

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FONTES LIPÍDICAS EM SILAGEM DE RAÇÃO COMPLETA
NA TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

Autor: Sillas Mayron da Silva da Silva
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Coorientador: Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel

MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril - 2022

FONTES LIPÍDICAS EM SILAGEM DE RAÇÃO COMPLETA NA TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

Autor: Sillas Mayron da Silva da Silva
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Coorientador: Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril - 2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586f	<p>Silva, Sillas Mayron da Silva da Fontes lipídicas em silagem de ração completa na terminação de bovinos de corte / Sillas Mayron da Silva da Silva. -- Maringá, PR, 2022. 90 f.: il., tabs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim . Coorientador: Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2022.</p> <p>1. Bovinos de corte - Nutrição. 2. Fontes lipídicas . 3. Desempenho animal - Bovinocultura. 4. Silagem - Bovinos. I. Jobim , Clóves Cabreira, orient. II. Daniel, João Luiz Pratti, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.</p> <p>CDD 23.ed. 636.2</p>
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FONTES LIPÍDICAS EM SILAGENS DE RAÇÃO
COMPLETA NA TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

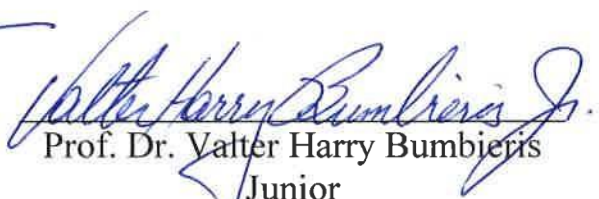
Autor: Sillas Mayron da Silva da Silva
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADO em 08 de abril de 2022.



Prof. Dr. Patrick Schmidt




Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris
Junior



Profª Drª Milene Puntel Osmari



Profª Drª Tamara Tais Tres



Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Orientador

*“Se eu pudesse deixar algum presente,
deixaria o acesso ao sentimento de amor à vida dos seres humanos.
A consciência de aprender tudo o que nos foi ensinado pelo tempo afora,
lembraria dos erros que foram cometidos,
com os sinais para que não mais se repetissem.
A capacidade de escolher novos rumos,
deixaria para você se pudesse,
o respeito aquilo que é indispensável:
Além do pão, o trabalho, a ação.
E quando tudo mais faltasse para você,
eu deixaria se pudesse, um segredo:
o de buscar no interior de si mesmo
o respeito e a força interior para encontrar a saída.”*

(Mahatma Ghandi)

Aos meus pais,

Cícera Maria Pinto da Silva e Antônio Lisboa da Silva,

por acreditar em minha capacidade de superação e me apoiar em todos os momentos, por serem meus modelos de pessoas íntegras, honestas e trabalhadoras. Obrigado pela educação e todos os ensinamentos. Vocês me ensinaram e incentivaram a buscar o meu melhor, apesar das dificuldades.

À minha irmã,

Aline Mayara da Silva da Silva,

por compartilhar comigo o lar, a amizade, os conselhos, os ensinamentos, as brincadeiras e confusões, e pelo grande incentivo ao longo de toda a minha trajetória.

Aos meus padrinhos e primo,

Sonia Pinto da Silva, Mauro Sérgio Pereira Melo e Paulo Roberto Silva Pessoa Santos.

Madrinha, obrigado por ser minha grande incentivadora desde o começo da graduação. Agradeço a todos vocês por serem sempre presentes em todas as etapas da minha vida. Obrigado meu primo-irmão por sermos âncora um do outro em todos os momentos.

Aos meus avós (*in memoriam*),

Luiz Pereira da Silva e Antônia Lisboa da Silva,

Grande parte do que sou devo aos meus avós paternos. Vocês sem dúvida são o modelo mais forte que tenho de amor, generosidade, gratidão e de serviço ao reino de Deus.

Com muita gratidão,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sua bondade e pela gratuidade do dom da vida, agradeço a Ele por me permitir sonhar e viver as oportunidades, na busca do crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela concessão de bolsa e possibilitar o desenvolver e a conclusão da minha tese de doutorado.

À Universidade Estadual de Maringá – UEM, ao Departamento de Zootecnia/DZO e a toda equipe de colaboradores, servidores e professores. Obrigado pela parceria, Bete (secretária da graduação em Zootecnia), Érica (secretária da pós-graduação em Agronomia) e a professora Tamara Tais Tres, pela vivência e amizade. Um agradecimento especial para Solange (Sol), as idas e vindas na secretaria do PPZ eram sempre um momento de descontração e de conversas valiosas, obrigado pela sua participação em tudo ao longo desse processo.

Agradeço aos professores do Conselho do PPZ. Poder contribuir com vocês ao longo do tempo que estive representando os discentes de doutorado foi, sem dúvidas, um momento de muito aprendizado. Obrigado pelos ensinamentos e visão sobre assuntos administrativos. Um obrigado especial aos professores: Ferenk Bánkut, Eliane Gasparino, Ricardo Vasconcellos e a querida professora Simara Marcato (obrigado por acreditar e me incentivar tanto).

Ao meu orientador Clóves Cabreira Jobim, a quem respeito e admiro muito. Obrigado pela dedicação, ensinamentos e pela sua visão de vida e a forma descomplicada para resolver as coisas. Obrigado por sempre estar presente em cada decisão ao longo do meu período de doutoramento, apesar de suas ocupações em cargos administrativos sempre esteve presente em cada passo.

Ao meu coorientador João Luiz Pratti Daniel, caminhar essa jornada ao seu lado foi mais construtiva no meu caráter pessoal, acadêmico e profissional. Obrigado por tudo e, por acreditar e me incentivar, propondo-me desafios que somaram ao meu crescimento. Você sem dúvidas é uma das pessoas e pesquisadores que mais admiro.

Aos meus amigos, Cinthia Leão (marmotinha), Venício Carvalho (gordo), Elton Melo, Divaney Mamédio e Aíres. O suporte dado uns aos outros foram essenciais para a caminhada se tornar mais leve e ter a certeza que temos pessoas que podemos contar, juntos nos tornamos uma família. Obrigado por cada momento vivido e por criarmos boas memórias que ficarão para sempre em nossas vidas.

Aos companheiros do grupo de estudos em Silagem e Feno – GESF, deixo minha gratidão pelo auxílio na condução das pesquisas. Obrigado pelo compartilhamento de aprendizado que obtive com cada um, desde o mais iniciante aluno da graduação aos colegas de pós-graduação. Um obrigado estimado aos amigos e parceiros que tive ao longo dessa caminhada: Francisco Piran (Chico), Janaína Bragatto (Hanaína), Camila Parra (dona onça) e Andresa Moraes e a todos os funcionários da fazenda experimental que contribuíram com este trabalho.

Aos amigos contemporâneos de pós-graduação e parceiros de laboratório, Janaína (agradeço muito pela parceria e sua bondade), Micheli Siperti (a doceira do grupo), Tatiane Ramos (Titiane), Matheus (Ceará), aos queridos técnicos Osvaldo Pezzoti, Ulisses e Augusto, obrigado pela empatia e amizade construída ao longo desses anos e a todos os demais membros do grupo LANA et al. (2021). Esse grupo, além de comer também trabalha muito! Tenho certeza de que a vida reserva excelentes caminhos a todos vocês.

À querida professora Gracita, da Universidade Federal de Lavras – UFLA, agradeço pelo apoio desde a graduação; você me acompanha desde sempre, obrigado pela motivação e aconselhamentos para a vida. Também quero agradecer aos bons amigos da UFLA, Pedro, Jonas, Carla que apesar dos anos e distância sempre reservam tempo na medida do possível para serem presentes na minha caminhada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

SILLAS MAYRON DA SILVA DA SILVA, filho de Antônio Lisboa da Silva e Cícera Maria Pinto da Silva, nasceu em 06 de março de 1993, em São Mateus do Maranhão, no Estado do Maranhão.

Em março de 2017, concluiu o curso de Zootecnia na Universidade Federal de Lavras – UFLA. Durante a graduação foi membro do grupo de estudos em Forragicultura – Nefor, grupo pelo qual o inspirou a fazer pós-graduação, e em fevereiro de 2019 obteve o título de Mestre em Zootecnia pela mesma Universidade.

Em março de 2019 iniciou o curso de doutorado na Universidade Estadual de Maringá – UEM, desenvolvendo pesquisas com o grupo de estudos em silagem e feno – GESF onde aprendeu e desenvolveu novos conhecimentos. Em abril de 2022 submeteu-se à banca de defesa de doutorado, cumprindo parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Animal, pelo programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

	Página
	II
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	1
ABSTRACT	3
I – INTRODUÇÃO	14
II – REVISÃO DE LITERATURA	17
1. Confinamento de bovinos de corte no Brasil	17
2. Uso de ração total ensilada na alimentação de bovinos confinados	18
3. Metabolismo de lipídeos em ruminantes	21
4. Terminação de bovinos de corte em confinamento com a utilização de fontes lipídicas	23
4.1. Incremento energético em dietas para ruminantes	23
4.2. Utilização de fontes lipídicas para terminação de bovinos de corte em confinamento	24
III - OBJETIVOS GERAIS	47
IV – <i>Artigo: Efeito de fontes lipídicas sobre o valor alimentício e o desempenho de bovinos de corte em terminação alimentados com silagem de ração completa</i>	48
Abstract	49
Lista de Abreviações	50
Introdução	52
Material e métodos	53
<i>Preparo e ensilagem da TMR</i>	54
<i>Análises laboratoriais</i>	54
<i>Degradabilidade da proteína</i>	57
<i>Teste de estabilidade aeróbia</i>	58
<i>Animais, instalações e coletas</i>	58
<i>Características da carcaça</i>	61

<i>Análise estatística</i>	61
Resultados	61
Discussão	63
Conclusão	70
Tabelas	82
V – CONCLUSÕES GERAIS	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição da TMR	82
Tabela 2. Composição da TMR fresca (média \pm DP).....	83
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos das TMR frescas e ensiladas (média \pm DP).....	85
Tabela 4. Composição química das silagens de TMR	86
Tabela 5. Perfil fermentativo, contagem microbiana e estabilidade aeróbia das silagens de TMR	87
Tabela 6. Desempenho e características de carcaça de tourinhos Angus x Nelore alimentados com silagens de TMR.....	88
Tabela 7. Comportamento ingestivo, características fecais e parâmetros sanguíneos de tourinhos Angus x Nelore alimentados com silagens de TMR.....	88

