feed Efficiency. *PLoS ONE* **2010**, *10*, e0129174.
17 doi.org/10.1371/journal.pone.0129174.

**CAPITULO 4 “Protocolos nutricionais para aumentar o marmoreio na
carcaça de bovinos Nelore confinados classificados pela diferença
esperada na progênie”**

RESUMO: O objetivo deste projeto foi estudar a relação entre o processamento dos grãos de milho e o uso de sais cálcicos de ácidos graxos (**SCAG**) de óleos vegetais, aliados ao uso de zinco e cromo orgânicos, na dieta sobre o desempenho e a intensificação da deposição de gordura intramuscular em bovinos Nelore confinados e sua comunidade microbiana. Foram utilizados 150 animais Nelore não castrados com peso vivo inicial de $404,28 \pm 23,14$, bloqueados por peso e divididos em 30 baias, sendo que 30 animais foram abatidos no dia zero do experimento como referência. Todos os animais tinham pais conhecidos, e desta forma foram divididos em grupos de alta e baixa DEP para marmoreio antes de serem bloqueados por peso. Os animais foram adaptados por 20 dias, com 3 dietas, com incremento de 5% de concentrado entre elas, sendo que, as dietas de terminação continham 84% de concentrado e os tratamentos foram divididos em: **T1**) Milho moído fino; **T2**) Silagem de grão de milho úmido; **T3**) Milho moído fino + SCAG; **T4**) Silagem de grão de milho úmido + SCAG; e **T5**) Silagem de grão de milho úmido + 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 diversas variáveis, tais como: ingestão de matéria seca (**IMS**) e sua flutuação, ganho médio diário (**GMD**) e de carcaça, eficiência alimentar (**EA**), conversão alimentar (**CA**), peso de carcaça quente (**PCQ**), deposição de gordura de marmoreio e subcutânea e área de olho de lombo (**AOL**), perfil metabólico sanguíneo, eficiência biológica, incidência de lesões no rúmen e ceco, abscessos no fígado e comunidade e diversidade da microbiana do rúmen em busca de estabelecer uma relação entre a dieta, a comunidade microbiana ruminal e a deposição de gordura intramuscular entre bovinos Nelore de alta e baixas DEPs para marmoreio.

1. Introdução

A composição da carcaça é grandemente afetada pelo sexo, idade, genética peso corporal, sendo este último o de maior influência sobre a composição (Preston, 1971). Da mesma forma, o plano nutricional ao longo da vida destes animais impacta sobre o tamanho corporal e a composição tecidual (Scheffler et al., 2014). Dentro do cenário da maximização da eficiência na produção, houve intensificação na seleção para elevação na deposição de tecido magro em bovinos de corte (Du et al., 2010a) nas últimas décadas. Porém, essa diminuição na gordura na carcaça dos animais, torna-se um problema para o processo de marmoreio da carne, já que este tecido proporciona melhorias na palatabilidade do produto (Du et al., 2010a). Dentre as características mais almejadas como padrão para qualidade da carne bovina, o marmoreio e a maciez são listadas como principais, conforme elencado pela pesquisa feita com produtores de carne bovina pela National Cattlemen's Beef Association (McKenna et al., 2002; Garcia et al., 2008). Com relação ao parâmetro maciez, uma estratégia para melhorar esta característica nas carcaças, como já

relatado em diversos estudos, seria a redução da idade de abate dos animais (Felicio et al., 1982; Lawrence et al., 2001). Entretanto, em relação a deposição de gordura, houve redução geral no acúmulo nas carcaças bovinas, o que inclui a gordura intramuscular (Moraes et al., 2017), e prejudica assim a palatabilidade e suculência da carne (Du et al., 2010a).

Além do mais, está bem documentado na literatura que certas raças bovinas têm maior predisposição para depositar gordura de marmoreio do que outras (Albrecht et al., 2006; Hocquette et al., 2010). As raças de genótipo *Bos indicus*, bem como seus cruzamentos, tendem a ser mais tardias quando comparadas às de genótipo *Bos taurus* (Baker et al., 1989) quando considerados os grupos britânicos, o que pode levar a menor grau de marmoreio na carcaça em pesos e idade menores. Como no Brasil a raça predominante na composição do rebanho é o Nelore (Millen et al., 2009), raça que apresenta baixa deposição de gordura intramuscular se comparado às raças taurinas (Fonseca et al., 2019), o que pode afetar a palatabilidade como já mencionado anteriormente. Além do que, associado a este fato a despadronização da carcaça produzida e entregue a indústria frigorífica, fazem com que o Brasil mesmo sendo um grande produtor e exportador de carne bovina (ABIEC, 2018), tenha esta matéria prima comercializada como “commodity”.

Entretanto, com advindo do melhoramento genético, em que é possível selecionar animais com base no Diferencial Esperado na Progenie (**DEP**) positivo para o marmoreio (Bergfeld et al., 1995), e considerando-se que esta é uma característica de herdabilidade de moderada a alta (Bertrand et al., 2001), é possível elevar os ganhos genéticos e acelerar a implementação desta característica. Vieselmeyer et al., (1996) trabalharam com raças taurinas e relataram que animais com DEPs altas para marmoreio apresentaram 74% de classificação do USDA para Choice contra 47% daqueles com baixas DEPs para marmoreio, desta forma, os autores indicaram que os animais podem ser selecionados com base nas DEPs para o marmoreio.

Associado ao fator genético a manipulação dietética, através do adensamento energético das rações parece ser a melhor estratégia (Krehbielet al., 2006). Neste sentido, a terminação de bovinos em sistema confinado pode propiciar este maior controle nutricional para melhoria do padrão de marmorização. Logo, usar diferentes tecnologias nas dietas de bovinos de corte em confinamento, os quais tenham altas ou baixas DEPs, surge como um novo campo de pesquisa para melhorar a qualidade da carne do Nelore criado no Brasil.

É bem documentado na literatura que a glicose é a maior contribuinte para a biossíntese dos ácidos graxos no tecido adiposo intramuscular (Smith e Crouse, 1984). Como para o ruminante

o principal substrato para formação da glicose é o propionato no rúmen, a viabilização de sua produção parece essencial para melhoria do marmoreio. O milho do tipo Flint(duro) é o ingrediente energético mais utilizado nas dietas de bovinos confinados no Brasil (Pinto e Millen, 2018), e dessa forma, estratégias de processamento para melhorar seu aproveitamento são extensivamente estudadas. A principal resistência ao aproveitamento do amido no grão de milho se deve a vitreosidade de seu endosperma (Cruz et al., 2012). Assim, por meio do processo de ensilagem dos grãos ainda úmidos, ocorre a solubilização de parte das ligações entre as proteínas que tornam o endosperma vítreo (Lawton, 2002). Com a fermentação do milho, Jurjanz e Monteils (2005) reportaram melhora da degradabilidade ruminal de 70,2% para 92,3%. Essa melhora na degradabilidade condiz com os achados de Caetano et al. (2019) que relataram eficiência no ganho de carcaça 13% superior nos animais Nelore ingerindo silagem de grão úmido de milho.

No mesmo sentido, a utilização de lipídeos nas dietas de bovinos confinados também é uma estratégia para aumentar o aporte energético sem que ocorram maior fermentação e incremento calórico no rúmen; entretanto, a biohidrogenação dos lipídeos pela ação da microbiota ruminal, altera o perfil lipídico que chega até o intestino para absorção (Ekeren et al., 1992), tornando-os principalmente saturados. Com essa saturação dos ácidos graxos, a carga de perfil insaturado que chega até o intestino delgado diminui, incluso o ácido oléico (C18:1), o qual desempenha funções fundamentais sobre a expressão de genes envolvidos no enchimento adipócito (Pacheco, et al., 2016), como por exemplo da proteína G nos adipócitos intramusculares (Chung et al., 2016). Além disso, existe um mecanismo metabólico nos animais ruminantes que utiliza o ácido palmítico (C16:0) para obtenção do ácido oleico já nos tecidos. O ácido palmítico chega no músculo ou tecido adiposo e é alongado a esteárico para posteriormente ser dessaturado, via Δ -9 desaturase, a ácido oleico. Como a inclusão elevada de gordura nas dietas é tóxica aos microrganismos, assim como torna incerto o perfil lipídico que realmente o animal estará absorvendo, a inclusão na dieta de sais cálcicos de ácidos (**SCAG**) de óleos vegetais protegidos faria com que estes lipídeos passassem intactos pelo rúmen, chegando no intestino na forma mais insaturada.

A suplementação com zinco (Spears e Kegley, 2002) e cromo também tem demonstrado melhorias na lipogênese. 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, a qual também está presente na proteína ligante de zinco (**ZFP423**), a qual está envolvida no estímulo da expressão do fator de transição do receptor gama ativado pelo proliferador de peroxissoma (**PPAR γ** ; Gupta et al., 2010). Já para

o cromo, sua principal ação é potencializar a ação da insulina, elevando assim a captação de glicose pelas células e adipócitos intramusculares (Mertz, 1993). Bunting et al. (1994) reportou que a suplementação dietética com cromo picolinato para bezerras reduziu a concentração glicêmica em decorrência da melhora na taxa de resposta da insulina.

Portanto, hipostenizamos que incrementos nos níveis energéticos da dieta pela adição de SCAG, melhor extensão de processamento do milho (pela maior fermentação ruminal) poderia melhorar o desempenho dos animais e as características de carcaças. Dessa forma nosso objetivo foi avaliar diferentes protocolos nutricionais, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, SCAG, zinco e cromo orgânico, para aumentar o grau de marmoreio da carcaça de bovinos Nelore confinados ranqueados por DEP de alto e baixo marmoreio, visando o aumento da adipogênese no tecido intramuscular e subcutâneo, e relacionando as possíveis diferenças com a comunidade microbiana do rúmen.

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. Todos os procedimentos envolvendo a utilização de animais neste estudo seguiram as diretrizes estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade estadual Paulista - UNESP (protocolo nº 0151/2019).

Foram utilizados 150 animais, machos, não castrados, da raça Nelore que participaram do programa de Certificado Especial de Identificação e Produção (CEIP). Os animais tinham peso vivo médio inicial de $404,28 \pm 23,14$ kg, provindos de sistema de recria em pastejo contínuo, sendo que 30 deles 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). Para o abate referência utilizamos 1 animal por baia, diferente do que havíamos proposto no projeto, o qual seria apenas 2 por bloco.

2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial $2 \times 2 + 1$. Utilizamos as DEP's para marmoreio dos pais dos animais (foram utilizados 18 pais) para separa-los em dois grupos, os 75 animais de maiores valores de DEP no grupo de alta e os 75 animais de menor valor no grupo de baixa (para os animais em que os pais não tinham avaliação

para marmoreio utilizamos o nível de marmoreio mensurado por ultrassom). Feito isto, dentro de cada grupo os animais foram bloqueados pelo peso vivo inicial. Os animais foram pré-adaptados ao local, e para a uniformização da população ruminal, recebendo 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 de milho úmido + SCAG; **5)** Silagem de grão de milho úmido + 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 e foram as unidades experimentais deste estudo.

2.3. Manejo, arraçãoamento e cuidado com os animais

Todos os animais foram submetidos ao mesmo tipo de fornecimento de dietas, alojamento e manejo. Os animais foram pesados, tratados com anti-helmínticos, e vacinados (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 eram parcialmente concretadas, com boa facilidade na circulação do ar e 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 de 20 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 volumosa retirada é em sua totalidade de feno. A transição das dietas de adaptação para a dieta de terminação foi feita da seguinte forma: 6 dias da adaptação 1, 5 dias da adaptação 2 e 9 dias da adaptação 3. A dieta de terminação foi composta por 84% de ingredientes concentrados (Tabela 1). As rações experimentais foram formuladas segundo o LRNS (LargeRuminantNutrition System, Fox et al. 2004), nível 2, cujos níveis estão apresentados na Tabelas 1. As rações foram fornecidas *ad libitum* e submetidas a ajustes de quantidade diariamente, com base na quantidade de sobra nos cochos, a qual foi mantida em 5% da quantidade oferecida.

Tabela 1. Composição e conteúdo nutricional das dietas totais de acordo com os tratamentos.

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 úmido de milho		51,00		48,00	48,00
Milho grão moído fino	70,30	20,00	67,60	20,00	20,00
Uréia	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Nucleo mineral	0,98	0,98	0,98	0,98	0,86
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Gordura protegida			3,20	3,20	3,20
Calcáreo	1,00	1,00	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 ³	13,00	14,00	13,00	14,00	14,00
Elg (Mcal/ kg MS) ⁴	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 (NutriGordura; NutricorpNutrição 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; ²Energia líquida disponível para ganho.

O CMS foi medido para cada baia por meio da pesagem do alimento fornecido diariamente, e consequente pesagem da sobra antes do trato da manhã seguinte, aproximadamente 24 horas após o fornecimento. A determinação da matéria seca da ração total oferecida foi efetuada todos os dias coletando-se uma amostra por tratamento, para então se obter o CMS diário, o qual foi expresso em quilos e em porcentagem do peso vivo.

2.4. Desempenho produtivo

No início do período experimental, e a cada 28 dias, todos os animais foram pesados, porém, somente nas primeira e última pesagens, estes foram submetidos a jejum de sólidos de 16 horas. Para as pesagens intermediárias os animais não passaram por jejum e do peso vivo observado foi descontado 4%, para assim se obter o peso vivo enxuto (Stock et al., 1983). Essa medida foi adotada para evitar consumo agressivo e rápido no período subsequente a pesagem, o que pode levar a ocorrência de distúrbios metabólicos, haja vista o alto teor de energia da dieta de terminação (Marques et al., 2012).

Dessa forma, foi calculado ao final do experimento o desempenho produtivo: GMD, utilizando os dados da pesagem inicial e final divididos pelo tempo de confinamento; CA, obtida pela divisão do CMS total pelo ganho de peso vivo total; EA, calculada pela divisão do ganho de peso total pelo CMS total.