RESUMO

O objetivo deste estudo foi compreender o processo de conservação e o valor alimentício de silagens de ração completa (TMR) com fontes lipídicas para bovinos de corte em terminação. Os tratamentos foram: TMR ensilada com grão de soja laminado (SG); TMR ensilada com caroço de algodão (CA); TMR ensilada com sabão de óleo de palma (SP) e TMR ensilada com óleo bruto de milho (OM). As TMR com diferentes fontes lipídicas foram estocadas em silos bag com capacidade de 20 t, durante 360 d. Após a abertura dos silos e durante o período de alimentação dos animais foram avaliados o padrão de fermentação, a composição nutricional e a estabilidade aeróbia. A silagem com SG apresentou maior concentração de N-NH₃ (fração A1 do N) comparado com CA e OM (P < 0,01). Já a silagem com OM apresentou menor proporção de PDR (P < 0,01) comparado com a silagem SG e maior PNDR (P < 0,01) comparado com a silagem SG. A concentração de ácido lático foi maior para os tratamentos SG e CA (P < 0,01). As concentrações de ácido acético e 1,2-propanodiol foram maiores para o tratamento SP e menores para SG (P < 0,01). A concentração de etanol foi menor nas silagens com SG ou PS (P < 0,01). Maiores contagens de BAL foram observadas para o tratamento OM (P < 0,01). As contagens de *Bacillus*, fungos filamentosos e leveduras foram menores que o limite de detecção (< 2 log ufc/g). Não houve diferença significativa para a contagem de clostrídios entre tratamentos (2,10 log ufc/g). As silagens apresentaram alta estabilidade aeróbia, permanecendo estáveis durante dez dias, exceto o tratamento SG com 132 h de estabilidade aeróbia. Para o ensaio de desempenho, 36 novilhos Angus × Nelore (441 ± 6,6 kg de peso corporal em jejum e 23 meses) foram alojados em baias individuais com piso de concreto, cocho e bebedouro, durante 91 d (21 d de adaptação + 71 d de comparação de tratamentos). A concentração sérica de ácidos graxos não esterificados foi menor para o tratamento OM comparado com SG (P = 0,01). Os níveis séricos de triglicerídeos foram maiores para OM e SP (P < 0,01) e os níveis colesterol foram maiores para SG e SP (P = 0,01). As variáveis de desempenho foram semelhantes entre os tratamentos (P = 0,99), exceto o CMS e o escore de marmoreio, que foram superiores para os animais recebendo a silagem com CA (P = 0,01). Em conclusão, as silagens de TMR apresentaram padrão de fermentação adequado e alta estabilidade aeróbia, independentemente da fonte lipídica. Todos os tratamentos resultaram em desempenho elevado dos tourinhos de corte em terminação. Portanto, a escolha da fonte lipídica nos confinamentos comerciais deve ser considerada de acordo com as condições de disponibilidade do produto e custos de compra em cada região.

Palavras-chave: *ácido graxo, caroço de algodão, grão de soja, óleo de milho, sabão de palma.*

ABSTRACT

The objective of this study was to examine the effect of lipid sources on the preservation and feeding value of total mixed ration (TMR) silage for finishing beef cattle. The treatments consisted of: TMR ensiled with rolled soybean grain (SG); TMR ensiled with whole cottonseed (CS); TMR ensiled with palm-oil soap (PS) and TMR ensiled with crude corn oil (CO). The TMR with different lipid sources were stored in bag silos (20 t/bag) for 360 d. During feedout, TMR silages were evaluated for the fermentation pattern, nutritional composition and aerobic stability. The SG had a higher concentration of $\text{NH}_3\text{-N}$ (A1 fraction of N) compared to CS and CO ($P < 0.01$). On the other hand, TMR-OM presented a lower proportion of RDP compared to TMR-SG ($P < 0.01$) and higher RUP (< 0.01) compared to TMR-SG silage. Lactic acid concentration was higher for the SG and CS treatments ($P < 0.01$). Concentrations of acetic acid and 1,2-propanediol were higher for PS and lower for SG ($P < 0.01$). Ethanol concentration was lower in silages with SG or PS ($P < 0.01$). Higher LAB counts were observed for the CO silage ($P < 0.01$). Counts of *Bacillus*, molds and yeasts were lower than the detection limit ($< 2 \log \text{CFU/g}$). There was no significant difference for clostridia counts between TMR silages ($2.10 \log \text{CFU/g}$). TMR silages presented high aerobic stability, remaining stable for 10 d aeration, except the SG silage with 132 h aerobic stability. For the feeding trial, 36 Angus \times Nellore bulls ($441 \pm 6.6 \text{ kg}$ shrunk body weight and 23 months) were housed in individual pens with concrete floor, feedbunk and water trough, for 91 d (21 d for adaptation + 71 d for treatment comparison). Serum concentration of non-esterified fatty acids was lower for the CO silage compared to SG ($P = 0.01$). Serum triglyceride levels were higher for CO and PS ($P < 0.01$) and cholesterol levels were higher for SG and PS ($P = 0.01$). Animal performance results were similar between treatments ($P = 0.99$), except for DMI and marbling score, which were higher for animals receiving the TMR silage with CS ($P = 0.01$). In conclusion, all TMR silages were well fermented and showed high aerobic stability, regardless of the lipid source. All treatments led to a high performance of finishing bulls. Therefore, selection of lipid source in commercial feedlots should consider the conditions of product availability and purchase costs in each region.

Keywords: *corn oil, cottonseed, fatty acid, palm oil soap, soybean grain.*

I – INTRODUÇÃO

As rações mistas completas ou totais (TMR) são produzidas pela mistura de forragens, subprodutos, concentrados, minerais, vitaminas e aditivos. A partir dessa mistura, possibilita-se aos animais consumirem os nutrientes necessários para atender os requisitos de manutenção e produção (Schingoethe, 2017). Em razão do baixo índice de seleção no momento da ingestão dos animais, a TMR permite que o alimento tenha maior fermentação ruminal e melhor uso dos nutrientes quando comparado ao fornecimento dos ingredientes separadamente (NRC, 2001).

Embora, no Brasil, a ensilagem de TMR tenha recebido crescente atenção ao seu uso nos sistemas intensivos de produção animal, mundialmente a sua prática não é recente. Os primeiros estudos sobre silagem de TMR foram relatados na década de 1960 nos Estados Unidos (Owen e Howard, 1965). Dessa forma, a indústria de produção de ruminantes tem demonstrado interesse renovado sobre a utilização de TMR ensilada em diversos países, como Japão, China, Coreia do Sul, Vietnã, Tailândia, Indonésia, Nepal, Israel, Itália, África do Sul, Argentina e Brasil (Schmidt et al., 2017; Borreani et al., 2019).

Alguns benefícios estão associados à utilização de silagem de TMR, tais como se o produtor optar pela compra da TMR ensilada este terá redução de mão de obra especializada e da utilização de maquinários apropriados ao manejo. Outro benefício importante é a composição do alimento ser mais uniforme durante a estocagem nas condições de fazenda. Também se destaca o potencial de incorporação de subprodutos úmidos ou secos, além da elevada estabilidade aeróbia (Nishino et al., 2003; Weinberg et al., 2011; Schmidt et al., 2017). Além disso, a TMR ensilada apresenta forte potencial para ser comercializada de forma similar a outras silagens, principalmente ao se utilizar

estruturas de estocagem menores como fardos e *bag*. Dentro do contexto industrial, todos os ingredientes da TMR são comumente misturados em vagões estacionários e estocados em *big bags* com capacidade em torno de 300 a 400 kg (Xu et al., 2007) ou em fardos (Restelatto et al., 2019).

Em condições de fazenda, a silagem de TMR pode ser estocada em diferentes tipos de silo. Em situações de alimentação de pequenos rebanhos, estruturas como sacos agrícolas, tambores, *bag* e fardos são preferíveis em vez de silos trincheiras e de superfície. O intuito é reduzir possíveis problemas com a deterioração aeróbia durante a fase de desabastecimento e alimentação dos animais (Bueno et al., 2020). Dessa forma, a comercialização de silagens de TMR (contendo subprodutos/coprodutos) tem sido uma promissora oportunidade de negócios para a agroindústria. Em pequenas propriedades, a silagem de TMR também tem sido proposta como uma estratégia para melhorar a conservação de forragens úmidas (Gusmão et al., 2018).

A principal motivação para a retomada do uso de silagens de TMR está relacionada com a grande disponibilidade de resíduos úmidos coproduzidos pela agroindústria. Como exemplo, temos alguns subprodutos/coprodutos da industrialização de grãos de cereais, os quais são oriundos de cervejarias e destilarias. A soja também pode ser mencionada pela sua inclusão na indústria de biodiesel, bem como a cana-de-açúcar, algodão, amendoim, mandioca, legumes e frutas, com destaque para frutas cítricas e vinícolas e todos estes resíduos são encontrados nas mais diferentes regiões (Bueno et al., 2020).

Vale ressaltar também a importância do adensamento energético na TMR ensilada. O adensamento energético poder ser alcançado por meio do aumento do teor de concentrados nas dietas (Gesualdi Jr et al., 2000; Missio et al., 2009), o que é facilmente observado nas típicas dietas de confinamento. Com isso, a inclusão de fontes lipídicas nas dietas tem como principal objetivo aumentar a densidade energética e de fornecer ácidos graxos essenciais aos animais. Os ácidos graxos são de grande importância por participarem da composição de membranas celulares e também por exercerem função de precursores das moléculas regulatórias no organismo animal (Palmquist e Mattos, 2011).

Além disso, o processamento de grãos se constitui em outro fator importante para o aumento de energia metabolizável nas dietas, pelo processamento aumentar a digestibilidade do amido no rúmen e no trato total (Owens et al., 1997; Krehbiel et al., 2006; Pinto e Millen, 2016). A ensilagem de TMR aumenta a digestibilidade do amido dos grãos de cereais, em razão da quebra da matriz proteica que envolve os grânulos de

amido no endosperma (Hoffman et al., 2011), resultado obtido principalmente pela ação das bactérias proteolíticas durante o período de estocagem do material que foi ensilado (Junges et al., 2017). Em consequência disso, a ensilagem de TMR, incluindo grãos de cereais, aumenta a eficiência alimentar e o desempenho dos animais (Owen e Howard, 1965; Miyaji e Nonaka, 2018).

Dessa forma, destaca-se que alterações dos nutrientes ocasionadas pela ensilagem podem levar a mudanças no valor nutritivo das dietas ofertadas aos animais. Nesse contexto, pouco se sabe sobre as modificações presentes em silagens de ração completa, pela grande variação na utilização de diferentes alimentos disponíveis para serem usados na formulação da dieta.

Com isso, os objetivos deste estudo foram compreender as características fermentativas da silagem de TMR utilizando diferentes fontes lipídicas, assim como avaliar o desempenho de bovinos de corte em terminação.

II – REVISÃO DE LITERATURA

1. Confinamento de bovinos de corte no Brasil

Com o intuito de melhorar a produtividade, o sistema de confinamento de bovinos é considerado uma estratégia eficiente de manejo na fase de terminação dos animais (Sainz e Farjalla, 2009). O uso desse sistema antecipa o abate dos animais, aumenta a produtividade por área, libera áreas para outras categorias, melhora o controle da alimentação, além de melhorar a qualidade da carcaça (Medeiros, 2014).

Pela utilização dessa tecnologia, viabilizou-se a produção intensiva de carne por meio do aproveitamento da máxima eficiência biológica aliada à rápida deposição de tecido muscular e adiposo, os quais representam as variáveis capazes de determinar o sucesso desse sistema de produção animal (Arrigoni et al., 2004). A produção de bovinos em confinamento no Brasil, até o início dos anos 90, se justificava pela possibilidade de permitir o aproveitamento do diferencial de preços do boi gordo na entressafra (Burgui, 2001). Muito além das vantagens de abate de bovinos precoces, com acabamento adequado, ou de poder aproveitar subprodutos na alimentação desses animais confinados, o grande estímulo dos confinadores era o recebimento do valor de arroba de, pelo menos, 30% mais alto do que o praticado na safra.

Desde essa época, o sistema de confinamento de bovinos se tornou mais uma das ferramentas de manejo de pastagens, em razão da retirada estratégica dos animais do pasto durante a estacionalidade da produção forrageira, o que permite abater os animais mais precoces e pesados (Almeida et al., 2010). Também, essa prática foi adotada por empresas especializadas como ferramenta para a produção de carne bovina de qualidade durante o ano inteiro (Paulino et al., 2014).

O rebanho de corte nacional conta com cerca de 80% de animais zebuínos (Josahkian e Ventura, 2016), permitindo que ocorra a predominância desses animais em torno de 77,4% nos confinamentos (Oliveira e Millen., 2014). Machos não castrados

representam a categoria mais escolhida pelos confinadores brasileiros, e está presente em quase 70% dos confinamentos do país. Comumente iniciam o confinamento com peso médio de 370 kg, permanecendo confinados no mínimo 84 dias (Millen e Sarti, 2011), com ganhos médios diários de 1,50 kg (Oliveira e Millen, 2014).

Contudo, a lucratividade dos confinadores tem diminuído principalmente em função do alto custo da alimentação e, desde quando a arroba do bezerro passou a ser mais valorizada que a arroba do boi gordo, com evidências cada vez mais categóricas desde 2007 quando o ágio passou a ser inserido nas negociações (Resende et al., 2016).

Sabe-se que o retorno econômico na atividade pecuária se encontra cada vez mais restrito, forçando o sistema a buscar por maior eficiência produtiva para se manter em continuidade, frente aos desafios da cadeia produtiva (Souza, 2013). Para permanecerem na atividade, os pecuaristas se adequam a cada novo cenário que surge, produzindo em escala, com custos competitivos e oferecendo produto com qualidade diferenciada (Abrahão et al., 2005). Um dos requisitos para obter a qualidade da carne é o acabamento da carcaça. A gordura, por exemplo, atua como isolante térmico durante o resfriamento, para evitar o encurtamento das fibras musculares e o endurecimento da carne, além de prevenir o escurecimento e redução de peso, em decorrência da perda excessiva de água da carcaça (Felício, 1998).

No Brasil, grande parte dos animais abatidos ainda é machos não castrados, terminados em pastagens, com baixo nível de suplementação e idade superior a 24 meses. Neste caso, a deposição de gordura para essa categoria se torna difícil, em razão do efeito anabólico da testosterona, pois provoca aumento na hipertrofia muscular, que favorece a deposição de proteína em detrimento da deposição de gordura (Bardin e Catteral, 1981). Com isso, para que estes animais depositem gordura, a dieta deve fornecer maior aporte energético. Existem duas maneiras simples de fornecer maior aporte energético, sendo que a primeira seria aumentar o consumo de matéria seca pelo animal e a outra seria por meio do adensamento energético da dieta. Ajustar níveis elevados de consumo é mais difícil, portanto, o adensamento energético das dietas se torna a maneira mais viável para o aumento no consumo de energia resultando em melhor acabamento de carcaça.

2. Uso de ração total ensilada na alimentação de bovinos confinados

A ração completa ou *total mixed ration* (TMR) é produzida pela mistura de ingredientes volumosos e concentrados, incluindo fontes energéticas, proteicas,

subprodutos, coprodutos, minerais, vitaminas e aditivos, capazes de atender as exigências de nutrientes para manutenção e produção, assim como otimizar a saúde dos animais (Schingoethe, 2017; Daniel et al., 2019). Desde a década de 1950, a utilização desta tecnologia impactou significativamente a produtividade e a eficiência produtiva em sistemas intensivos de produção animal (Schingoethe, 2017).

Normalmente, visando obter a potencialização do consumo de nutrientes e redução do risco de deterioração aeróbia, as TMR devem ser preparadas diariamente ou várias vezes ao dia, com equipamentos apropriados e mão de obra especializada. Esse procedimento evita redução do desempenho animal, diminuição do consumo de matéria seca (CMS) e eficiência alimentar são respostas relacionadas ao processo de deterioração aeróbia em TMR (Hoffman e Ocker 1997; Wichert et al., 1998; Gerlach et al., 2013; Salvo et al., 2015). A deterioração aeróbia de ingredientes que compõem a TMR contribui também, com riscos sanitários elevados aos animais e aos produtos de origem animal, em razão das possíveis ocorrências ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos e toxinas (Driehuis et al., 2018).

Como alternativa ao preparo diário da ração, a ensilagem da TMR é altamente eficiente no manejo estratégico alimentar. Embora, nos últimos anos, sua utilização no Brasil esteja sendo explorada de forma ascendente (Schmidt et al., 2017; Bueno et al., 2020), os países asiáticos, onde se destacam Japão e Israel, possuem experiências pioneiras demonstrando vantagens na utilização desta tecnologia (Nishino et al., 2003; Nishino et al., 2007; Weinberg, et al., 2011).

Em virtude disso, alguns benefícios são destacados como primordiais pela utilização de TMR ensilada, sendo eles: a intensificação na utilização de subprodutos úmidos (ou secos) derivados das agroindústrias e o potencial de inclusão de ingredientes com baixa aceitabilidade pelos animais (Nishino et al., 2003; Nishino et al., 2004; Abdollahzadeh et al., 2010). Outro ponto importante a ser destacado é a uniformidade no fornecimento de nutrientes aos animais (Weinberg et al., 2011); a viabilidade de estocagem da ração por longos períodos, sendo utilizada conforme a demanda; a oportunidade de comercialização (quando estocada em unidades menores como em sacos pequenos e silos do tipo fardo e *bag*) (Weinberg et al., 2011; Schmidt et al., 2017).

Outro quesito de fundamental importância advindo do benefício da ensilagem de TMR é o incremento da digestibilidade de amido, a redução da emissão de metano e o aumento da eficiência alimentar em rações que contêm grãos de cereais comparativamente à TMR fresca (Cao et al., 2010; Meenongyai et al., 2017; Miyaji e

Nonaka 2018). Além disso, a ensilagem de TMR ou *partial mixed ration* (PMR) também tem sido proposta como estratégia de conservação de forragens com alta umidade (e.g., capins tropicais; Gusmão et al., 2018).

Também deve se elencar a diminuição de perdas de nutrientes em razão da maior estabilidade aeróbia no cocho quando comparada à TMR fresca ou aos alimentos conservados separadamente (ao se analisar alimentos úmidos) (Nishino et al., 2003; Nishino et al., 2007); além da possibilidade de terceirização do serviço de produção ou compra da TMR ensilada, com redução da demanda de maquinário específico, bem como de mão de obra diária, a qual pode ser voltada a outras atividades dentro da fazenda.

Apesar de todos esses benefícios, algumas desvantagens podem ocorrer na prática da ensilagem de TMR como exemplo: o risco de perdas de nutrientes inerentes aos problemas de má conservação do material (exposição aeróbia e avanço de oxigênio durante a estocagem) (Wang e Nishino, 2013). Mesmo em condições satisfatórias de conservação, o processo de fermentação em todos os ingredientes da TMR pode ocasionar problemas de degradação parcial de alguns nutrientes como proteína verdadeira e a vitamina A (Nozière et al., 2006; Liu et al., 2019; Tian et al., 2020).

Durante o processo fermentativo da silagem ocorrem diversas mudanças relacionadas aos nutrientes presentes na massa ensilada. Contudo, pouco se sabe sobre as modificações existentes em silagens de ração completa, pelo grande conjunto de variações possíveis quanto à utilização dos diferentes alimentos disponíveis para serem utilizados na dieta. Nesse contexto, as alterações das fontes lipídicas presentes na TMR ensilada são pouco conhecidas.

De maneira geral, o ácido linolênico (C18:3 n-3) é a principal fonte de ácidos graxos em forragens, enquanto os cereais e oleaginosas são ricos em ácido linoleico (C18:2 n-6). Além desses, os ácidos palmíticos (C16:0), esteárico (C18:0) e oleico (C18:1) também são representativos em forragens e concentrados (Alves et al., 2011; Liu et al., 2018; Liu et al., 2019).