2.5. Flutuação do consumo de massa seca

A flutuação do CMS foi feita seguindo a metodologia proposta por Bevans et al. (2005), em que a diferença de CMS entre dois dias consecutivos representou a flutuação. Desta forma, a flutuação do CMS foi determinada diariamente durante todo o período experimental.

2.6. Energia líquida observada

As exigências de energia de ganho e de manutenção dos animais foram calculadas com base em metodologia do NRC (1984) e Lofgreen e Garrett (1968), relacionadas com GMD e peso metabólico. A partir destes valores, a energia líquida (Mcal/kg de massa seca) tanto de ganho, como de manutenção proporcionada pelas dietas experimentais foi calculada conforme metodologia descrita por Zinn e Shen (1998), em que foram utilizados dados coletados sobre peso corporal médio, GMD e CMS.

2.7. Comportamento ingestivo

Os animais foram submetidos a uma observação visual para avaliação do comportamento ingestivo no dia 108 do período do período experimental. Para a avaliação de comportamento ingestivo, foi seguida à metodologia de Robles et al. (2007), em que os animais tiveram seu comportamento registrado a cada cinco minutos, por um período de 24 horas consecutivas. Durante as observações foram coletados dados para se determinar o tempo despendido em

1 alimentação, ruminação e ócio, expressos em minutos, número de idas ao bebedouro, e número de
2 refeições por dia (quantidade de idas ao cocho).

3 No período de observação, também foi coletada amostra da ração fornecida e das sobras
4 após 24 horas, as quais foram congeladas e posteriormente, por meio de análises químicas de
5 matéria seca (AOAC, 1995) e FDN (Van Soest, 1991), se determinou a quantidade ingerida desses
6 nutrientes por cada baia. Consequentemente foi determinado o tempo médio e o IMS por refeição,
7 assim como a eficiência de ruminação e alimentação da massa seca; e eficiência de ruminação e
8 alimentação da FDN, segundo metodologia proposta por Carvalho et al. (2006).

9 **2.8.Seletividade da ração por meio da *Penn State Particle Separator* (PSPS)**

10 No dia da observação de comportamento ingestivo foram coletadas amostras da dieta total
11 logo após o fornecimento e das sobras das 30 baias no dia subsequente para se determinar a
12 distribuição das partículas usando-se um separador de partículas (*Penn StateParticleSeparator*,
13 Nasco, Fort Atkinson, WI, EUA) como descrito por Heinrichs e Kononoff (1996), para analisar a
14 extensão da seleção, expressa em forma de índice de preferência. O índice de preferência foi
15 calculado para cada porção retida em cada peneira, individualmente.

$$16 \quad \text{Índice de preferência} = \frac{\text{Ingestão atual}}{\text{Ingestão esperada}}$$

$$17 \quad \text{Ingestão atual} = QRO * DTPDT - (QS * DTPS)$$

18 em que: **QRO** = Quantidade de ração oferecida (kg); **DTPDT** = Distribuição do tamanho
19 de partículas da dieta total (%); **QS** = Quantidade de sobras (kg); **DTPS** = Distribuição do tamanho
20 de partículas das sobras (%).

$$21 \quad \text{Ingestão esperada} = DTPDT * IAMN$$

22 em que: **DTPDT** = Distribuição do tamanho de partícula da dieta total (base na matéria
23 natural) (%); **IAMN** = Ingestão atual de matéria natural (kg).

24 **2.9.Hormônios metabólicos e metabólitos**

25 Amostras de sangue foram coletadas nos dias 0 e 112, sendo que, em cada ocasião, o
26 sangue foi coletado de 60 animais (2 por baia) manhã, antes da alimentação. O sangue foi recolhido
27 em três tubos de 10mL com heparina, através de punção venosa jugular. Serão determinadas as
28 concentrações plasmáticas de insulina, glicose e ácidos graxos não esterificados (**AGNE**),

conforme as seguintes metodologias: **Glicose**. Determinada usando o kit quantitativo colorimétrico (#G7521; PointeScientific, Inc., Canton, MI, EUA). **Insulina**. Determinada usando o kit Coat-A-Count (DPC DiagnosticProducts Inc., Los Angeles, CA) fase solida 125I RIA de acordo com Morielet al. (2008). **AGNE** Determinado usando o kit enzimático colorimétrico (HR Series NEFA 2; WakoPureChemical Industries Ltd. USA, Richmond, VA, EUA) com modificações descritas por Pescara et al. (2010). As amostras encontram-se armazenadas em freezer -80° aguardando a chegada dos kits para serem analisadas.

2.10. Características de carcaça

2.10.1. Variáveis calculadas

Como 30 animais foram abatidos como referência no início do estudo, foi feita uma equação de regressão, e com isso o PCQ inicial por animal foi calculado. O restante dos animais foi abatido em frigorífico comercial após 112 dias confinados. O rendimento de carcaça foi calculado a partir do PCQ, obtido em frigorífico comercial, dividido pelo peso vivo final do animal, obtido no confinamento (após 16 horas de jejum). O ganho médio diário de carcaça foi calculado da seguinte forma: $(\text{PCQ final} - \text{PCQ inicial}) / \text{dias de alimentação}$. Da mesma forma, o rendimento do ganho foi calculado como segue: $\text{ganho médio diário de carcaça} / \text{GMD} * 100$. O cálculo da eficiência biológica foi realizado da seguinte forma: $\text{CMS total} / ((\text{PCQ final} - \text{PCQ inicial}) / 15)$. Essa eficiência foi expressa em kg matéria seca consumida/@ produzidas.

Os animais foram submetidos a avaliações de ultrassonografia no início (-4d) e no final do período de confinamento (112d) segundo a metodologia proposta por Perkins et al. (1992), utilizando-se unidades de ultrassom veterinário “PIE MEDICAL – Scanner 200”, com sonda “Sector Curved Array Scanner”, modelo 51B04UM02 e óleo vegetal como acoplante acústico para verificar o desenvolvimento do tecido adiposo subcutâneo (**EGS**), AOL e marmoreio do músculo *Longissimus dorsi* (contra-filé) entre as 12^a e 13^a costelas; e desenvolvimento do tecido adiposo da garupa (**EGP8**) sobre o músculo *Biceps femoris* (picanha).

2.11. Abscessos hepáticos

Os abscessos hepáticos foram classificados de acordo com a incidência e severidade dos mesmos de acordo com Brink et al. (1990): (0) – fígados sem abscessos; (A- ou 1) – fígados com um ou dois pequenos abscessos (bem menores que 2,5 cm de diâmetro) ou cicatrizes de abscessos; (A ou 2) – fígados com dois a quatro abscessos ativos (pouco menores que 2,5 cm de diâmetro);

(A+ ou 3) – fígados com um ou mais, grandes abscessos (maiores que 2,5 cm de diâmetro) e porções do diafragma aderidos à superfície do fígado.

2.12. Incidência de rumenites e morfometria das papilas ruminais

Após o abate e evisceração dos animais, os compartimentos do rúmen e retículo foram separados e limpos com água corrente, e classificados conforme a incidência de lesões (rumenites e paraqueratose), seguindo metodologia descrita por Bigham e McManus (1975), com base em uma escala de 0 (sem lesões) a 10 (lesões ulcerativas por todo o rúmen). A classificação das papilas ruminais foi feita por duas pessoas treinadas para este fim, sendo o escore final a média de ambos.

As análises morfométricas foram realizadas de acordo com metodologia proposta por Daniel et al. (2006) e Resende Junior et al. (2006), em que uma amostra de 1 cm² foi coletada do saco cranial do rúmen e imediatamente colocada em recipiente contendo solução de tampão fosfato (PBS = 0,79 g de NaCl; 0,223 g de Na₂ HPO₄; 0,0524 g de NaH₂PO₄; H₂O qsp 100 mL) a 0,1 M e pH 7,4; e mantidas por um dia refrigeradas até a realização das mensurações. As variáveis morfométricas analisadas foram: número médio de papilas (**NMP**), área média das papilas (**AMP**) em cm², superfície absorptiva do epitélio (**ASA**) em cm², e representatividade das papilas na superfície absorptiva (**APSA**) em %. O número médio de papilas em todo fragmento foi mensurado por três avaliadores e o valor final considerado foi a média das três contagens. Deste fragmento, doze papilas foram seccionadas aleatoriamente, as quais foram digitalizadas (por meio de scanner), e a AMP será calculada com base nas imagens geradas, por meio do programa de análise de imagens UTHSCSA Image Tool. O valor final considerado foi a área média das doze papilas. Já a ASA e a APSA foram calculadas da seguinte forma:

$$ASA = 1 + NMP * AMP - (NMP * 0,002)$$

$$APSA = \frac{NMP * AMP}{ASA} * 100$$

O número 1 representa o fragmento de 1 cm² coletado, e o 0,002 a área basal estimada de cada papila ruminal.

2.13. Incidência de Lesões

Para avaliação da incidência de lesões no ceco, todos os animais do estudo, logo após o abate, tiveram seus cecos lavados e então analisados. O epitélio cecal foi classificado conforme a incidência de lesões (inflamações) e outras anormalidades no mesmo. Para

mesurar graus de lesão no ceco, utilizaremos metodologia adaptada de Bigham et al. (1975), em que foi avaliado os escores de lesão no ceco numa escala de 0 (sem lesões) a 10 (lesões ulcerativas por todo o ceco).

3 Análise 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, das DEPs e a interação entre esses foi considerado como fixo. Por outro lado, o efeito do bloco foi considerado aleatório. 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 ($0; \sigma^2$). 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

4.1. Efeitos do processamento e da inclusão de SCAG

A distribuição granulométrica para os 2 tipos de processamento (milho seco finamente moído e silagem de grão úmido) está apresentado na tabela 2. Aproximadamente 50% do milho seco passou pela peneira de 1,18mm enquanto que a silagem apenas 30%, além do que, o tamanho

médio de partículas para o milho seco triturado foi de 1,73mm contra 3,53mm da silagem de grão úmido conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Distribuição dos tamanhos de partículas para os processamentos adotados ao milho utilizado no experimento.

Item	Diâmetro da peneira, mm									TMP, mm	Amido, %
	4,00	2,00	1,70	1,18	0,85	0,50	0,30	0,15	Fundo		
	Percentual retido										
SGU	41,22	17,63	5,03	7,07	4,12	11,00	6,52	7,03	0,38	3,53	67,86
MFM	3,05	19,95	10,95	16,97	10,09	21,49	9,71	7,34	0,46	1,73	69,11

TMP = tamanho médio de partícula. O tamanho médio de partícula de 3 amostras de SGU e MFM foram avaliados na amostra seca a 65°C, usando métodos adaptados de Yu et al. (1998), com acréscimo da peneira de 1,70mm e substituição das peneiras de 1,00, 0,60, 0,43 e 0,25 por peneiras de 1,18, 0,50, 0,30 e 0,15 respectivamente.

Os resultados do perfil de ácidos graxos do SCAG utilizado nas dietas para os tratamentos 3, 4 e 5 estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Perfil dos ácidos graxos do SCAG utilizado nas dietas do experimento.

Ácido Graxo	Percentual, %
AGS¹	53,12
C8:0 (caprílico)	0,033
C10:0 (caprílico)	0,183
C12:0 (láurico)	2,862
C14:0 (merístico)	1,868
C15:0 (pentadecanóico)	0,080
C16:0 (palmítico)	42,425
C17:0 (margarica)	0,136
C18:0 (esteárico)	5,213
C20:0 (araquidico)	0,318
AGI²	43,69
AGMI³	31,78
C16:1 cis9 (palmitoleico)	0,189
C17:1 (heptadecanóico)	0,025
C18:1 cis 9 (oleico)	31,51
C20:1 (eicosenóico)	0,057
AGPI⁴	11,90
C18:2 cis 9, cis12 (Linoléico)	11,72
C20:3 cis8, cis11, cis 14 (ácido di-homo-γ-linolenico)	0,185
Proporções	
AGMI:AGS	0,59
AGPI:AGS	0,22
AGI:AGS	0,82

¹AGS= Ácido graxo saturado, ²Ácido graxo insaturado, ³Ácido graxo monoinsaturado, ⁴Ácido graxo poliinsaturado,

1

2

3 Os resultados referentes as variáveis de desempenho dos animais estão apresentadas na
4 tabela 4. Os animais não apresentaram diferença quanto ao PVI, entretanto houve efeito de
5 processamento do milho para PVF e GMD ($P=0,03$). Além do que, a IMS foi menor ($P<0,05$) para
6 os animais alimentados com silagem de grão úmido, seja em kg como em % do PV. A inclusão de
7 SCAG melhorou o PVF e o PCQ dos animais ($P=0,02$), assim como o GMD e ganho de carcaça
8 ($P=0,02$). Os animais tratados com SCAG apresentaram menor IMS no período de adaptação
9 ($P=0,01$) e menor flutuação ($P=0,02$).

10 Na tabela 5 são apresentados os resultados de características da carcaça dos animais. Não
11 foram encontradas diferenças para os parâmetros de carcaça nos animais tratados com milho seco
12 ou silagem de grão úmido. Houve efeito da inclusão de SCAG para o ganho de gordura na P8
13 ($P=0,05$).

- 1 **Tabela 4.** Efeitos dos protocolos nutricionais de adensamento energético sobre o desempenho de animais Nelore terminados em confinamento
- 2 classificados em alta e baixa DEP.