Geralmente, os lipídios não são utilizados como fonte de energia durante a fermentação de silagens (Mackie et al., 1991; Nelson e Cox, 2008) e em razão da ausência de oxigênio em silos bem vedados ocorre a produção em excesso de equivalente redutores (NADH), limitando o uso de moléculas reduzidas para geração de energia (Nelson e Cox, 2015). Portanto, silagens bem conservadas podem apresentar conteúdo semelhante de gordura total, quando comparadas ao material fresco (Alves et al., 2011; Liu et al., 2019; Lazzari et al., 2021). Contudo, mudanças nas proporções de ácidos graxos foram

observadas em alguns trabalhos com silagens de aveia e alfafa, em que foram observadas proporções mais altas de ácidos graxos livres do material conservado, quando comparadas ao material fresco da colheita (Liu et al., 2018; Liu et al., 2019).

Os ácidos graxos polinsaturados aparentemente possuem maior fragilidade à ação de lipases e lipoxigenases vegetais e microbianas, em especial os ácidos linoleico e linolênico (Feussner e Wasternack, 2002; Senger et al., 2004). E ao se observar a degradação de ácidos graxos que ocorre principalmente nas fases iniciais da ensilagem, em que as condições de temperatura, pH e, principalmente, a presença de oxigênio possibilitam a ação destas enzimas (Gadge et al., 2011; Malekian e Rao, 2000).

Antes de tudo, as lipases exercem a quebra dos triglicerídeos que liberam glicerol e ácidos graxos livres os quais podem posteriormente ser transformados em ésteres e cetonas pela ação das lipoxigenases (Feussner e Wasternack, 2002; Senger et al., 2004). Como principais modificações deste processo, ocorre aumento da proporção de ácidos graxos não esterificados (ácidos graxos livres) na silagem comparado ao alimento fresco. Entretanto, Lazzari et al. (2021) não observaram alterações no perfil de ácidos graxos, onde possivelmente foram atingidas as condições ótimas para inibição da degradação de lipídios no processo fermentativo da silagem de TMR.

3. Metabolismo de lipídeos em ruminantes

Os lipídeos não geram calor de fermentação ruminal pelo processo catabólico ser pouco expressivo no rúmen, havendo a inexistência de oxidação dos ácidos graxos (AG) no ambiente ruminal (Palmquist e Jenkins, 1980). Apesar de não utilizarem lipídeos como fonte de energia, as bactérias sintetizam AG a partir da utilização de acetato nos processos bioquímicos da *síntese de novo* ou incorporam os AG resultantes da dieta (Jenkins, 1993).

As fontes lipídicas nas forragens e grãos utilizados em dietas de ruminantes estão na forma de triglicerídeos com perfil de AG majoritariamente insaturados, os quais sofrem alterações em suas estruturas pelos microrganismos ruminais (Jensen et al., 2002). Os processos imprescindíveis que ocorrem são a hidrólise e bio-hidrogenação dos AG insaturados.

A quebra que ocorre na ligação éster existente entre ácidos graxos e glicerol é denominada de lipólise, que acarreta como consequência a formação de ácidos graxos livres e glicerol (Jenkins, 2008). O glicerol resultante desta ruptura pode ser metabolizado pelos microrganismos ruminais para produção de ácidos graxos voláteis (Nagajara et al., 1997). A lipólise acontece no meio extracelular por enzimas bacterianas lipolíticas

(Chilliard, 1993) e sua extensão em geral é alta, acima de 85% (Doreau e Ferlay, 1994) entretanto, pode ser reduzida em condições de baixo pH ruminal e aumento do teor e ponto de fusão da gordura suplementar (Beam et al., 2000).

Os ácidos graxos livres resultantes da lipólise microbiana podem exercer efeitos antimicrobianos no ambiente ruminal (Palmquist e Jenkins, 1980) e para reduzir os efeitos tóxicos, os microrganismos ruminais realizam a bio-hidrogenação em que é obtido o ácido esteárico (C18:0) ao término das reações (Jenkins, 2008).

A finalidade da bio-hidrogenação objetiva reduzir os efeitos tóxicos dos AG insaturados nas bactérias. Dentre os grupos de microrganismos presentes no ambiente ruminal as bactérias Gram positivas, metanogênicas e protozoários são as mais suscetíveis a efeitos danosos dos ácidos graxos (Palmquist e Mattos, 2011).

A toxicidade está relacionada à natureza anfipática dos ácidos graxos, sendo os solúveis em água os que causam a toxidade (Jenkins et al., 2008). O processo de bio-hidrogenação se torna responsável pelo aumento na produção de AG saturados que chega ao duodeno dos ruminantes e pela síntese ruminal de ácido linoleico conjugado (CLA) e de ácido vacênico. Estes são incorporados à carne e ao leite. Quando se tem aumento na suplementação de AG insaturados tem como consequência também maior absorção no intestino delgado, promovida pela maior taxa de passagem, alterando o perfil lipídico da carne.

Como já mencionado, a lipólise ocorre antes da bio-hidrogenação, sendo ela a responsável pela hidrólise realizada pelas lipases microbianas ruminais para a liberação dos AG constituintes (Chalupa e Kutches, 1968; Jenkins, 1993). No ambiente ruminal, as bactérias são divididas em dois grupos e estão associadas ao tipo de reação da bio-hidrogenação e aos produtos que são liberados no final das reações. O primeiro grupo é formado por bactérias que hidrogenam o ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12) em C18:1 *trans*-11 (ácido elaídico). O segundo grupo consiste em bactérias que realizam a transformação utilizando o C18:1 *trans*-11, sendo o principal substrato utilizado e obtendo como produto o ácido esteárico (C18:0) (Arrigoni et al., 2016).

Em sequência, a primeira modificação que ocorre pelos microrganismos na bio-hidrogenação é a reação de isomerização em que a dupla ligação com configuração *cis* é transformada em *trans*. Porém, isso não seria possível de acontecer se o AG estiver ligado com um grupo carboxila como é o caso das gorduras protegidas da degradação ruminal (Arrigoni et al., 2016). Vários isômeros de CLA são formados a partir do ácido linoleico, sendo caracterizado pela presença de duplas ligações com configurações *cis* (C18:2 *cis*-

9, *cis*-12) e, por meio da ação da isomerase, o resultado final alcançado é a produção de C18: 2 *cis*-9 *trans*-11. Os AG monoinsaturados C18:1 *trans*-11 e ácido esteárico são produzidos pela ação das redutases dentro do processo de continuidade da bio-hidrogenação (NASEM, 2016; Arrigoni et al., 2016).

O CLA ao longo dos anos foi investigado pelos seus efeitos benéficos nos animais e seres humanos na prevenção de câncer, redução de aterosclerose, melhoria da resposta imune e de contribuir para modificações do metabolismo proteico e energético (Berlury, 2002; Pariza, 2004; Palmquist et al., 2005).

O C18:2 *cis*-9 *trans*-11 está presente majoritariamente em produtos de animais ruminantes quando comparado com animais não ruminantes. Isso ocorre pela necessidade da ação das bactérias ruminais sobre o ácido linoleico (C18:2 *cis*-9 *trans*-12) no qual o CLA é considerado o principal isômero (Pariza, 2004), além disso o ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) que também é um intermediário da bio-hidrogenação dos ácidos linoleico e linolênico, serve de substrato para a formação de CLA no tecido adiposo animal pela ação da esteroil CoA dessaturase (SCD1) (Griinari et al., 2000).

A suplementação lipídica da dieta de animais ruminantes com ácidos graxos polinsaturados (AGPI), obtida de ingredientes como óleos *in natura* ou sementes de oleaginosas, pode aumentar a passagem destes para o intestino delgado, acarretando maior absorção e alteração do perfil de ácidos graxos da carne de ruminantes (Pavan e Duckett, 2007; Herdmann et al., 2010; Oliveira et al., 2011).

4. Terminação de bovinos de corte em confinamento com a utilização de fontes lipídicas

4.1. Incremento energético em dietas para ruminantes

Comumente no Brasil, as concentrações energéticas das dietas de confinamento variam de 2,5 a 2,7 Mcal EM/kg de MS em consequência da alta proporção de volumoso, baixo processamento dos grãos e baixo teor de extrato etéreo (EE) (Almeida et al., 2010). Ao se comparar as dietas norte-americanas, nota-se que os confinamentos adotam densidades calóricas que variam entre 2,70 a 3,45 Mcal EM/kg de MS (Krehbiel et al., 2006). Os confinamentos brasileiros ainda têm por principal característica maiores proporções de volumosos nas dietas, onde normalmente representam por volta de 10 a 30% da MS (Millen, 2014), enquanto que as dietas norte-americanas giram em torno de 8 a 9% da MS (Hales et al., 2013).

Uma das formas de aumentar a densidade energética seria por meio do aumento do teor de concentrados das dietas (Gesualdi Jr et al., 2000; Missio et al., 2009). No Brasil, a inclusão de grãos nas dietas de animais confinados varia entre 51 a 65% da MS (Oliveira e Millen, 2014). Por outro lado, nota-se que alguns nutricionistas brasileiros adotam a utilização de grãos na dieta acima de 66% da MS (Pinto e Millen, 2018) enquanto que os norte-americanos utilizam acima de 78% da MS (Samuelson et al. 2016). Outro fator associado ao aumento da densidade energética da dieta é o processamento dos grãos. Os grãos são constituintes imprescindíveis das dietas para os animais confinados, e devem ser processados para aumentar a digestibilidade do amido no rúmen e no trato total, além da concentração de EM da dieta (Owens et al., 1997; Krehbiel et al., 2006; Pinto e Millen, 2016; Pinto e Millen, 2018). O objetivo do processamento de grãos para a alimentação animal visa melhorar o aproveitamento dos nutrientes (Orskov, 1986). Os métodos de processamento podem ser secos ou úmidos. Dessa forma, os exemplos mais comuns de processamento a seco são: quebrar, moer, tostar e peletizar. Enquanto que ensilar os grãos com alta umidade, flocular, explosão e cozimento sob pressão são exemplos de processamentos úmidos conforme a classificação de Hale (1973). No Brasil, o principal processamento empregado é quebra e a moagem dos grãos, presente em 94% dos confinamentos e 6% dos confinamentos fazem uso da floculação e silagem de grão úmido (Oliveira e Millen, 2014).

4.2. Utilização de fontes lipídicas para terminação de bovinos de corte em confinamento

A inclusão de fontes lipídicas nas dietas tem como principal objetivo aumentar a densidade energética, além de fornecer ácidos graxos essenciais aos animais, fontes essas que possuem extrema importância na composição das membranas celulares e também por atuarem como precursores das moléculas regulatórias no organismo (Palmquist e Mattos, 2011).

Com o intuito de aumentar a densidade energética, a suplementação com lipídios é uma estratégia nutricional eficiente que pode ser adotada na engorda de bovinos de corte, resultando na obtenção satisfatória de desempenho dos animais (Valinote et al., 2005; Bassi et al., 2012). Para bovinos da raça Nelore, os teores recomendados de EE variam entre 4 a 6% (Messana et al., 2013). Teores acima de 7% de EE na MS causam danos para a fermentação ruminal (Sullivan et al., 2004; Kozloski, 2011). Nos confinamentos no Brasil, o teor máximo observado de EE nas dietas é de 6,6% (Pinto e Millen, 2016),

menor do que o praticado nos confinamentos norte-americanos com valor de 7,6% de EE (Vasconcelos e Galyean, 2007).

As principais fontes de óleos de origem vegetal que são utilizadas nas dietas dos animais são os de milho, girassol, soja, canola e caroço de algodão (Millen et al., 2009). O caroço de algodão se destaca em grande parte das dietas de ruminantes, pela sua flexibilidade na formulação, uma vez que fornece gordura, proteína e fibra efetiva (Cranston et al., 2006), o mesmo é atualmente no Brasil a fonte lipídica mais utilizada para bovinos em terminação (Pinto e Millen, 2018).

A soja, por sua vez, é outra oleaginosa que se destaca no país em razão de sua grande disponibilidade, e por efeito de sua composição nutricional, de modo que possui, aproximadamente, 39% de PB, 19,8% de EE e 84,5% de NDT na MS (Valadares Filho et al., 2006). Com isso, o grão de soja pode ser incluído nas dietas para bovinos em terminação com a finalidade de substituição total ou parcial das fontes proteicas comumente usadas, assim como de aumentar o teor de gordura e a densidade energética das dietas (Lazzari et al., 2021).

A suplementação da dieta com lipídios pode afetar a fermentação ruminal. Os efeitos da gordura sobre a fermentação ruminal diferem entre fontes e níveis de suplementação e são bastante variáveis em razão da complexidade dos fatores que influenciam nas respostas. A variabilidade dos efeitos das fontes lipídicas sobre a fermentação influencia o grau de instauração dos ácidos graxos, uma vez que ácidos graxos insaturados exercem níveis de inibição maior sobre os microrganismos ruminais em comparação aos ácidos graxos saturados (Palmquist e Jenkins, 1980).

Pelo fato de os ácidos graxos insaturados serem tóxicos aos microrganismos do ambiente ruminal, estes desenvolveram um sistema de autodefesa denominado de bio-hidrogenação. Nesse processo, as bactérias ruminais transportam hidrogênio para as duplas ligações, modificando ácidos graxos insaturados em saturados, que são menos tóxicos para a microbiota ruminal (Palmquist e Mattos, 2011).

Embora a bio-hidrogenação seja eficiente pelos microrganismos, altas inclusões de gordura na dieta podem alterar os parâmetros de fermentação ruminal, dificultando a degradação ruminal e digestibilidade de outros ingredientes da dieta. As concentrações elevadas de gordura (acima de 7% MS) (Sullivan et al., 2004; Millen et al., 2009; Oliveira e Millen, 2014; Pinto e Millen, 2018) na dieta podem reduzir a taxa e a duração da digestão (Plascencia et al., 2003).

A limitação da digestibilidade da fração fibrosa dos alimentos acarretada pela gordura pode limitar o consumo de MS, em razão do maior tempo de retenção da fração fibrosa no rúmen e, em consequência, da menor taxa de passagem no trato gastrintestinal. Com isso, a redução da digestibilidade da fibra pode ser seguida pela redução da digestibilidade de outros nutrientes, resultando no comprometimento do valor energético da dieta (Zinn et al., 1994). Tendo em vista esses problemas, podem ter relevância direta em sistemas que utilizam dietas com alta inclusão de forragem, como é o caso do Brasil, comparado ao padrão das dietas norte-americanas na terminação de bovinos confinados (Pinto e Millen, 2018).

As reduções no consumo de MS de bovinos confinados na fase de terminação são corriqueiras com o aumento do teor de gordura das dietas, em razão do aumento da energia líquida (Zinn e Shen, 1996; Ramirez; Zinn, 2000; Shah et al., 2006). Apesar disso, o aumento de energia da dieta está associado ao aumento do ganho médio diário (GMD) e na eficiência alimentar dos animais (Zinn, 1988, 1989; Bock et al., 1991) ou apenas na eficiência (Krehbiel et al., 1995; Zinn e Shen, 1996; Ramirez e Zinn, 2000). Em suma, a eficiência alimentar é potencializada quando o teor de extrato etéreo na dieta corresponde de 6 a 7% da MS, acima deste nível a eficiência alimentar diminui (Krehbiel et al., 2006).

Diante do exposto, sobre diferentes fontes lipídicas e suas consequências no metabolismo ruminal, surgiu a necessidade de tecnologias que possam contornar alguns problemas decorrentes de excesso de gordura no ambiente ruminal. A partir disso, a gordura protegida foi desenvolvida. A adição de sais de cálcio reduz os efeitos negativos sobre a atividade ruminal.

Conceitualmente, a gordura protegida passa pelo rúmen de forma inerte, sendo dissociada de forma mínima dentro do rúmen e não prejudicando a atividade microbiana ruminal (Palmquist e Mattos, 2011). Entretanto, deve-se ter cuidado, uma vez que a proteção dos sais de cálcio é parcial, variando em torno de 77% (Klusmeyer e Clark, 1991). Além disso, podem ocorrer variações de acordo com a composição dos ácidos graxos (Sukhija e Palmquist, 1990).

Os sabões de cálcio são obtidos a partir de ácidos graxos de cadeia longa que se tornam livres ao serem submetidos ao processo de cisão dos triglicerídeos de óleos vegetais. Tais ácidos graxos reagem com sais de cálcio e ficam unidos na forma de sal, que são comumente denominados de sabão de cálcio. Esses sabões de cálcio são digeridos somente no organismo animal em meio ácido. Em razão de o rúmen possuir pH ligeiramente ácido próximo de 6,2 faz com que a gordura protegida permaneça inalterada.

Ao chegar no abomaso, em decorrência do meio ser extremamente ácido com pH por volta de 2 a 3, ocorre o desdobramento do sabão de cálcio, ocasionando a liberação dos ácidos graxos e íons de cálcio diretamente no intestino (Church e Dwight, 2002).

Neste contexto, surge um novo nicho de utilização com diferentes fontes lipídicas que podem ser adicionadas em dietas completas ensiladas, visando o alto desempenho dos animais confinados, no entanto, requer estudos mais avançados para compreensão das possíveis modificações dos nutrientes em interação com as gorduras.

Este interesse ficou evidenciado a partir do estudo de Lazzari et al. (2021) que avaliaram fontes proteicas e a suplementação lipídica e as respostas foram promissoras com o uso do grão de soja laminado. A maneira simples de fornecer maior aporte energético para animais em terminação é por meio do aumento de consumo de matéria seca (CMS) e outra por meio do adensamento energético da dieta. Contudo, de forma mais simplificada, o adensamento energético poder ser alcançado com a elevação do teor de concentrados nas dietas (Gesualdi Jr et al., 2000; Missio et al., 2009).

Portanto, a inclusão de fontes lipídicas nas dietas tem como principal objetivo aumentar a densidade energética. Além disso, os ácidos graxos são relevantes por participarem da composição de membranas celulares e por exercerem função de precursores das moléculas regulatórias no organismo animal (Palmquist e Mattos, 2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, T. H., Walzem, R. L., Smith, D. R., Tseng, S. and Smith, S. B. 2010. Hamburger high in total, saturated and trans-fatty acids decrease HDL cholesterol and LDL particle diameter, and increases TAG, in mildly hypercholesterolaemic men. *British Journal of Nutrition*. 103:91-98.
- Aferri, G., Leme, P. R., Silva, S. L., Putrino, S. M. and Perreira, A. S. C. 2005. Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *Rev. Bras. Zootec.* 34:1651-1658.
- ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. 2015. 1st ed. Instituto FNP e Agro FNP Pesquisas Ltda, São Paulo, Brasil. 18
- Baum, S. J.; Kris-Etherton, P. M.; Willett, W. C.; Lichtenstein, A. H.; Rudel, L. L.; Maki, K. C.; Whelan, J.; Ramsden, C. E. and Block, R. C. 2012. Fatty acids in cardiovascular health and disease: A comprehensive update. *Jour. Clinic. Lipidology*. 6:216–234.
- Bauman, D. E. and Lock, A. L. 2006. Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. In: *Tri-State Dairy Nutrition Conference*. West Lafayette, Cornell University, Proceedings...14 p.
- Beam, T. M., Jenkins, T. C.; Moate, P. J.; Kohn, R. A.; Palmquist, D. L. 2000. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. *Journ. Dairy Scie.* 83:11-19.
- Binnie, M. A.; Barlowb, K.; Johnson, V.; Harrison, C. 2014. Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice. *Meat Science*. 98:445–451.
- Bosa, R.; Faturi, C.; Vasconcelos, H.G.R.; Cardoso, A.M.; Ramos, A.F.O. and Azevedo, J.C. 2012. Consumo e digestibilidade aparente de dietas com diferentes níveis de inclusão de torta de coco para alimentação de ovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 34:57-62.
- Cervieri, R. 2005. Confinamento e produção de carne em escala. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/sistemas-de-producao/confinamento-e-producao-de-carne-em-escala-26382/>>.