Item	Milho seco		Milho úmido				EPM	Contraste (valor de P)				DEP*TRAT ¹
	SCAG-	SCAG+	SCAG-	SCAG+	SCAG+	ZnCr		Milho	SCAG	Milho*SCAG	ZnCr	
PVI ² , kg	407,16	404,21	403,43	403,11	403,51	10,311	0,31	0,49	0,58	0,89		
PVF ³ , kg	564,49	581,54	580,63	588,97	581,25	3,832	0,03	0,02	0,37	0,37		
PCQ ⁴ inicial, kg	204,15	202,67	202,28	202,12	202,32	5,170	0,31	0,49	0,58	0,90		
PCQ final, kg	309,89	320,41	318,99	322,21	320,87	2,771	0,07	0,02	0,21	0,72		
Rendimento, %	54,98	54,96	54,76	54,77	55,37	0,216	0,25	0,99	0,96	0,02		
GMD ⁵ d28, kg	0,835	0,833	1,164	1,256	1,404	0,1005	0,01	0,73	0,72	0,43		
GMD d56, kg	1,381	1,455	1,495	1,562	1,512	0,0459	0,04	0,17	0,94	0,54		
GMD d84, kg	1,455	1,526	1,542	1,587	1,541	0,1275	0,10	0,23	0,78	0,45		
GMD d112, kg	1,430	1,583	1,575	1,649	1,580	0,0343	0,03	0,02	0,37	0,37		
GMD de carcaça, kg	0,957	1,051	1,038	1,067	1,055	0,0247	0,07	0,02	0,21	0,72		
Rendimento do ganho	67,55	66,51	65,62	65,14	67,49	0,755	0,01	0,27	0,69	0,01	<0,05	
Eficiência biológica	141,49	131,67	128,70	122,18	122,57	2,102	<0,05	<0,05	0,46	0,89	0,01	
IMS ⁶ , kg	10,10	10,18	9,80	9,63	9,54	0,127	<0,05	0,72	0,34	0,62		
IMS, % PV	2,08	2,06	1,99	1,94	1,94	2,002	<0,05	0,12	0,47	0,96		
IMS Adaptação, kg	7,87	8,39	7,69	8,15	8,21	0,155	0,17	0,01	0,84	0,76		
IMS Total, kg	1020,00	1028,23	990,13	972,27	963,45	12,840	<0,05	0,72	0,34	0,62		
Flutuação, kg	0,38	0,38	0,42	0,33	0,31	0,023	0,65	0,02	0,02	0,38		
Flutuação, %	4,08	4,08	4,50	3,70	3,40	0,269	0,91	0,11	0,11	0,34		
Eficiência, kg/kg	0,142	0,156	0,162	0,170	0,165	0,003	<0,05	0,00	0,40	0,09	0,02	
ELm ⁷ observada	1,922	2,035	2,102	2,186	2,134	0,021	<0,05	<0,05	0,52	0,06	0,01	
ELg ⁸ observada	1,275	1,375	1,433	1,507	1,461	0,018	<0,05	<0,05	0,52	0,06	0,01	
Relação ELm	1,063	1,065	1,100	1,088	1,062	0,011	0,01	0,64	0,54	0,07	0,01	

- 1 **Tabela 5.** Efeitos dos protocolos nutricionais de adensamento energético sobre as características de carcaça de animais Nelore terminados em confinamento
 2 classificados em alta e baixa DEP.

3

	Milho seco		Milho úmido			EPM	Contraste (valor de P)				
	SCAG-	SCAG +	SCAG -	SCAG +	SCAG + ZnCr		Milho	SCAG	Milho* SCAG	ZnCr	DEP*TRAT ¹
AOL ² inicial, cm ²	62,53	66,91	64,67	64,78	63,24	0,672	1,00	0,01	0,01	0,16	
AOL final, cm ²	82,58	85,28	82,91	83,69	82,17	1,085	0,57	0,15	0,43	0,27	0,04
AOL ganho, cm ²	0,155	0,174	0,159	0,168	0,158	0,0097	0,92	0,19	0,62	0,45	
EGS ³ inicial, mm	2,70	2,64	2,91	2,86	2,88	0,078	0,02	0,49	0,99	0,86	
EGS final, mm	5,57	6,18	5,96	6,09	6,58	0,182	0,43	0,06	0,22	0,05	0,03
EGS ganho, mm	0,024	0,029	0,027	0,028	0,033	0,0016	0,43	0,06	0,22	0,05	0,03
P8 ⁴ 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	0,042	0,52	0,54	0,34	0,84	<0,05
Marmoreio final, %	3,27	3,32	3,36	3,32	3,27	0,059	0,56	0,98	0,54	0,56	
Marmoreio inicial, cm ²	1,46	1,62	1,56	1,56	1,52	0,027	0,60	0,02	0,02	0,35	<0,05
Marmoreio final, cm ²	2,72	2,78	2,79	2,79	2,72	0,051	0,57	0,59	0,66	0,34	
Marmoreio ganho, cm ²	1,170	1,238	1,240	1,247	1,171	0,0500	0,57	0,59	0,66	0,34	

- 4 SCAG: Sabão de cálcio de ácidos graxo, inclusão na dieta (+) não inclusão (-); ¹Interação entre tratamento e DEP; ² Area de olho de lombo; ³Espessura de gordura subcutânea; ⁴Espessura de gordura na
 5 picanha.

1

2 Na tabela 6 são apresentados os resultados referentes ao comportamento ingestivo
3 dos animais. Os animais tratados com silagem de grão úmido apresentaram menor ingestão
4 de FDN ($P<0,05$) e FDNfe ($P=0,02$), e piores eficiências da alimentação de FDNfe ($P<0,05$)
5 e ruminação do FDNfe ($P=0,03$). A inclusão de SCAG elevou o número de refeições ($P=0,02$)
6 e reduziu a IMS por refeição ($P<0,05$), também reduziu a ingestão de FDN ($P<0,05$) e de
7 FDNfe ($P=0,01$), e piores eficiência na alimentação do FDNfe ($P<0,05$) e na ruminação do
8 FDNfe ($P=0,01$).

9 Na tabela 7 são apresentados os resultados de morfometria ruminal dos animais. Os
10 animais tratados com silagem de grão úmido de milho apresentaram maiores escores de
11 rumenite ($P=0,01$), porém não foram encontradas diferenças para as características
12 morfométricas. Em contra partida a inclusão de SCAG reduziu o índice de rumenite dos
13 animais ($P=0,04$), e também não diferiram nas características morfométricas.

- 1 **Tabela 6.** Efeitos dos protocolos nutricionais de adensamento energético sobre as variáveis de comportamento ingestivo de animais Nelore terminados em
 2 confinamento classificados em alta e baixa DEP.

	Milho seco		Milho úmido			EPM	Contraste (valor de P)				
	SCAG -	SCAG +	SCAG -	SCAG +	SCAG + ZnCr		Milho	SCAG	Milho*	SCAG	ZnCr DEP*TRAT ¹
Tempo em ócio, min	975,42	902,50	934,48	932,09	970,30	22,647	0,76	0,09	0,11	0,36	
Tempo em ruminação, min	283,20	335,06	338,97	323,86	303,28	23,232	0,38	0,47	0,20	0,60	0,03
Tempo em alimentação, min	191,87	172,21	153,72	177,33	173,83	9,286	0,10	0,84	0,04	0,77	0,03
Número de refeições, n	9,67	11,21	9,39	10,72	10,88	0,535	0,46	0,02	0,85	0,83	
IMS ² , kg	11,55	10,29	10,97	10,11	9,99	0,218	0,19	<0,05	0,49	0,72	0,04
Eficiência na alimentação da MS,min/kg	17,00	16,60	13,77	17,76	17,44	0,947	0,31	0,07	0,03	0,80	0,03
Eficiência na ruminação da MS, min/kg	23,69	34,61	31,33	31,91	29,31	2,169	0,28	0,02	0,04	0,50	0,03
IMS por refeição, kg	1,19	1,00	1,20	0,96	0,93	0,069	0,81	<0,05	0,76	0,77	
Tempo de alimentação por refeição, min	19,45	15,89	17,07	16,92	16,15	0,881	0,51	0,08	0,11	0,42	0,03
Ingestão de FDN ³ , kg	12,11	10,25	10,02	7,70	9,28	0,441	<0,05	<0,05	0,64	0,01	
Eficiência na alimentação de FDN, min/kg	16,66	15,65	15,58	23,45	19,45	1,126	<0,05	0,01	<0,05	0,01	0,01
Eficiência na ruminação do FDN, min/kg	20,00	33,30	36,77	43,06	32,34	2,719	<0,05	<0,05	0,23	0,04	<0,05
Ingestão de FDNfe ⁴ , kg	2,36	1,85	1,97	0,81	1,32	0,206	0,02	0,01	0,25	0,01	
Eficiência na alimentação do FDNfe, min/kg	104,62	85,06	86,74	241,38	149,73	17,623	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Eficiência na ruminação do FDNfe, min/kg	194,71	197,98	171,43	422,02	232,97	37,858	0,03	0,01	0,01	0,02	

Tabela 7. Efeitos dos protocolos nutricionais de adensamento energético sobre as variáveis de morfometria ruminal de animais Nelore terminados em confinamento classificados em alta e baixa DEP.

	Milho seco		Milho úmido			EPM	Contraste (valor de P)				
	SCAG-	SCAG +	SCAG -	SCAG +	SCAG + ZnCr		Milho	SCAG	Milho* SCAG	ZnCr	DEP*TRAT ¹
Escore de rúmen	0,96	0,73	1,12	0,99	0,98	0,081	0,01	0,04	0,54	0,96	
índice de rumenite, %	9,60	7,29	11,17	9,89	9,83	0,814	0,01	0,04	0,54	0,96	
AMP ²	0,45	0,41	0,39	0,48	0,44	0,022	0,96	0,22	0,01	0,15	<0,05
ASA ³	20,67	19,48	18,18	21,86	19,26	0,690	0,93	0,08	<0,05	0,01	<0,05
NMP ⁴	47,40	46,48	46,99	44,41	42,02	1,229	0,40	0,25	0,58	0,04	<0,05
APSA ⁵	94,98	94,90	94,56	95,57	94,95	0,256	0,64	0,08	0,05	0,08	

SCAG: Sabão de cálcio de ácidos graxo, inclusão na dieta (+) não inclusão (-); ¹Interação entre tratamento e DEP; ²Area média das papilas; ³Area de superfície absorviva; ⁴Numero médio de papilas; ⁵ Representatividade das papilas na superfície absorviva

1 Na tabela 8 são apresentados os resultados metabólicos mensurados no sangue dos animais. Não foi encontrada diferença significativa
2 para o processamento do milho, da mesma forma como para a inclusão de SCAG.

3 **Tabela 8.** Efeitos dos protocolos nutricionais de adensamento energético sobre as variáveis de metabólitos sanguíneos de animais Nelore
4 terminados em confinamento classificados em alta e baixa DEP.

	Milho seco		Milho úmido			EPM	Contraste (valor de P)				
	SCAG-	SCAG +	SCAG -	SCAG +	SCAG + ZnCr		Milho	SCAG	Milho*	SCAG	ZnCr
Insulina, mIU/L	10,11	10,49	10,94	12,45	7,46	1,491	0,35	0,53	0,72	0,02	0,38
Glicose, mg/dl	75,30	72,15	80,05	75,58	81,17	3,832	0,41	0,44	0,89	0,02	0,08
AGNE ² , µmol/L	74,31	57,88	80,48	78,43	69,93	6,508	0,01	0,06	0,16	0,19	<0,01

5 SCAG: Sabão de cálcio de ácidos graxo, inclusão na dieta (+) não inclusão (-); ¹ Interação entre tratamento e DEP; ² ácidos graxos não esterificados.

4.2. Interação entre processamento do milho e inclusão de SCAG

Houve interação entre o processamento do milho e inclusão de SCAG para flutuação no consumo dos animais como mostrado na figura 1.

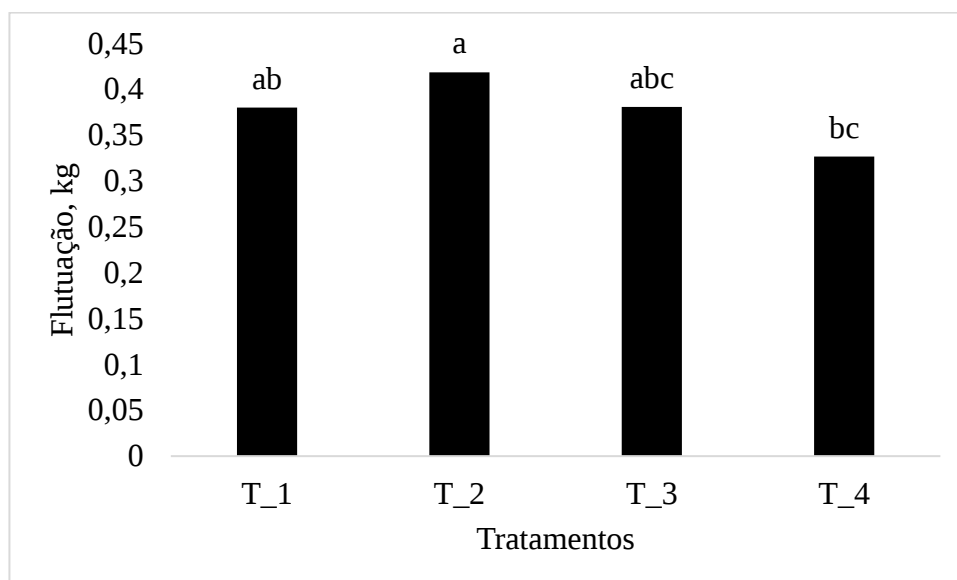


Figure 1. Integração entre processamento do milho e a inclusão de SCAG na dieta de animais terminados em confinamento sobre a flutuação do consumo em animais Nelore terminados em confinamento. T_1) Grão de milho seco finamente moído; T_2) Silagem de grão úmido de milho; T_3) Grão de milho seco finamente moído+SCAG; T_4) Silagem de grão de milho úmido + SCAG.