- Choi, S. H., Park, S. K.; Johnson, B. J.; Chung, K. Y.; Choi, C. W.; Kim, K. H.; Kim, W. Y. and Smith, S. B. 2015. *AMPK α , C/EBP β , CPT1 β , GPR43, PPAR, and SCD* gene expression in single and co-cultured bovine satellite cells and intramuscular preadipocytes treated with palmitic, stearic, oleic, and linoleic acid. *Asian Australasian Journal of Animal Science*. 28:411-419.
- Choi, S. H.; Gang, G. O.; Sawyer, J. E.; Johnson, B. J.; Kim, K. H.; Choi, C. W. and Smith, S. B. 2013. Fatty acid biosynthesis and lipogenic enzyme activities in subcutaneous adipose tissue of feedlot steers fed supplementary palm oil or soybean oil. *Journal of Animal Science*. 91:2091-2098.
- Clarke, S. D. and Jump, D. B. 1993. Regulation of gene transcription by polyunsaturated fatty acids. *Progress on Lipids Research*. 32:39-149.
- Coppock, C.E.; Wilks, D.L. 1971. Supplemental fat in highenergy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *Journal Animal Science*. 69:3826-3837.
- Costa, E. C.; Restle, J.; Vaz, F. N.; Alves Filho, D. C.; Bernardes, R. A. L. C. and Kuss, F. 2002. Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoces abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31:119-128.
- Daley, C. A.; Abbott, A.; Doyle, P. S.; Nader, G. A. and Larson, S. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*. 9:10.
- Davidson, M. H.; Hunninghake, D.; Maki, K. C.; Kwiterovich, P. O., JR. and Kafonek, S. 1999. Comparison of the effects of lean red meat vs lean white meat on serum lipid levels among free-living persons with hypercholesterolemia: A long-term, randomized clinical trial. *Archives of Internal Medicine*. 159:1331–1338.
- Doreau, M. and Chilliard, Y. 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition*. 78:15-35.
- Felton, E. E. D. and Kerley, M. S. 2004. Performance and carcass quality of steers fed different sources of dietary fat. *Journal of Animal Science*, Champaign. 82:1794-1805.
- Fiorentini, G.; Carvalho, I. P. C.; Messana, J. D.; Castagnino, P. S.; Berndt, A.; Canesin, R. C.; Frighetto, R. T. S.; Berchielli, T. T. 2014. Effect of lipid sources with different

fatty acid profiles on the intake, performance, and methane emissions of feedlot Nellore steers. *Journal of Animal Science*. 92:1613–1620.

Fiorentini, G.; Messana, J. D.; Diana, P. H. M.; Reisa, R. A.; Canesina, R. C.; Piresb, A.V.; Berchielli, T. T. 2013. Digestibility, fermentation and rumen microbiota of crossbred heifers fed diets with different soybean oil availabilities in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*. 181:26– 34.

Fiorentini, G.; Santana, M. C. A.; Sampaio, A. A. M.; Reis, R. A.; Ribeiro, A. F.; Berchielli, T. T. 2012. Intake and performance of confined crossbred heifers fed different lipid sources. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41:1490-1498.

Flock, M. R.; Fleming, J. A.; Kris-Etherton, P. M. 2014. Macronutrient replacement options for saturated fat: Effects on cardiovascular health. *Current Opinion in Lipidology*. 25:67–74.

French, P.; O’Riordan, E. G.; Monahan, F. J.; Caffreyb, P. J. and Moloneya, A. P. 2003. Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. *Livestock Production Science*. 81:307–317.

French, P.; Stanton, C.; Lawless, F.; O’Riordan, E. G.; Monahan, F. J.; Caffrey, P. J.; Moloney, A. P. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*. 78:2849–2855.

Galyean, M. L. and Defoor, P. J. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 81:8-16.

Harfoot, C. G. and Hazlewood, G. P. 1997. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, P. N.; Stewart, C. S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*. London, UK: Chapman and Hall. 382-426.

Hegsted, D. M.; McGandy, R. B.; Myers, M. L.; Stare, F. J. 1965. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 17:281-295.

Herdmann, A. et al. 2010. Effect of dietary fatty acids on expression of lipogenic enzymes and fatty acid profile in tissues of bulls. *Animal*, Cambridge, v. 4, n. 5, 755-762.

- Hess, B. W.; Moss, G. E. and Rule, D. C. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science*. 86:188-204.
- Hoffman, L. C.; Joubert, M.; T. S. Brand, T. S. and Manley, M. 2005. The effect of dietary fish oil rich in n _ 3 fatty acids on the organoleptic, fatty acid and physicochemical characteristics of ostrich meat. *Meat Science*. 70:45–53.
- Hristov, A. N.; Oh, J.; Firkins, J. L.; Dijkstra, J.; Kebreab, E.; Waghorn, G.; Makkar, H. P. S.; Adesogan, A. T.; Yang, W.; Lee, C.; Gerber, P. J.; Henderson, B.; Tricarico, J. M. 2013. SPECIAL TOPICS - Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*. 91:5045-5069.
- Hunter, B. J.; Roberts, D. C. K. 2000. Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. *Nutrition Research*. 20:1047-1058.
- Jenkins, T. C. 1993. Lipid metabolism in the rumen: advances in ruminant lipid metabolism. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3851-3863.
- Jenkins, T. C. 2008. Board-invited review: recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen. microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 86, n. 2, p. 397-412.
- Jenkins, T. C. and Adams, C. S. 2002. The biohydrogenation of linoleamide in vitro and its effects on linoleic acid concentration in duodenal contents of sheep. *Journal of Animal Science*. 80:533–540.
- Jenkins, T. C. and Jenny, B. F. 1992. Nutrient digestion and lactation performance of dairy cows fed combinations of prilled fat and canola oil. *Journal of Dairy Science*. 75:796- 803.
- John, S. T.; Lunt, L. C. D. K., and Smith, S. B. 1991. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. *Journal of Animal Science*. 69:1064-1073.
- Jump, D. B. 2002. Dietary polyunsaturated fatty acids and regulation of gene transcription. *Current Opinion in Lipidology*. 2:155-164.

- Junges, D., G. Morais, M. H. F. Spoto, P. S. Santos, A. T. Adesogan, L. G. Nussio, and J. L. P. Daniel. 2017. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *J. Dairy Sci.* 100:9048-9051. doi:10.3168/jds.2017-12943.
- Kazama, R.; Zeoula, L. M.; Prado I. N.; Silva, D. C.; Ducatti, T. and Matsushita, M. 2008. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 37:350-357.
- Ladeira, M. M.; Machado Neto, O. R.; Santarosa, L. C.; Chizzotti, M. L.; Oliveira, D. M.; Carvalho, J. R. R.; Alves, M. C. L. 2014a. Desempenho, características de carcaça e expressão de genes em tourinhos alimentados com lipídeos e monensina. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* 49:728-736.
- Ladeira, M. M.; Santarosa, L. C.; Chizzotti, M.L.; Ramos, E. M.; Machado Neto, O. R.; Oliveira, D. M.; Carvalho, J. R. R.; Lopes, L. S.; Ribeiro, J. S. 2014b. Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monensin. *Meat Science.* 96:597–605.
- Lehninger, A.L.; Nelson, D.L.; Cox, M. M. 2005. *Princípios de bioquímica.* 4. ed. São Paulo, p. 1119.
- Leme, P.R. 2003. Terminação de novilhos Nelore com dietas com milho grão úmido e sais cálcicos de ácidos graxos: desempenho e perfil de ácidos graxos. 35p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- Lima, F. E. L.; Menezes, T. N.; Tavares, M. P.; Szarfarc, S. C.; Fisberg, R. M. 2000. Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão. *Revista de Nutrição.* 13:73-80.
- Lough, D. S.; Solomon, M. B.; Rumsey, T. S.; Kahl, S.; Slyter, L. L. 1994. The effects of high-forage diets with added palm oil on performance, plasma lipids, and carcass characteristics of ram lambs with initially high or low plasma cholesterol. *Journal Animal Science.* 72:330–336.
- Maki, K. C.; Van Elswyk, M. E.; Alexander, D. D.; Rains, T. M.; Sohn, E. L.; McNeill, S. 2012. Ameta-analysis of randomized controlled trials that compare the lipid effects

- of beef versus poultry and/or fish consumption. *Journal of Clinical Lipidology*. 6:352–361.
- Martins, M. T.; Machado, A. L.; Lamah, M. O.; Maricato, E. 2008. Pesquisa de mercado: hábitos de consumo e perfil do consumidor de carne bovina em Juiz de Fora (MG). *Revista Nacional da Carne*. 371;18-30.
- Mcneill, S. 2014. Inclusion of red meat in healthful dietary patterns. *Meat Science*. 98:452–460.
- Miyaji, M., and Nonaka, K. 2018. Effects of altering total mixed ration conservation method when feeding dry-rolled versus steam-flaked hulled rice on lactation and digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101: 5092-5101.
- Morais, J. A. S.; Berchielli, T. T.; Reis, R. A. Aditivos. 2011. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (2Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, p.565-597.
- Nagaraja, T.G.; Newbold, C. J; Ven Nevel, C. J; Demeyer , D. I. 1997. Manipulation of ruminal fermentation. Pages 523–632 In: *The Rumen Microbial Ecosystem*, P. N. Hubson and C. S. Stewart, ed. Blackie Acad. and Prof., an imprint of Chapman and Hall, London, UK.
- Nelson, D. L. and Cox, M. M. 2015. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 6 th rev. ed. W. H. Freeman & Co, New York, NY.
- Nelson, M. L.; Marks, D. J.; Busboom, J. R.; Cronrath, J. D.; Falen L. 2004. Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed barleypotato product finishing diets: I. Feedlot performance, carcass traits, appearance, water binding, retail storage, and palatability attributes. *Journal of Animal Science*. 82:3600–3610.
- NRC. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Oliveira, D. M. 2013. *Expressão de genes envolvidos no metabolismo lipídico no músculo de bovinos de corte alimentados com fontes de lipídeos*. 145p. Tese – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

- Oliveira, D. M. et al. 2011. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from zebu steers fed with different oilseeds. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 89, n. 8, p. 2546-2555.
- Owens, F.; Zinn, R. A. 2005. Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. *Proc. Southwest Nutr. Conf.* p.86-112.
- Pacheco, R. D. L.; Johnson, B. J.; Siqueira, G. R.; Cervieri, R. C.; Carvalho, J. C. F; Burim, M. R.; Bastos, J. P. S. T. 2016. Uso de Gordura Protegida em Bovinos de Corte. In *Simpósio de Nutrição de Bovinos, Dracena. Anais...* Dracena, São Paulo, Brasil.
- Palmquist, D.L.; Mattos, W.R.S. 2011. Metabolismo de lipídeos. In: *Nutrição de Ruminantes*. 1. ed. Jaboticabal: Telma Teresinha Berchielli, Alexandre Vaz Pires e Simone Gisele de Oliveira, 2006. cap. 10, p. 287-310.
- Palmquist, D. L.; Jenkins, T.C. 1980. Fat in lactation rations. *Journal of Dairy Science*. 63:1-14.
- Partida, J. A., Olleta, J. L.; Sanudo, C.; Alberti, P.; Campo, M.M. 2007. Fatty acid composition and sensory traits of beef fed palm oil supplements. *Meat Science*. 76:444-454.
- Paulino, M. F., Detmann, E., Silva, A. G., Almeida, D. M., Márquez, D. E. C., Moreno, D. P. S., Moura, F. H., Cardenas, J. E. G.; Lima, J. A. C., Martins, L. S., Manso, M. R., Ortega, R. E. M., Lopes, S. A.; Carvalho, V. V. 2014. Bovinocultura otimizada. In: *Sebastião de Campos Valadares Filho et al.. (Org.). Simpósio de Produção de Gado de Corte (IX Simcorte)*. 1ed. Viçosa/MG: UFV. 1:140-212.
- Putrino, S. M., Leme, P. R., Silva, S. L., Alleoni, G. F., Lanna, D. P. D., Grossklaus, C. 2006. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de novilhos Nelore alimentados com dietas contendo grão de milho úmido e gordura protegida. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35:301-308.
- Resende, F. D., Pazdiora, R. D., Faria, M. H., Siqueira, G. R., Sampaio, R. L., Custódio, L. 2011. Peso e rendimento de cortes comerciais de tourinhos Nelore abatidos em diferentes pesos corporais. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 48, Belém. Anais... SBZ:Belém.