Também os resultados de AOL inicial apresentaram interação entre o processamento do milho e a inclusão de SCAG ($P=0,01$) como apresentado na figura 2.

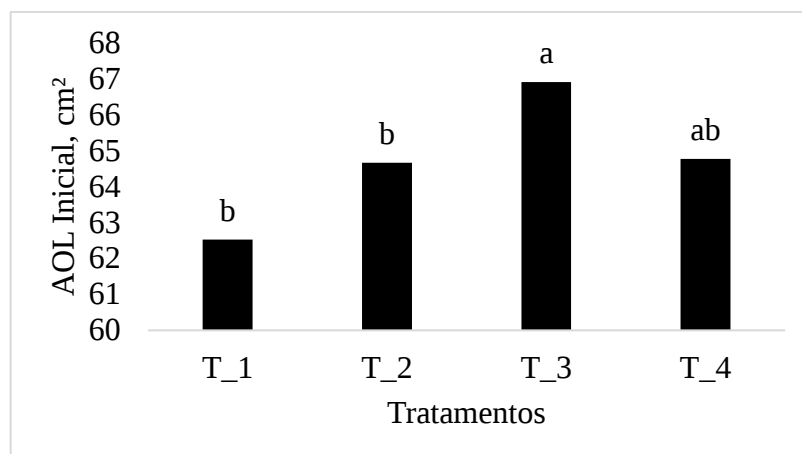


Figure 2. Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre a AOL inicial dos em animais Nelore terminados em confinamento. T_1) Grão de milho seco finamente moído; T_2) Silagem de grão úmido de milho; T_3) Grão de milho seco finamente moído+ SCAG; T_4) Silagem de grão de milho úmido + SCAG.

Houve interação entre o processamento do milho e a inclusão de SCAG para eficiência na ruminação de FDNfe ($P=0,01$) e eficiência na alimentação do FDNfe ($P<0,05$), como apresentados nas figuras 3A e 3B respectivamente.

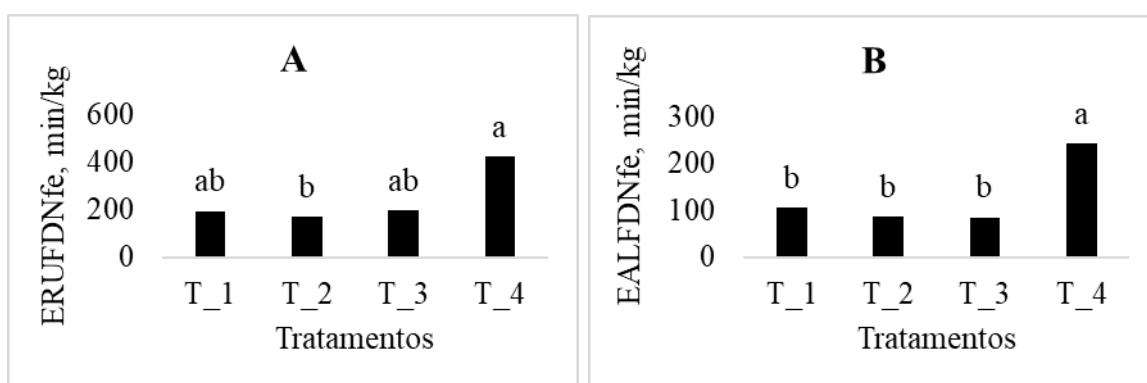
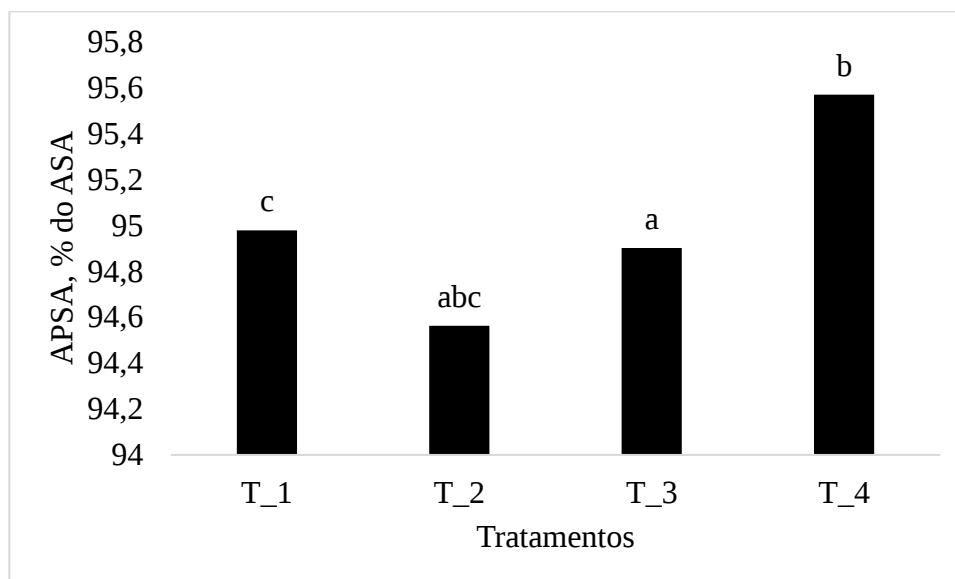


Figure 3. Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre a eficiência da ruminação do FDNfe (A) e eficiência da alimentação do FDNfe (B) em animais Nelore terminados em confinamento. T_1) Grão de milho seco finamente moído; T_2) Silagem de grão úmido de milho; T_3) Grão de milho seco finamente moído+SCAG; T_4) Silagem de grão de milho úmido + SCAG.

1 Também houve uma interação entre processamento do milho e inclusão de SCAG para
2 APSA das papilas como apresentado na figura 4.



3
4 **Figura 4.** Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre a APSA final
5 em animais Nelore terminados em confinamento. T_1) Grão de milho seco finamente moído;
6 T_2) Silagem de grão úmido de milho; T_3) Grão de milho seco finamente moído+SCAG;
7 T_4) Silagem de grão de milho úmido + SCAG.

8 4.3. Interação entre os tratamentos e a DEP

9 Na figura 5 são apresentados os resultados de interação entre os tratamentos e a
10 classificação das DEP's dos animais. A DEP dos animais influenciou no rendimento do ganho
11 ($P<0,05$), eficiência biológica ($P=0,01$) e eficiência alimentar ($P=0,02$), como apresentado nas
12 figuras 5A, 5B e 5C respectivamente.

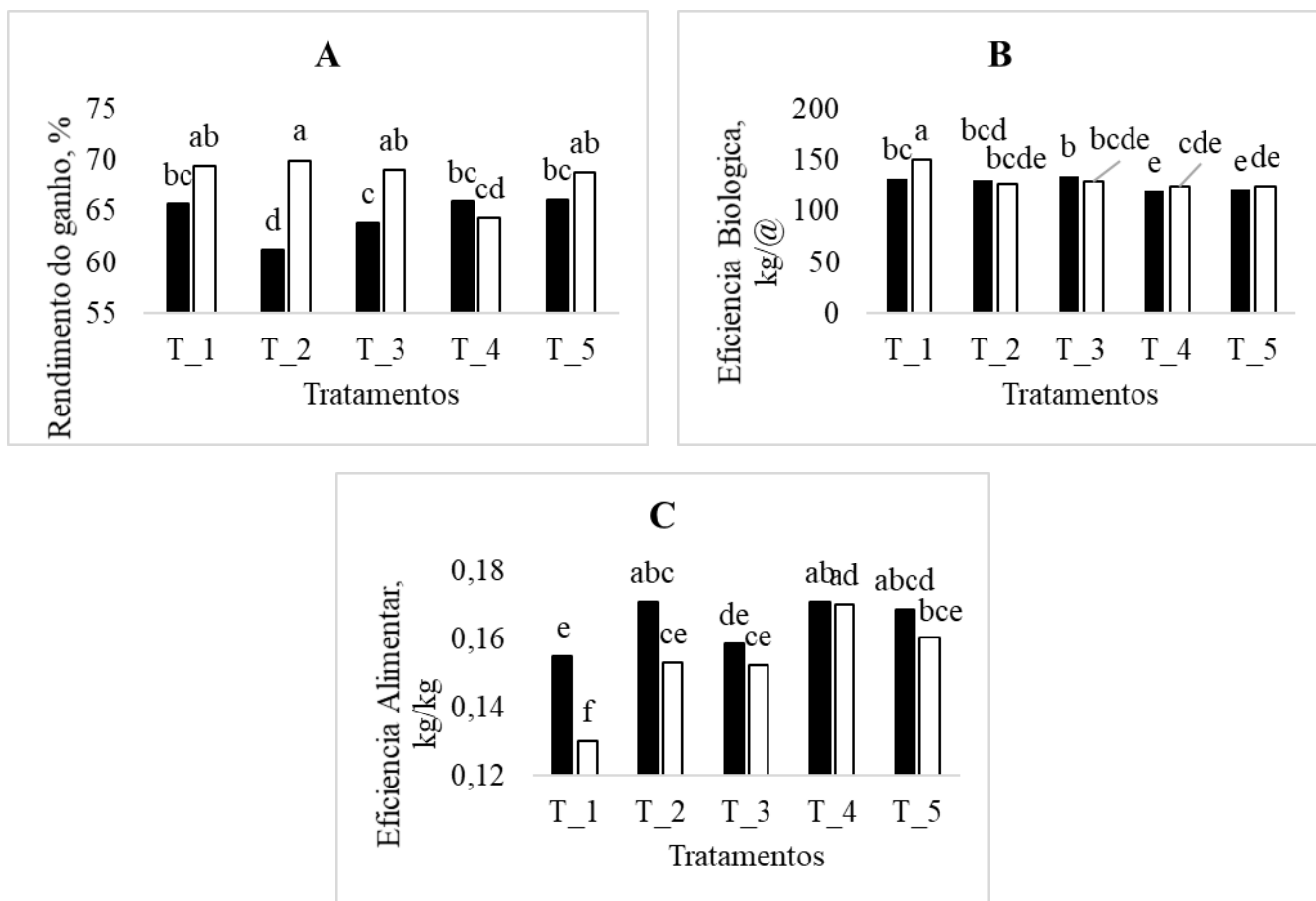


Figure 5. Influência da DEP no rendimento do ganho (A), eficiência biológica (B) e eficiência alimentar (B) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **T_1)** Grão de milho seco finamente moído; **T_2)** Silagem de grão úmido de milho; **T_3)** Grão de milho seco finamente moído+SCAG; **T_4)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **T_5)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

Foi encontrado interação entre os tratamentos e a DEP para os valores de ELm e ELg ($P=0,01$) observados, bem como, para a sua relação com os valores previstos pelo programa de formulação, como apresentados nas figuras 6A, 6B, 6C e 6D respectivamente.

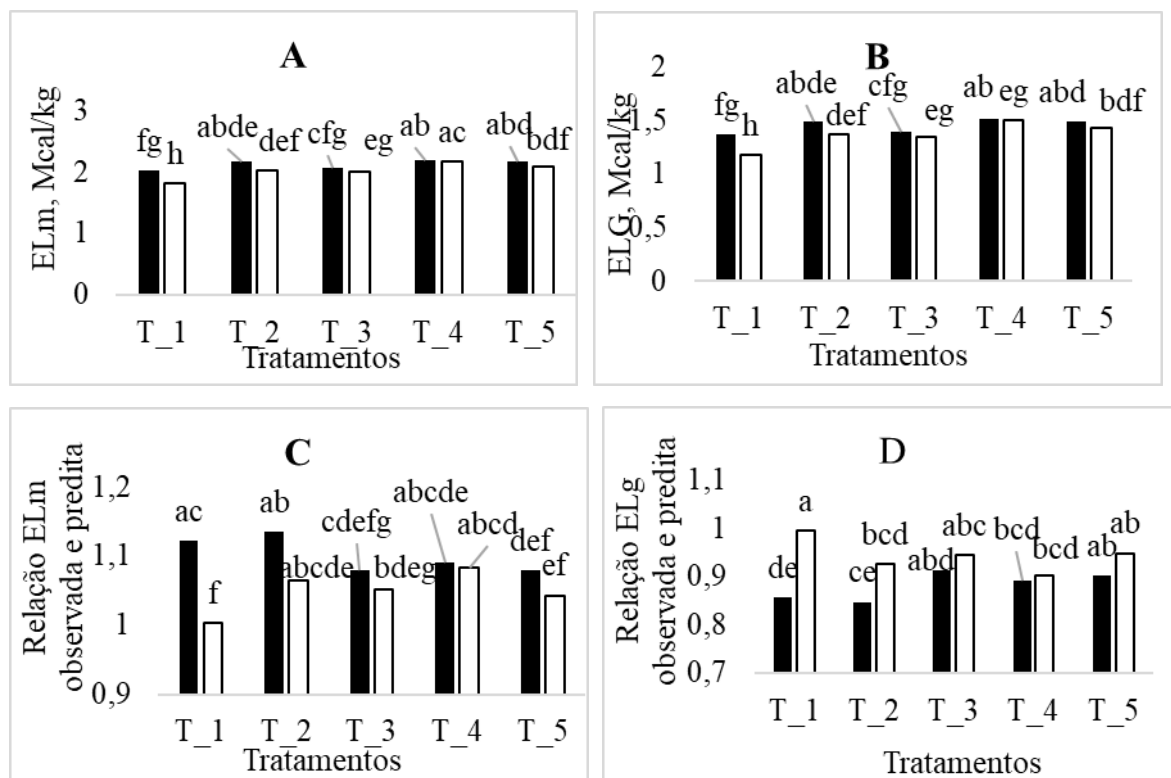


Figure 6. Influência da DEP na ELm observada (A) e ELg observada (B), bem como na relação entre os valores de ELm observados e preditos (C) e ELg observados e preditos (D) em animais Nelore terminados em confinamento. Os valores observados foram calculados conforme metodologia citada acima, e os preditos são os retirados do LRNS após a formulação. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **T_1)** Grão de milho seco finamente moído; **T_2)** Silagem de grão úmido de milho; **T_3)** Grão de milho seco finamente moído+SCAG; **T_4)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **T_5)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

Os resultados de ultrassom mostram uma interação para os dados de marmoreio inicial, seja em % ou em cm² da AOL ($P < 0,05$), figuras 7A e 7B respectivamente. Dados estes que mostram que os grupos classificados iniciaram com níveis de gordura de marmoreio diferentes.

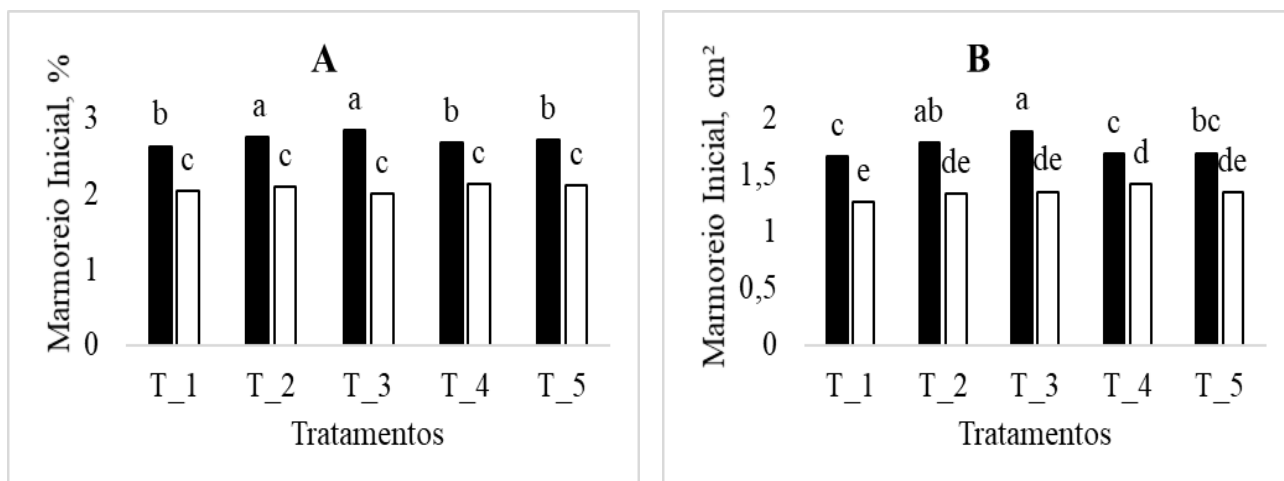


Figure 7. Interação entre a classificação pelas DEP's para marmoreio e o marmoreio inicial expresso em % (A) e em cm² (B) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **T_1)** Grão de milho seco finamente moído; **T_2)** Silagem de grão úmido de milho; **T_3)** Grão de milho seco finamente moído+SCAG; **T_4)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **T_5)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

Foi encontrado interação entre tratamento e DEP para as variáveis AOL final ($P=0,04$), espessura final de P8 ($P<0,05$), ganho de EGS ($P=0,03$) e EGS final ($P=0,03$), como apresentados nas figuras 8A, 8B, 8C e 8D respectivamente.

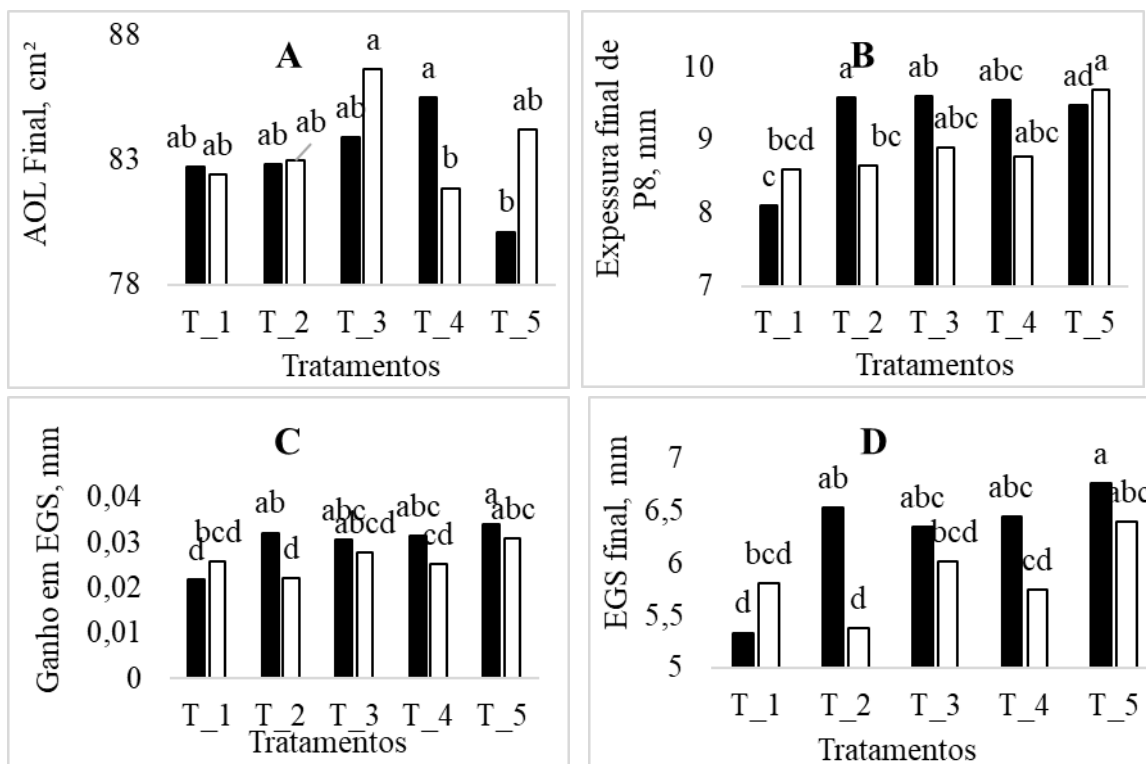


Figure 8. Influência da DEP na AOL final (A), espessura de gordura na P8 final (B), ganho em EGS (C) e EGS final (D) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **T_1)** Grão de milho seco finamente moído; **T_2)** Silagem de grão úmido de milho; **T_3)** Grão de milho seco finamente moído+SCAG; **T_4)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **T_5)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

Na figura 9 são apresentados os resultados de interação entre DEP pra tempo de alimentação e tempo de ruminação ($P=0,03$) respectivamente.

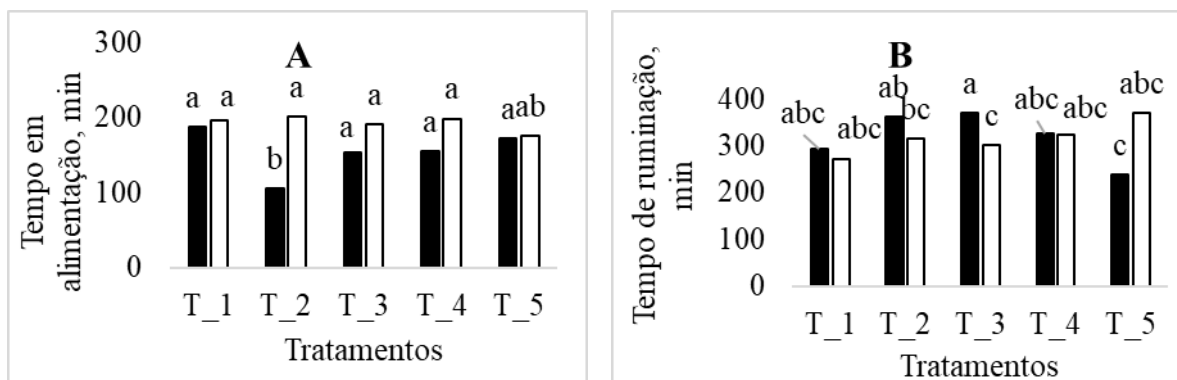


Figura 9. Influência da DEP no tempo de alimentação (A) e no tempo de ruminação (B) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. T_1) Grão de milho seco finamente moído; T_2) Silagem de grão úmido de milho; T_3) Grão de milho seco finamente moído+SCAG; T_4) Silagem de grão de milho úmido + SCAG; T_5) Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

Houve interação entre tratamento e DEP para a IMS ($P=0,04$) no dia do comportamento (figura 10A), bem com, para a eficiência na alimentação ($P=0,03$) e na eficiência na ruminação ($P=0,03$) da matéria seca (figuras 10B e 10C respectivamente), da mesma forma como para a eficiência da alimentação ($P=0,01$) e da eficiência para ruminação ($P<0,05$) do FDN (figuras 10E e 10F respectivamente). Por fim, o tempo médio por refeição também foi influenciado pela DEP ($P=0,03$) como mostrado na figura 10D.

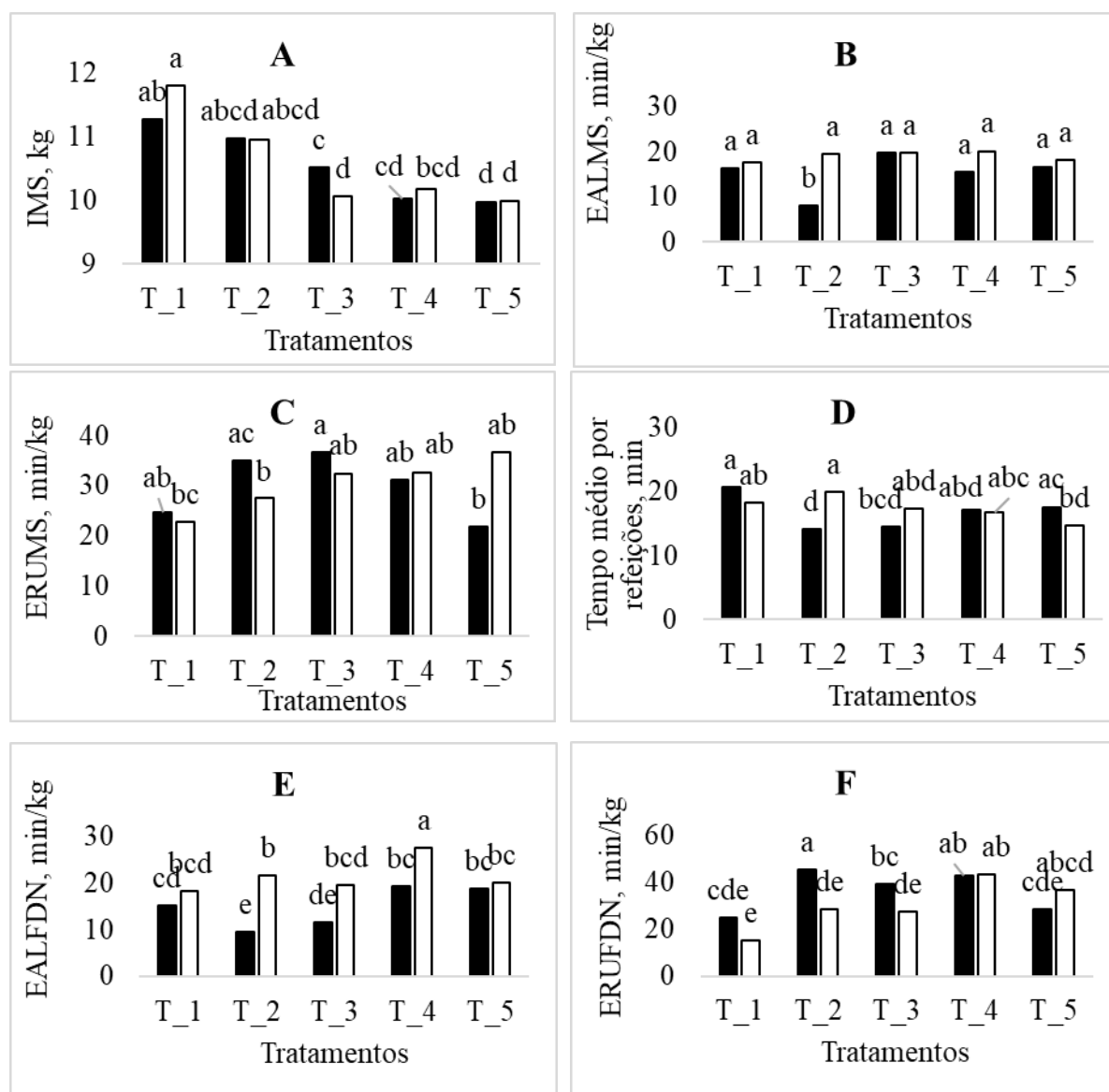


Figure 10. Influência da DEP na IMS (A), eficiência da alimentação da MS (B), eficiência da ruminação da MS (C), tempo médio de refeição (D), eficiência da alimentação de FDN (E) e eficiência da ruminação de FDN (F) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **T_1)** Grão de milho seco finamente moído; **T_2)** Silagem de grão úmido de milho; **T_3)** Grão de milho seco finamente moído+SCAG; **T_4)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **T_5)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