- Resende, F. D., Queiroz, A. C., Oliveira, J. V., Pereira, J. C., Mâncio, A. B. 2001. Bovinos mestiços alimentados com diferentes proporções de volumoso:concentrado. 1. Digestibilidade aparente dos nutrientes, ganho de peso e conversão alimentar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa. 30:261-269.
- Rosa, B. L.; Sampaio, A. A. M.; Henrique, W., Oliveira, E. A., Pivaro, T. M., Andrade, A. T., Fernandes, A. R. M. 2013. Performance and carcass characteristics of Nellore young bulls fed different sources of oils, protected or not from rumen degradation. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 42:109-116.
- Roussell, M. A., Hill, A. M., Gaugler, T. L., West, S. G., Vanden Heuvel, J. P., Alaupovic, P., Gillies, P. J., Kris-Etherton, P. M. 2012. Beef in an optimal lean diet study: Effects on lipids, lipoproteins, and apolipoproteins. *American Journal of Clinical Nutrition*. 95:9–16.
- Scollan, N., Hocquette J. F., Nuernberg, K.; Dannenberger, D., Richardso, I., Moloney, A. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*. 74:17–33.
- Silva, R. M., Restle, J., Missio, R. L., Lage, M. E., Pacheco, P. S.; Bilego, U. O., Pádua, J. T., Fausto, D. A. 2014. Perfil de ácidos graxos da carne de novilhos europeus e zebuínos alimentados com milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 49:63-70.
- Silva, S. L.; Leme, P. P., Putrino, S. M.; Valinote, A. C., Nogueira Filho, J. C. M., Lanna, D. P. D. 2007. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36:1426-1434.
- Sinclair, A. K. 1993. Dietary fat and cardiovascular disease: the significance of recent developments for the food industry. *Council of Australian food technology Associations*. 45:226-231.
- Siri-Tarino, P. W., Sun, Q.; Hu, F. B., Krauss, R. M. 2010a. Meta-analysis of prospective cohort studies evaluating the association of saturated fat with cardiovascular disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 91:535–546.
- Siri-Tarino, P. W., Sun, Q., Hu, F. B., Krauss, R. M. 2010b. Saturated fatty acids and risk of coronary heart disease: Modulation by replacement nutrients. *Current Atherosclerosis Reports*. 12:384–390.

- Solomon, M. B., Lynch, G. P., Lough, D. S. 1992. Influence of dietary palm oil supplementation on serum lipid metabolites, carcass characteristics, and lipid composition of carcass tissues of growing ram and ewe lambs. *Journal of Animal Science*. 70:2746–2751.
- Theurer, C. B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*. 63:1649-1662.
- Valadares Filho, S. C., Pina, D. S. 2011. Fermentação Ruminal. In: Berchielli, T. T., Pires, A. V., Oliveira, S. G. (2Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 161-191.
- Van Nevel, C., Demeyer, D. I. 1995. Lipolysis and biohydrogenation of soybean oil in the rumen in vitro: Inhibition by antimicrobials. *Journal of Dairy Science*. 78:2797–2806.
- Visentainer, J. V., Hayashi, C., Galdioli, E. M., Franco, M. R. B. 2000. XII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, CE, p.5221.
- Wanapat, M., C. Mapato, R. Pilajun, and W. Toburan. 2011. Effects of vegetable oil supplementation on feed intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristic of growing swamp buffaloes. *Livestock Science*. 135:32-37.
- Waters, S. M., Kelly, J. P., O'boyle, P.; Moloney, A. P.; Kenny, D. A. 2009. Effect of level and duration of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on the transcriptional regulation of Delta 9-desaturase in muscle of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 87:244–252.
- Westerling, D. B., Hedrick H. B. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *Journal of Animal Science*. 48:1343-1348.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I.; Hughes, S. I., Whittington, F. M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*. 78:343–358.
- Wood. J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R.; Fisher, A. V.; Campo, M. M.; Kasapidou, E.; Sheard, P. R.; Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*. 66:21–32.

- Wyness, L., Weichselbaum, E., O'connor, A., Williams, E. B., Benelam, B., Riley, H.; Stanner, S. 2011. Red meat in the diet: An update. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin. 36:34–77.
- Yahaya, M., A. Kimura, J. Harai, H. Nguyen, M. Kawai, J. Takahashi, and S. Matsuoka. 2001. Evaluation of structural carbohydrates losses and digestibility in alfalfa and orchardgrass during ensiling 1. Asian-Austral. J. Anim. Sci. 14:1701-1704.
- Abdollahzadeh, F., Pirmohammadi, R., Farhoomand, P., Fatehi, F., and Pazhoh, F. F. 2010. The effect of ensiled mixed tomato and apple pomace on Holstein dairy cow. Italian J. Animal Sci. 9: e41.
- Abrahão, J. J. S., Prado. I. N., Perotto. D. and Moletta, J. L. 2005. Características de carcaças e da carne de tourinhos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição do milho por resíduo úmido da extração da fécula de mandioca. Rev. Bras. Zootec. 34:1640-1650.
- Almeida, R., Medeiros, S. R., Calegare, L., Albertini, T. Z. and Lanna, D. P. D. 2010. Fazendas de Terminação. In: Pires, A.V. Bovinocultura de corte. Piracicaba, FEALQ. 1:760.
- Alves, S. P., Cabrita, A. R. J., Jerónimo, E., Bessa, R. J., and Fonseca, A. J. M. 2011. Effect of ensiling and silage additives on fatty acid composition of ryegrass and corn experimental silages. J. Anim. Sci. 89: 2537–2545.
- Arrigoni, M. B; Martins, C. L; Factori, M. A. 2016. Lipid Metabolism in the Rumen. In: MILLEN, Danilo; ARRIGONI, Mario de Beni; PACHECO, Rodrigo Dias Lauritano. Rumenology. Switzerland: Springer, 2016. Cap. 4. p. 103-126.
- Arrigoni, M. D. B; Alves Jr., A; Dias, P. M. A.; Martins, C. L.; Cervieri, R. C.; Silveira, A. C.; Oliveira, H. N. and Chardulo, L. A. L. 2004. Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de tres grupos geneticos. Pesq. Agropec. Bras. Brasília. 39:1033-1039.
- Bardin, C. W.; Catterall, J. F. 1981. Testosterone: A major determinant of extragenital sexual dimorphism. Science. 211:1285-1294.
- Barducci, R. S.; Sarti, L. M. N.; Millen, D. D.; Putarov, T. C.; Ribeiro, F. A.; Franzói, M. C. S.; Costa, C. F.; Martins, C. L. and Arrigoni, M. B. 2015. Ácidos graxos no

- desempenho e nas respostas imunológicas de bovinos Nelore confinados. *Pesq. Agropec. Bras.* 50:499-509.
- Bassi, M. S.; Ladeira, M. M.; Chizzotti, M. L.; Chizzotti, F. H. M.; Oliveira, D. M.; Machado Neto, O. R.; Carvalho, J. R. R. and Nogueira Neto, A. A. 2012. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. *Pesq. Agropec. Bras.* 41:353-359.
- Bauman, D. E.; Baumgard, L. H.; Corl, B. A. and Griinari, J. M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science.*
- Beam, T. M. et al. 2000. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 83, p. 2564-2573.
- Bessa, R. J. B. Revalorização nutricional das gorduras dos ruminantes. 1999. In: *Symposium Europeo – Alimentación em el Siglo XXI*, Badajoz. Anais... Badajoz. 283-313.
- Borreani, G.; Ferrero, F.; Tabacco, E. 2019. Baled silage management. In *Proceedings of the 6th International Symposium on Forage Quality and Conservation*, Piracicaba, Brazil, 7–8 November 2019; Nussio, L.G., Da Silva, E.B., Oliveira, K.S., Gritti, V.C., Salvo, P.A.R., Salvati, G.G.S., De Sousa, D.O., Eds.; ESALQ: Piracicaba, Brazil, 2019; pp. 219–246.
- Bueno, A. V. I., Lazzari, G., Jobim, C. C., Daniel, and J. L. P. 2020. Ensiling Total Mixed Ration for Ruminants: A Review. *Agronomy* 10: 879. doi:10.3390/agronomy10060879
- Burgüi, R. 2001. Confinamento estratégico. In: *Mattos, W.R.S. A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba:Fealq. 927.
- Cao, Y., Takahashi, T., Horiguchi, K. I., Yoshida, N., and Cai, Y. 2010. Methane emissions from sheep fed fermented or non-fermented total mixed ration containing whole-crop rice and rice bran. *Anim. Feed Sci. Technol.* 157: 72-78.
- Chalupa, W.; Kutches, A. J. 1968. Biohydrogenation of linoleic – 1 – 14C acid by rumen protozoa. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 27, n. 5, p. 1502-1508.