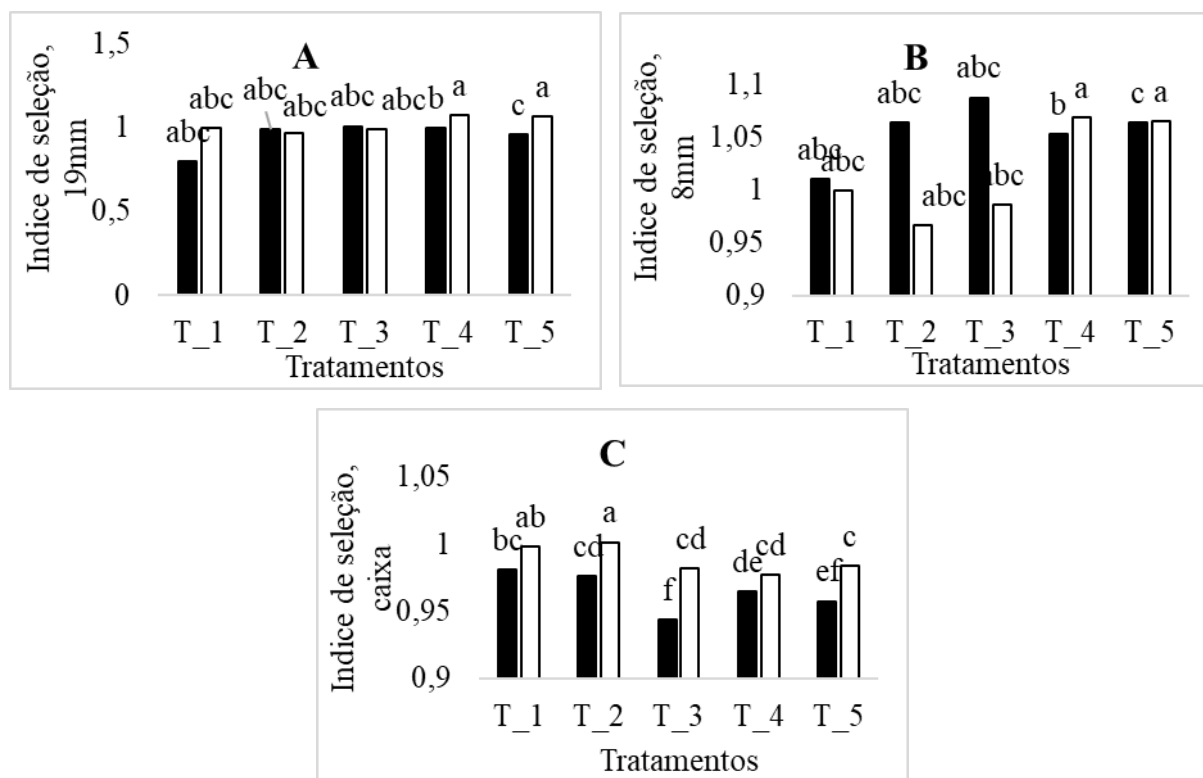
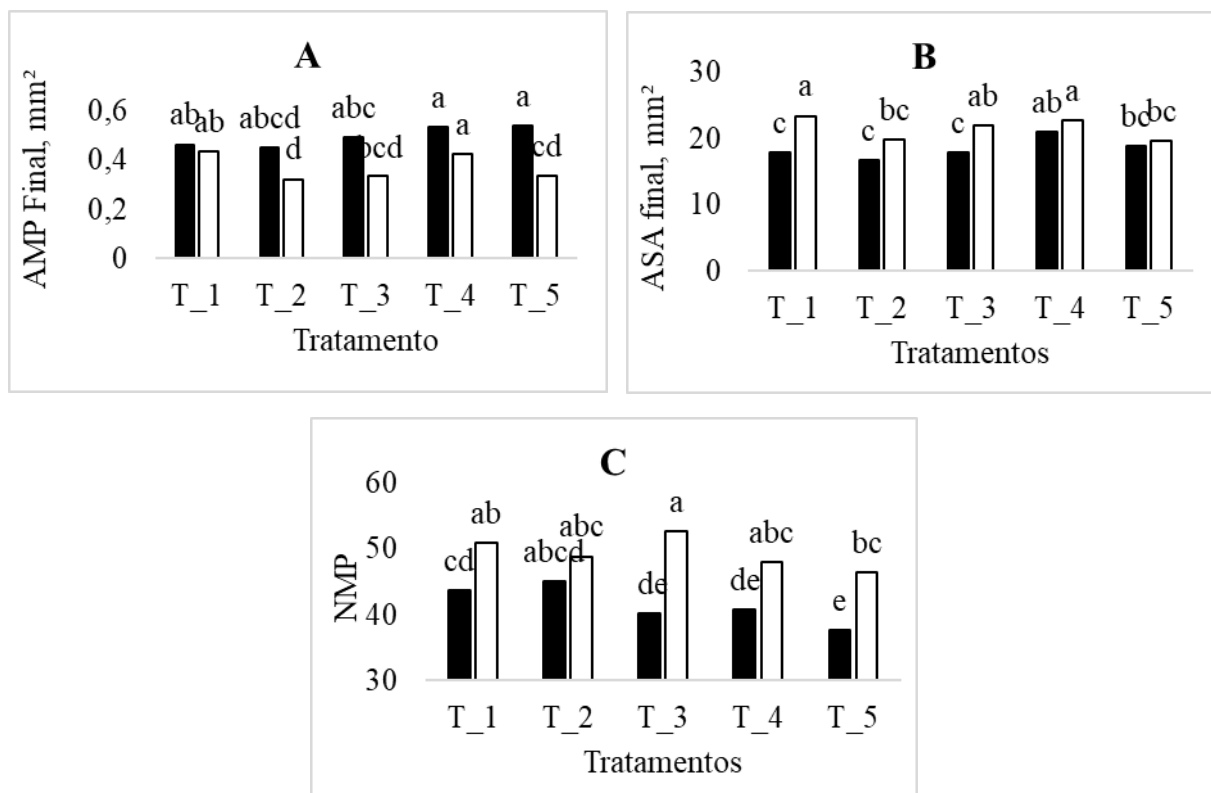


Figure 4. Influência da DEP no índice de seleção na peneira de 19mm (A), na peneira de 8mm (B) e no fundo (menor que 1,18mm) (C), em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **T_1)** Grão de milho seco finamente moído; **T_2)** Silagem de grão úmido de milho; **T_3)** Grão de milho seco finamente moído+SCAG; **T_4)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **T_5)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

Na figura 11 são apresentadas as interações entre os tratamentos e as DEP para os resultados de morfometria ruminal. Foi encontrado interação para AMP ($P=0,03$), ASA ($P<0,05$) e NMP ($P<0,05$) ilustrados nas figuras 11A, 11B e 11C respectivamente.



1

2 **Figure 11.** Influência da DEP na área média das papilas (A), área da superfície absorptiva (B) e
 3 número médio de papilas (C) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são
 4 animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP
 5 para o marmoreio. **T_1)** Grão de milho seco finamente moído; **T_2)** Silagem de grão úmido de
 6 milho; **T_3)** Grão de milho seco finamente moído+SCAG; **T_4)** Silagem de grão de milho
 7 úmido + SCAG; **T_5)** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

8 Na figura 12 é apresentado os resultados de interação entre os tratamentos e a DEP para
 9 os níveis de NEFA ($P < 0,01$).

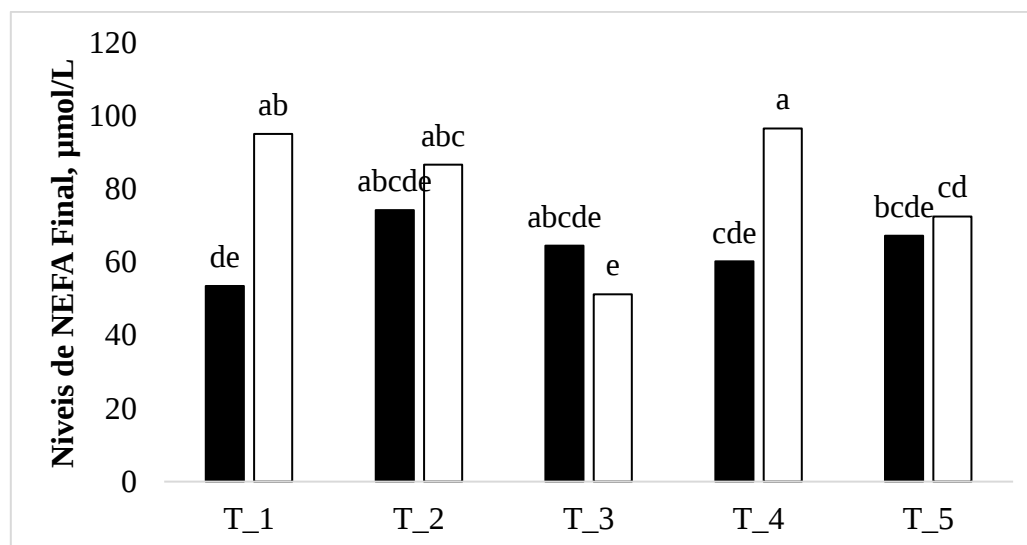


Figure 12. Influência da DEP nos níveis finais de NEFA de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. T_1) Grão de milho seco finamente moído; T_2) Silagem de grão úmido de milho; T_3) Grão de milho seco finamente moído+SCAG; T_4) Silagem de grão de milho úmido + SCAG; T_5) Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

4.4. Efeito da inclusão de Zn e Cr orgânicos

A inclusão de Zn e Cr orgânicos na dieta dos animais melhorou o rendimento de carcaça ($P=0,02$), aumentou a ingestão de FDN ($P=0,01$) e de FDNfe ($P=0,01$), e melhorou a eficiência na alimentação ($P<0,05$) e na ruminação ($P=0,02$) do FDNfe. Nos metabólitos sanguíneos a inclusão dos minerais orgânicos na dieta dos animais reduziu a concentração de insulina e aumentou as de glicose ($P=0,02$).

5 Discussão

Nossos resultados de desempenho dos animais no presente estudo mostram que incrementos no processamento do milho através do processo de ensilagem, melhorou o GMD e o PVF dos animais em 0,106g, 11,8kg respectivamente diferentemente do que foi reportado por Caetano et al. (2019). O resultado clássico para a utilização de silagem de grão úmido é de reduzir a IMS (Huntington, 1997; Cooper et al., 2002; Caetano et al. 2019), e manter o desempenho resultado da melhoria na disponibilidade do amido em virtude da solubilização da matriz proteica que encapsula os grânulos de amido (Hoffman et al. 2010) decorrente da

1 produção de ácido láctico e ácido acético (Lawton, 2002). Esta redução na IMS também foi
2 observada neste estudo de modo que ao final os animais apresentaram consumo de 42,9kg
3 menor que os animais alimentados com milho seco, este fato pode ser relacionado ao melhor
4 aproveitamento do amido no rúmen dos animais, que possivelmente prioriza a via de produção
5 de propionato (Owens et al. 1997), que ao adentrar os hepatócitos regulam a IMS por *feedback*
6 com processos oxidativos (Allen et al. 2009), já que os valores de amido dietético para os dois
7 tipos de processamento não apresentaram grande variação (tabela 2).

8 Estas melhorias nos processos metabólicos convertidos em melhor aproveitamento e
9 consequente melhora na eficiência, faz com que este método de processamento alcance mais
10 espaço no cenário atual (Silvestre e Millen 2021), em que os insumos têm atingido patamares
11 elevados, com elevação nos custos das diárias (LAE, 2022). Associado a isso, no Brasil os
12 principais híbridos cultivados são de endosperma duro, o que justifica a maior extensão do
13 processamento dos grãos, para evitar perdas pela não digestão deste ingrediente o trato
14 gastrointestinal dos animais. Entretanto, a maior disponibilidade do amido para fermentação no
15 rúmen (Owens et al.1986) associada a maiores níveis de inclusão de ingredientes com altos
16 teores desta molécula pode levar a acidificação do compartimento (Nagaraja e Titgemeyer
17 2007), em virtude da elevação da produção de AGCC podendo reduzir o pH ruminal lesionando
18 o epitélio ruminal, elevando a incidência de rumenite. Embora neste estudo o índice de rumenite
19 tenha sido baixo, os animais alimentados com silagem de grão úmido apresentaram maiores
20 incidências de lesões.

21 Como forma de controlar elevações no aparecimento de lesões, a substituição de parte
22 do amido das dietas por SCAG é uma alternativa, já que neste estudo sua inclusão reduziu o
23 índice de lesão no rúmen, e melhorou em 12,7kg o PVF e 0,114g no GMD dos animais, além
24 do que, melhorou o PCQ em 6,9kg, porém diferentemente do que já foi reportado na literatura
25 (Allen, 2000; Carvalho et al. 2020), não impactou na IMS geral do período de confinamento,
26 porém ao considerarmos a IMS do período de adaptação, encontramos um acréscimo de 0,490g
27 na ingestão diária com o uso de SCAG. Este achado pode ser relacionado a redução da inclusão
28 de carboidratos de alta fermentação, o que reduziria a taxa de fermentação no interior do rúmen
29 já que a gordura não é metabolizada no rúmen, resultado este que pode auxiliar no manejo
30 nutricional para a fase de adaptação dos animais, provendo a maximização do consumo dos
31 animais, sem acarretar distúrbios ao rúmen.

A inclusão de SCAG também resultaram em melhorias nas características de carcaça dos animais. Os resultados de deposição diária de gordura na P8 melhoraram, o que pode estar relacionado ao perfil de ácidos graxos do SCAG, uma vez que, o ácido oleico tem sido reconhecido como potente na lipogênese do acetato, além de estimular a síntese de gordura intramuscular a partir da glicose (Smith e Johnson, 2016), uma vez que, a glicose é o principal substrato fornecedor de carbono para a síntese “de novo” de lipídeos intramusculares (Smith e Crouse, 1984) Os protocolos sugeridos neste estudo objetivaram elevar a produção dos seus intermediários gliconeogênicos no rúmen dos animais. Porém ao relacionarmos estes resultados com os metabolitos sanguíneos, não foram encontradas diferenças para os níveis de glicose circulantes entre os métodos de processamentos do milho e a presença ou não de SCAG.

Porém a inclusão dos minerais orgânicos nas dietas, reduziu os níveis de insulina e aumentaram os níveis de glicose, o que se faz coerente, uma vez que, a insulina sendo responsável pela sinalização para captação da glicose pelas células, sua menor concentração aumentaria os níveis de glicose. Porém este fato contradiz os efeitos dos minerais Zn e Cr, uma vez que suas funções têm se associado a biossíntese de insulina (Tang et al. 2001; Miranda e Dey, 2004; Kelleher et al. 2011; Tamaki et al. 2013) e melhora na sensibilidade à insulina (Davis e Vicent, 1997; Vicent, 2014) respectivamente, embora em nosso estudo não tenhamos realizado a mensuração de níveis séricos de Zn e Cr, pesquisas têm relacionado a manifestação de diabetes tipo 1 a elevação nos dos níveis séricos de Zn (Canfield et al. 1984), bem como sua elevação no fígado e rins (Failla e Kiser, 1981), além do que, foi demonstrado que a suplementação com Cr pode afetar os parâmetros de resistência à insulina em tecidos adiposos e outros tecidos do corpo através de sinais imunológicos, como a resposta de citocinas pró-inflamatórias (Wellen e Hotamisligil, 2005). Da mesma forma como em nosso estudo, Leiva et al. (2017) trabalhando com vacas de leite em teste de tolerância a glicose, reportaram redução nos níveis de insulina para vacas tratadas com Cr em dietas de alta energia, porém esta diferença foi observada para animais alimentados com milho apenas, quando parte do milho foi substituído por polpa cítrica essa diferença desapareceu.

Em termos de desempenho nossos resultados em resposta a inclusão de Zn e Cr orgânicos na dieta demonstraram pequenas melhorias no rendimento de carcaças dos animais, diferentemente do que foi reportado por Vallini et al. (2020) onde o rendimento foi deprimido com a inclusão de Zn. Além disso Budde et al. (2019) utilizando associação de Zn na forma de hidrocloreto (90 mg/kg) associado com Cr (0,25 mg/kg) reportaram melhoras no PVF, GMD e

PCQ dos animais. Os níveis de inclusão de Zn utilizado neste estudo (90 mg/kg) estão acima dos 30 mg/kg recomendados pelo NASEM (2016), como também dos 55,08 mg/kg utilizado pelos nutricionistas brasileiros como reportado por Silvestre e Millen (2021), porém dentro dos 87,3 mg/kg utilizados pelos nutricionistas norte-americanos como demonstrado por Samuelson et al. (2016). Embora não se tenha recomendações nutricionais para níveis de suplementação de Cr, Baggerman et al. (2020) testando níveis de inclusão de 0,15, 0,30 e 0,45 reportaram respostas crescentes para peso vivo, GMD, eficiência e PCQ, semelhante ao que já havia sido reportado por Bernhard et al (2012) ao testaram níveis de 0,1, 0,2 e 0,3 mg/kg. Dessa forma mais estudos devem ser conduzidos para elucidar os impactos da suplementação dos minerais para bovinos.

A interação dos protocolos nutricionais apresentados neste estudo com o ranqueamento dos animais pela DEP de marmoreio, demonstrou diferenças para as deposições de gordura sobre o musculo *Longissimus dorsi* e sobre a picanha, indicando que a classificação de animais com base nas DEPs de seus pais pode compor um fator de ajuste dietético na classificação e separação de lotes, uma vez que, como observamos na figura 6, os animais classificados como alta DEP apresentam melhorias na deposição de gordura com menores incrementos na dieta, já que apenas com a alteração no processamento do milho se alcança uma estabilidade na EGS e P8. Por outro lado, animais classificados como baixa DEP parece necessitar de maior suporte energético e tecnológico nas dietas para atingirem tais patamares. Muitos estudos tem demonstrado que embora a celularidade do animal possa ser manipulada no terço final da gestação e início da vida (Wertz et al., 2001, 2002; Pyatt et al., 2005a, b; Corah e McCully, 2007; Du et al. 2013), o principal determinante na presença do adipócito é o fator genético, uma vez que a presença de pré-adipocitos em maiores quantidades têm maiores impactos na quantidade de gordura, em virtude do seu enchimento. Deste modo a seleção para elevar índices de marmoreio pode ser implantada utilizando-se das DEPs dos touros, uma vez que esta característica detém uma estimativa de herdabilidade de moderada a alta (Bertrand et al., 2001), sendo possível partindo-se destes valores ranquear os animais para planos nutricionais específicos.

6 Considerações

Nossos resultados mostram que para animais alimentados com silagem de grão úmido melhoram a eficiência sem prejudicar o desempenho. A inclusão de SCAG melhorou o desempenho sem alterar a IMS dos animais. A inclusão dos minerais orgânicos não alterou os parâmetros de desempenho e características de carcaça dos animais. Animais classificados no

grupo de alta DEP necessitam de menores incrementos na dieta para otimizar a deposição de gordura, enquanto que animais classificados com baixa DEP necessitam maiores incrementos no manejo nutricional para alcançar esta deposição.

7 Referencias

- ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Perfil da Pecuária no Brasil – Relatório Anual 2018, 2018. Disponível em: <http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>
- Albrecht, E.; Teuscher, F.; Ender, K.; Wegner, J. 2006. Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. **Journal of Animal Science**, 84, 1067–1075.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598–1624. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2.
- Allen, M. S., B. J. Bradford, and M. Oba. 2009. Board invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *J. Anim. Sci.* 87:3317–3334. doi:10.2527/jas.2009-1779.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16.ed. AOAC, Washington, DC.
- Baggerman JO, Smith ZK, Thompson AJ, Kim J, Hergenreder JE, Rounds W, Johnson BJ. Chromium propionate supplementation alters animal growth performance, carcass characteristics, and skeletal muscle properties in feedlot steers. *Transl Anim Sci.* 2020 Jul 30;4(3):txaa146. doi: 10.1093/tas/txaa146.
- Baker, J. F.; Long, C. R.; Posada, G. A.; McElhenney, W. H.; Cartwright, T. C. 1989. Comparison of cattle of a five-breed diallel: Size, growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **Journal of Animal Science**.67: 1218-1229.
- Bergfeld, E. G. M.; Rasby, R. J.; Nielsen, M. K.; Kinder, J. E. 1995. Heifers sired by bulls with either high or low expected progeny differences (EPDs) for marbling do not differ in age at puberty. **Animal Reproduction Science**, 40 (1995) 253-259.
- Bernhard, B.C.; Burdick, N.C.; Rounds, W.; Rathmann, R.J.; Carroll, J.A.; Finck, D.N.; Jennings, M.A.; Young, T.R.; Johnson, B.J. Chromium supplementation alters the performance and health of feedlot cattle during the receiving period and enhances their metabolic response to a lipopolysaccharide challenge, *Journal of Animal Science*, Volume 90, Issue 11, November 2012, Pages 3879–3888, <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4981>
- Bertrand, J. K., R. D. Green, W. O. Herring, and D.W. Moser. 2001. Genetic evaluation for beef carcass traits. *J. Anim. Sci.* 79 (ESuppl.) Online.

- Bevans, D. W.; Beauchemin, K. A.; Schwartzkopf-genswein, K. S.; McKinnon, J. J.; McAllister, T. A. 2005. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**.83:1116-1132.
- Bigham, M. L.; Mcmanus, W. R. 1975. Who lew he at grain feeding of lambs.Effects of rough age and wheat grain mixtures.**Australian Journal of Agricultural Research** 26:1053-1062.
- Bray, R. J., and J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27:325–349.
- Brink, D. R.; Lowry, S. R.; Stock, R. A.; Parrott, J. C. 1990. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, 68:1201-1207.
- Budde AM, Sellins K, Lloyd KE, Wagner JJ, Heldt JS, Spears JW, Engle TE. Effect of zinc source and concentration and chromium supplementation on performance and carcass characteristics in feedlot steers. *J Anim Sci.* 2019. 97(3):1286-1295. doi: 10.1093/jas/skz016. PMID: 30649352; PMCID: PMC6396233.
- Bunting, L. D.; Fernandez, J. M.; Thompson, D. L. Jr.; Southern, L. L. 1994. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 6, p. 1591-1599.
- Caetano, M.; Goulart, R. S.; Rizzo, P. M.; Silva, S. L.; Drouillard, J. S.; Leme, P. R.; Lanna, D. P. D. 2019. Impact of flint corn processing method and dietary starch concentration on finishing performance of Nelore bulls. **Animal Feed Science and Technology**. 251:166–175
- Canfield, WK, Hambidge, KM, Johnson, LK. Zinc nutriture in type I diabetes mellitus: relationship to growth measures and metabolic control. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 1984; 3:577–84.
- Carvalho MAA, Cappellozza BI, Silva B, Castro TS, Burim MR, Cervieri RC. Supplementation with calcium salts of cottonseed oil improves performance of *Bos indicus* animals consuming finishing diets. *Transl Anim Sci.* 2020 Jun 9;4(2):txaa080. doi: 10.1093/tas/txaa080.
- Carvalho, S.; Rodrigo, M. T.; Branco, R. H.; Rodrigues, C. A. F. 2006. Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, 35:562-568.
- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scand. J. Stat.* 11:265–270.
- Chung, K. Y.; Smith, S. B.; Choi, S. H.; Johnson, B. J. 2016. Oleic acid enhances G protein coupled receptor 43 expression in bovine intramuscular adipocytes but not in subcutaneous adipocytes. **Journal of Animal Science**. 2016.94:1875–1883
- Cooper, R.J., Milton, C.T., Klopfenstein, T.J., Scott, T.L., Wilson, C.B., Mass, R.A., 2002. Effect of corn processing on starch digestion and bacterial crude protein flow in finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80, 797–804. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77600-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77600-6).

- Corah, L., and M. McCully. 2007. Declining quality grades: A review of factors reducing marbling deposition in beef cattle. Certified Angus Beef News Releases-Research. Certified Angus Beef LLC, Wooster, OH.
- Cruz, J. C., Queiroz, L. R., Pereira Filho, I. A., 2012. Mais de 210 cultivares transgênicos são disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2012/13. http://www.apps.agr.br/upload/ax10_3007201206195700_cultivaresdemilhoparaasafra2012_2013.pdf.
- Daniel, J. L. P.; Resende Júnior, J. C.; Cruz, F. J. 2006. Participação do rumino retículo e omaso na superfície absorviva total do proventrículo de bovinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research Animal Science**.43:688-694.
- Davis CM, Vincent JB (1997) Chromium oligopeptide activates insulin receptor tyrosine kinase activity. *Biochemistry* 36:4382–4385
- Dehority, B. A. Classification and morphology of rumen protozoa. Wooster: Ohio Agriculture Research and Development Center, 1977.
- Dill-McFarland, K. A.; Breaker, J. D.; Suen, G. 2017. Microbial succession in the gastrointestinal tract of dairy cows from 2 weeks to first lactation. **Scientific Reports**. 7:40864.
- Du, M., Y. Huang, A.K. Das, Q. Yang, M.S. Duarte, M.V. Dodson, and M.-J. Zhu. 2013. Meat science and muscle biology symposium: Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 91:1419–1427. doi:10.2527/jas.2012-5670
- Du, M.; J. Tong, J.; Zhao, J.; Underwood, K. R.; Zhu, M.; Ford, S. P.; Nathanielsz, P. W. 2010a. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**.88:E51–E60.
- Ekeren, P. A.; Smith, D. R.; Lunts, D. K.; Smith, S. B. 1992. Ruminal Biohydrogenation of Fatty Acids From High-Oleate Sunflower Seeds. **Journal of Animal Science**. 1992. 70:2574-2580
- Failla, ML; Kiser, RA; Altered tissue content and cytosol distribution of trace metals in experimental diabetes. *J Nutr*.1981; 111:1900–9.
- Felício, P. E.; Allen, D. M.; Corte, O. O. 1982. Influência de maturidade da carcaça sobre a qualidade da carne de novilhos Zebu. *Coletânea ITAL*, Vol. 12. (pp. 137–149).
- Fonseca, L. F. S.; Silva, D. B. S.; Gimenez, D. F. J.;Baldi, F.; Ferro, J. A.; Chardulo, L. A. L.; Albuquerque, L. G. 2019. Gene expression profiling and identification of hub genes in Nellore cattle with different marbling score levels. **Genomics**, <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2019.06.001>
- Garcia, L. G.; Nicholson, K. L.; Hoffman, T. W.; Lawrence, T. E.; Hale, D. S.; Griffin, D. B.; Savell, J. W.;Vanoverbeke, D. L.; Morgan, J. B.; Belk, K. E.; Field, T. G.; Scanga, J. A.; Tatum, J. D.; Smith, G. C. 2008. National beef quality audit-2005: Survey of targeted cattle and carcass

- characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. **Journal of Animal Science**.86:3533–3543.
- Good, I. J. 1953. The population frequencies of species and the estimation of population parameters. *Biometrika* 40:237–264.
- Gupta, R. K.; Arany, Z.; Seale, P.; Mepani, R. J.; Ye, L.; Conroe, H. M.; Roby, Y. A.; Kulaga, H.; Reed, R. R.; Spiegelman, B. M. 2010. Transcriptional control of preadipocyte determination by Zfp423. *Nature* 464, 619–623.
- Gwartney, B. L.; Calkins, C. R.; Rasby, R. J.; Stock, R. A.; Vieselmeyer, B. A.; Gosey, J. A. 1996. Use of Expected Progeny Differences for Marbling in Beef: II. Carcass and Palatability Traits. **Journal of Animal Science**. 1996. 74:1014–1022
- Heinrichs, J.; Kononoff, P. 1996. In evaluating particle size of forages and TMRs using the Penn State Particle Size Separator. **D. Animal Science**. 1-14.
- Hocquette, J. F.; Gondret, F.; Baeza, E.; Medale, F.; Jurie, C.; Pethick, D. W. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. **Animal**, 4, 303–319.
- Hoffman, P. C.; Esser, N. M.; Shaver, R. D.; Coblenz, W. K.; Scott, M. P.; Bodnar, A. L.; Schmidt, R. J.; Charley, R. C. 2010. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**. 94 :2465–2474. doi: 10.3168/jds.2010-3562
- Huntington, G.B., 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75, 852–867. <https://doi.org/10.2527/1997.753852x>.
- Jaccard, P. 1912. The distribution of the flora in the alpine zone. *New Phytol.* 11:37–50.
- Jurjanz, S.; V. Monteils. 2005. Ruminal degradability of corn forages depending on the processing method employed. **Animal Research**. 3:15–23.
- Kelleher SL, McCormick NH, Velasquez V, Lopez V (2011) Zinc in specialized secretory tissues: roles in the pancreas, prostate, and mammary gland. *Adv Nutr* 2:101–111
- Krehbiel, C. R.; Cranston, J. J.; McCurdy, M. P. 2006. An upper limit for caloric density of finishing diets. **Journal of Animal Science**. 2006. 84(E. Suppl.):E34–E49.
- Lawrence, T. E.; Gasch, C. A.; Hutcheson, J. P.; Hodgen, J. M. 2011. Zilpaterol improves feeding performance and fabrication yield of concentrate-finished cull cows. **Journal Animal Science**, v. 89, p. 2170-2175.
- Lawrence, T. E.; Whatley, J. D.; Montgomery, T. H.; Perino, L. J.; Dikeman, M. E. 2001. Influence of dental carcass maturity classification on carcass traits and tenderness of longissimus steaks from commercially fed cattle. **Journal of Animal Science**, 79(8), 2092–2096.
- Lawton, J. W. 2002. Zein: A history of processing and use. **Cereal Chemistry**. 79:1–18.

- 1 Leiva, T.; Cooke, R.F.; Brandão, A.P.; Pardelli, U.; Rodrigues, R.O.; Corrá, F.N.; Vasconcelos, J.L.M.
2 2017. Effects of concentrate type and chromium propionate on insulin sensitivity, productive and
3 reproductive parameters of lactating dairy cows consuming excessive energy, *Animal*, 11:436-
4 444.doi.org/10.1017/S1751731116001713.
- 5 Lofgreen, G. P.; Garret, W. N. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values
6 for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**. 27:793-806.
- 7 Marques, R. S., Cooke, R. F., Francisco, C. L., Bohnert, D. W. 2012. Effects of twenty-four hour
8 transport or twenty-four hour feed and water deprivation on physiologic and performance responses
9 of feeder cattle. **Journal Animal Science**. 90, 5040–5046. <https://doi.org/10.2527/jas2012-5425>.
- 10 May, S. G., H. G. Dolezal, D. R. Gill, F. K. Ray, and D. S. Buchanan. 1992. Effects of days fed, carcass
11 grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef
12 palatability. **Journal of Animal Science**. 70:444.
- 13 McKenna, D. R.; Roeber, D. L.; Bates, P. K.; Schmidt, T. B.; Hale, D. S.; Griffin, D. B.; Savell, J. W.;
14 Brooks, J. C.; Morgan, J. B.; Montgomery, T. H.; Belk, K. E.; Smith, G. C. 2002. National beef
15 quality audit-2000: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity,
16 and value of fed steers and heifers. **Journal of Animal Science**, 80:1212–1222.
- 17 Mertz, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal of Nutrition**, v. 123, n. 4, p. 626-633, 1993.
- 18 Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B.; Galyean, M. L.; Vasconcelos, J. T. 2009. A
19 snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in
20 Brazil. **Journal of Animal Science**. 87:3427-3439.
- 21 Miranda ER, Dey CS (2004) Effect of chromium and zinc on insulin signaling in skeletal muscle cells.
22 *Biol Trace Elem Res* 101:19–36
- 23 Moraes, G. F.; Abreu, L. R. A.; Ferreira, I. C.; Pereira, I. G. 2017. Genetic analysis of residual feed
24 intake adjusted for fat and carcass and performance traits in a Nellore herd. **Ciência Rural** 47 (2),
25 e20151505. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151505>.
- 26 Moriel, P.; Scatena, T. S.; Sa Filho, O. G.; Cooke, R. F.; Vasconcelos, J. L. M. 2008. Concentrations of
27 progesterone and insulin in serum of nonlactating dairy cows in response to carbohydrate source
28 and processing. **Journal of Dairy Science**. 91:4616–4621.
- 29 Nagaraja, T. G.; Titgemeyer, E. C. Ruminant Acidosis in Beef Cattle: The Current Microbiological and
30 Nutritional Outlook. **Journal Dairy Science**, vol. 90, 478p, 2007.
- 31 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016. Nutrient Requirements of Beef
32 Cattle: Eighth Revised Edition. The National Academies Press, Washington, DC, USA.
33 <https://doi.org/10.17226/19014>.
- 34 NRC (National Research Council). 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th ed. Washington, D.C.:
35 National Academy Press.

- 1 Odongo, N. E.; AlZahal, O.; Lindinger, M. I.; Duffield, T. F.; Valdes, E. V.; Terrell, S. P.; McBride, B.
2 W.. 2006. Effects of mildhe at stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue
3 histology in lambs. **Journal of Animal Science**.84:447-455.
- 4 Oh, Y. S.; Smith, S. B.; Choi, C. B. 2004. Zinc increases differentiation of bovine intramuscular
5 adipocytes by suppressing nitric oxide production. **Journal of Animal Science**. 82(Suppl. 1):42.
6 (Abstr.)
- 7 Owens, F. N., R. A. Zinn, and Y. K. Kim. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine.
8 J. Anim. Sci. 63:1634–1648.
- 9 Owens, F.N., Secrist, D.S., Jeff Hill, W., Gill, D.R., 1997. The effect of grain source and grain
10 processing on performance of feedlot cattle: a review. J. Anim. Sci. 75, 868–879.
11 <https://doi.org/10.2527/1997.753868x>.
- 12 Pacheco, R. D. L.; Johnson, B. J.; Siqueira, G. R.; Cervieri, R. C.; Carvalho, J. C. F.; Burim, M. R.;
13 Bastos, J. P. S. T. 2016. Uso de gordura protegida em bovinos de corte. In: Anais do I simpósio de
14 nutrição de bovinos de corte e leite. Dracena, São Paulo. p. 31-50.
- 15 Perkins, T. L.; Green, R. D.; Hamlin. K. E. 1992. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat
16 thickness and longissimus muscle area in beef cattle.**Journal of Animal Science**.70:1002–1010.
- 17 Pescara, J. B.;Pires, J. A. A.; Grummer, R. R. 2010. Antilipolytic and lipolytic effects of administering
18 free or ruminally protected nicotinic acid to feed-restricted Holstein cows. **Journal of Dairy**
19 **Science**. 93:5385-5396. doi.org/10.3168/jds.2010-3402
- 20 Preston, R. L. 1971. Effects of nutrition on the body composition of cattle and sheep.Pages 26–41 in
21 Proc. Georgia Nutr. Conf., Atlanta.
- 22 Pyatt, N. A., L. L. Berger, D. B. Faulkner, P. M. Walker, and S. L. Rodriguez-Zas. 2005a. Factors
23 affecting carcass value and profi tability in early-weaned simmental steers: I. Five-year average
24 pricing. J. Anim. Sci. 83:2918–2925.
- 25 Pyatt, N. A., L. L. Berger, D. B. Faulkner, P. M. Walker, and S. L. Rodriguez-Zas. 2005b. Factors
26 affecting carcass value and profi tability in early-weaned simmental steers: II. Days on feed
27 endpoints and sorting strategies. J. Anim. Sci. 83:2926–2937.
- 28 Resende Júnior, J. C.; Alonso, L. S.; Pereira, M. N. 2006. Effect of the feeding patternon rumen wall
29 morphology of cows and sheep.**Brazilian Journal of Veterinary Research Animal Science**.43:
30 526-536.
- 31 Robles, V.; González, L. A.; Ferret, A.; Manteca, X.; Calsamiglia, S. 2007. Effectsof feeding frequency
32 on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets.
33 **Journal Animal Science**.85:2538-2547.
- 34 Samuelson, K. L.; Hubbert, M. E.; Galyean, M. L. and Löest, C. A. 2016. Nutritional recommendations
35 of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey.
36 Journal of Animal Science 94:2648-2663. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0282>

- 1 SAS Institute (2003) 'SAS/STAT user's guide. Release 9.1.' (SAS Institute: Cary, NC).
- 2 Scheffler, J. M.; McCann, M. A.; Greiner, S. P.; Jiang, H.; Hanigan, M. D.; Bridges, G. A.; Lake, S. L.;
- 3 Gerrard, D. E. 2014. Early metabolic imprinting events increase marbling scores in fed cattle.
- 4 **Journal of Animal Science**. 2014.92:320–324. doi:10.2527/jas2012-6209
- 5 Shannon, C. E. 2001. A mathematical theory of communication. *Mob. Comput. Commun. Rev.* 5:3–55.
- 6 Silvestre, AM; Millen, DD. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle
- 7 consulting nutritionists, 2021, *R. Bras. Zootec*, 50: e20200189, doi.org/10.37496/rbz5020200189
- 8 Smith, S. B., and B. J. Johnson. 2016. Marbling: management of cattle to maximize the deposition of
- 9 intramuscular adipose tissue. *J. Anim. Sci.* 94(Suppl. 5):382. doi:10.2527/jam2016-0794.
- 10 Smith, S. B.; Crouse, J. D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in
- 11 bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. **The Journal of Nutrition** 114, 792–800.
- 12 Spears, J. W.; Kegley, E. B. 2002. Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteate) and level on
- 13 performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. **Journal**
- 14 **of Animal Science**. 80:2747–2752.
- 15 Stock, R.; Klopfenstein, T.; Shain, D. 1995. Feed intake variation. *Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ.* P-
- 16 942:56.
- 17 Tamaki M, Fujitani Y, Hara A, Uchida T, Tamura Y, Takeno K, Kawaguchi M, Watanabe T, Ogihara
- 18 T, Fukunaka A, Shimizu T, Mita T, Kanazawa A, Imaizumi MO, Abe T, Kiyonari H, Hojyo S,
- 19 Fukada T, Kawauchi T, Nagamatsu S, Hirano T, Kawamori R, Watada H (2013) The
- 20 diabetes-susceptible gene SLC30A8/ZnT8 regulates hepatic insulin clearance. *J Clin Invest*
- 21 123:4513–4524
- 22 Tang X, Shay NF (2001) Zinc has an insulin-like effect on glucose transport mediated by
- 23 phosphoinositol-3-kinase and Akt in 3T3-L1 fibroblasts and adipocytes. *J Nutr* 131:1414–1420
- 24 Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology,
- 25 metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 74(10):3583-
- 26 3597.
- 27 Van Wezemael, L.; Verbeke, W.; de Barcellos, M. D.; Scholderer, J.; Perez-Cueto, F. 2010. Consumer
- 28 perceptions of beef healthiness: results from a qualitative study in four European countries. **BMC**
- 29 **Public Health** 10, 342.
- 30 Vellini, B.L.; Prados, L.F.; Monção, F.P.; Fireman, A.K.; Resende, F.D.; Siqueira, G.R. 2020. Zinc
- 31 amino acid complex in association with chromium methionine improves the feed efficiency of
- 32 finished Nellore cattle in the feedlot, *Animal Feed Science and Technology*, 262:
- 33 114430./doi.org/10.1016/j.anifeeds.2020.114430.
- 34 Vieselmeyer, B. A.; Rasby, R. J.; Gwartney, B. L.; Calkins, C. R.; Stock, R. A.; Gosey, J. A. 1996. Use
- 35 of Expected Progeny Differences for Marbling in Beef: I. Production Traits. **Journal of Animal**
- 36 **Science**. 1996. 74:1009–1013.

- 1 Vincent JB (2014) Is chromium pharmacologically relevant? J Trace Elem Med Biol 28:397–405
- 2 Weimer, P. J.; Cox, M. S.; Paula T. V.; Lin, M.; Hall, M. B.; Suen, G. 2017. Transient changes in milk
- 3 production efficiency and bacterial community composition resulting from near-total exchange of
- 4 ruminal contents between high- and low-efficiency Holstein cows. **Journal of Dairy**
- 5 **Science**.100:7165–7182.
- 6 Wellen, J.B. 2005 KE Wellen, GS Hotamisligil **Inflammation, stress, and diabetes**. The Journal of
- 7 Clinical Investigation, 115 (2005), pp. 1111-1119.
- 8 Wertz, A. E., L. L. Berger, P. M. Walker, D. B. Faulkner, F. K. McKeith, and S. Rodriguez-Zas. 2001.
- 9 Early weaning and postweaning nutritional management affect feedlot performance of angus ×
- 10 simmental heifers and the relationship of 12th rib fat and marbling score to feed efficiency. J.
- 11 Anim. Sci. 79:1660–1669.
- 12 Wertz, A. E., L. L. Berger, P. M. Walker, D. B. Faulkner, F. K. McKeith, and S. L. Rodriguez-Zas.
- 13 2002. Early-weaning and postweaning nutritional management affect feedlot performance, carcass
- 14 merit, and the relationship of 12th-rib fat, marbling score, and feed efficiency among angus and
- 15 wagyu heifers. J. Anim. Sci. 80:28–37.
- 16 Yu, P., J. T. Huber, F. A. P. Santos, J. M. Simas, and C. B. Theurer. 1998. Effects of ground, steam-
- 17 flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. J. Dairy Sci. 81:777–783.
- 18 doi:10.3168/jds.S0022-0302(98)75634-6.
- 19 Zinn, R. A.; Shen, Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable
- 20 amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**.76:1280-1289.