- Chilliard, Y. 1993. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: a review. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3897-3931.
- Church and Dwight C. O. 2002. Megalac-r, rumen bypass fat. EFA Alert Research Summary. p. 28.
- Daniel, J. L. P., Bueno, A. V. I., Lazzari, G., Jobim, C. C. 2019. Ensiling total mixed rations for ruminants. In: *International Symposium on Forage Quality and Conservation*, 6., November 16-17. Piracicaba. Proceedings...Piracicaba, p. 7-20.
- Doreau, M.; Ferlay, A. 1994. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 45, p. 379-396.
- Driehuis, F., J. M. Wilkinson, Y. Jiang, I. Ogunade, and A. T. Adesogan. 2018. Silage review: Animal and human health risks from silage. *J. Dairy Sci.* 101:4093–4110.
- Felício, P.E. 1998. Desdobramento da qualidade da carne bovina. *Higiene Alimentar*. 12:16-22.
- Feussner, I., and Wasternack, C. 2002. The lipoxygenase pathway. *Ann. Rev. Plant Biol.* 53:275–297.
- Gadge, P.P., Madhikar, S. D., Yewle, J. N., Jadhav, U. U., Chougale, A. D., Zambare, V. P., and Padul, M.V. 2011. Biochemical studies of lipase from germinating oil seeds (*Glycine max*). *Am. J. Biochem. Biotechnol.* 7: 141–145.
- Gerlach, K., Roß, F., Weiß, K., Büscher, W., and Südekum, K.-H., 2013. Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and effects on dry matter intake by goats. *Agric. Food Sci.* 22, 168–181.
- Gesualdi JR., A.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Silva, J. F. C.; Veloso, C. M.; Cecon, P. P. 2000. Níveis de concentrado na dieta de novilhos F1 Limousin x Nelore em confinamento: Consumo, conversão alimentar e ganho de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 29:1458-1466.
- Griinari, J. M. et al. 2000. Conjugated linoleic acid synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta 9 desaturase. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v.130, n.9, p. 285-322.
- Gusmão, J. O., Danés, M. A. C., Casagrande, D. R., and Bernardes, T. F. 2018. Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. *Grass and Forage Sci.* 73: 717-726.

- Hale, W. H. 1973. Influence of processing of the utilization of grains (starch) by ruminants. *Journal of Animal Science*. 37:1075-1083.
- Hales, K. E.; Freetly, H. C.; Shackelford, S. D. and King, D. A. 2013. Effects of roughage concentration in dry-rolled corn-based diets containing wet distillers grains with solubles on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. *Journal of Animal Science*. 91:3315–3321.
- Herdmann, A.; Nuernberg, K.; Martin, J.; Nuernberg, G.; Doran, O. 2010. Effect of dietary fatty acids on expression of lipogenic enzymes and fatty acid profile in tissues of bulls. *Animal*. 4:755–762.
- Hoffman, P.C.; and Ocker, S.M. 1997. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. *J. Dairy Sci*. 80:234 (Abstr.).
- Jenkins, T. C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*. 76:3851–3863.
- Jenkins, T. C. 2008. Board-invited review: recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen. microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 86, n. 2, p. 397-412.
- Jenkins, T.C.; Wallace, R.J.; Moate, P.J.; Mosley, E.E. 2008. Board-invited Review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. 397-412.
- Jensen, R. G. et al. 2002. Invited review: the composition of bovine milk lipids: january 1995 to december 2000. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 85, p. 295-350.
- Josahkian, L. A. and Ventura, H. T. 2016. Um século de seleção de zebu no Brasil. In: Sebastião de Campos Valadares Filho et al.. (Org.). *Simpósio de Produção de Gado de Corte (X Simcorte)*. 1ed.Viçosa/MG. 1:67-74.
- Klusmeyer, T. H. and Clark, J. H. 1991. Effects of dietary fat and protein on fatty acid flow to the duodenum and in milk produced by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 74:3055-3067.
- Kozloski, V. G. 2006. *Bioquímica dos ruminantes*. 3 ed. UFSM, Santa Maria, RS. 2011.
- Krehbiel, C. R.; Cranston, J. J.; Mccurdy, M. P. An upper limit for caloric density of finishing diets. *Journal of Animal Science*. 84:34–E49.

- Lazzari, G., Poppi, A. C., Machado, J., Bueno, A. V., Gomes, A. L., Jobim, C. C., and Daniel, J. L. 2021. Effects of protein source and lipid supplementation on conservation and feed value of total mixed ration silages for finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 99:skab032. doi:10.1093/jas/skab032
- Liu, Q. H., Wu, J. X., and Shao, T. 2019. Roles of microbes and lipolytic enzymes in changing the fatty acid profile, α -tocopherol, and β -carotene of whole-crop oat silages during ensiling and after exposure to air. *Anim. Feed Sci. Technol.* 253: 81-92.
- Liu, Q., Dong, Z., and T. Shao, T. 2018. Dynamics of change in fermentation and fatty acid profiles in high moisture alfalfa silage during ensiling at different temperatures. *Ciência Rural.* 48:1-11.
- Mackie, R. I., White, B. A., and Bryant, M. P. 1991. Lipid metabolism in anaerobic ecosystems. *Crit. Rev. Microbiol.* 17: 449–479.
- Malekian, F., Rao, R.M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W.E., Windhauser, M., and Ahmedna, M. 2000. Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, and Nutrient Losses in Rice Bran during Storage; LSU Agricultural Experiment Station Reports; Louisiana State University: Baton Rouge, LA, USA, pp. 3–56.
- Medeiros, S. R.; 2014. Como o boi funciona: Terminação em pasto ou confinamento. Disponível em: <<http://sites.beefpoint.com.br/sergioraposo/2014/05/09/como-o-boi-funciona-terminacao-em-pasto-ou-confinamento/>>.
- Meenongyai, W., Pattarajinda, V., Stelzleni, A. M., Sethakul, J., and Duangjinda, M. 2017. Effects of forage ensiling and ration fermentation on total mixed ration pH, ruminal fermentation, and performance of growing Holstein-Zebu cross steers. *Anim. Sci. J.* 88: 1372-1379.
- Messana, J. D.; Berchielli, T. T.; Arcuri, P. B.; Reis, R. A.; Canesin, R. C.; Ribeiro, A. F.; Fiorentini, G.; Fernandes, J. J. R. 2013. Rumen fermentation and rumen microbes in Nellore steers receiving diets with different lipid contents. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 42:204-212.
- Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. A.; Galyean, M. L.; 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. doi:10.2527/jas.2009-1880. PMID:19574564.

- Millen, D. D.; Sarti, L. M. N. 2011. Adequação proteica em rações de confinamento: crescimento e terminação. In: Simpósio sobre Nutrição de Ruminantes: Manejo Alimentar de bovinos, 9, 2011, Piracicaba. Anais... Piracicaba:FEALQ, 2011. p.383-402.
- Missio, R. L.; Brondani, I. L.; Freitas, L. S.; Sachet, R. H.; Silva, J. H. S.; Restle, J. 2009. Desempenho e avaliação econômica da terminação de tourinhos em confinamento alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. Revista Brasileira Zootecnia. 38:1309-1316.
- Miyaji, M., and K. Nonaka. 2018. Effects of altering total mixed ration conservation method when feeding dry-rolled versus steam-flaked hulled rice on lactation and digestion in dairy cows. J. Dairy Sci. 101:5092-5101. doi:10.3168/jds.2017-13802.
- Nagaraja, T. G. et al. 1997. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hubson, P. N.; Stewart, C. S. (Ed.). The rumen microbial ecosystem. London: Chapman and Hall, p. 523-632.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). 2016. Nutrient requirements of beef cattle. 8th ed. Washington (DC): National Academies Press.
- Nelson, D.L.; and Cox, M.M. 2008. Lehninger Principles of Biochemistry, 5th ed.; W. H. Freeman & Co.: New York, NY, USA, pp. 485–901.
- Nishino N., Wada, H., Yoshida, M., and Shiota, H. 2004. Microbial counts, fermentation products, and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. J. Dairy Sci. 87: 2563–2570.
- Nishino, N., H. Harada, E. Sakaguchi. 2003. Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination of various feeds as a total mixed ration. J. Sci. Food Agric. 83:557–563.
- Nishino, N., Hattori, H., Wada, H., and Touno, E. 2007. Biogenic amine production in grass, maize and total mixed ration silages inoculated with *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. J. Appl. Microbiol. 103: 325-332.
- Nozière, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P., and Doreau, M. 2006. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. Anim. Feed Sci. Technol. 131: 418-450.

- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Oliveira, D. M.; Ladeira, M. M.; Chizzotti, M. L.; Machado Neto, O. R.; Ramos, E. M.; Gonçalves, T. M.; Bassi, M. S.; Lanna, D. P. D.; Ribeiro, J. S. 2011. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from zebu steers fed with different oilseeds. *Journal of Animal Science*. 89:2546-2555.
- Oliveira, C. A.; 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.doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.08.010.
- Orskov, E. R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*. 63:1624-1633.
- Owen, F. G., and W. T. Howard. 1965. Effect of ration moisture level on value of alfalfa plus cracked corn as a complete-feed silage for lactating cows. *J. Dairy Sci*. 48:1310-1314. doi:10.3168/jds.S0022-0302(65)88454-5.
- Owens, F. N.; Secrist, D. S.; Hill, W. J.; Gill, D. R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 75:868-879.
- Palmquist, D. L. et al. 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Advances in Food and Nutrition Research*, San Diego, v. 50, n. 4, p. 179-217.
- Palmquist, D. L.; Jenkins, T. C. 1980. Fat in lactation rations. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 63, n. 1, p. 1-14.
- Palmquist, D. L.; Mattos, W. R. S. 2011. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (2Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP. p.299-322.
- Pariza, M. W. 2004. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *American Journal of Clinical Nutrition*, New York, v. 79, n. 6, p. 1132-1136.
- Pavan, E., Duckett, S. K. 2007. Corn oil supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue: II., effects on longissimus muscle and subcutaneous adipose fatty

acid composition and stearoyl-CoA desaturase activity and expression. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 85, n. 7, p. 1731-1740.

- Pinto, A. C. J., Millen, D. D. 2018. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. *J. Anim. Sci.* 99:392-407. doi.org/10.1139/cjas-2018-0031
- Pinto, A. C. J.; Millen, D. D. 2016. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: Sebastião de Campos Valadares Filho et al.. (Org.). *Simpósio de Produção de Gado de Corte (X Simcorte)*. 1ed. Viçosa/MG: UFV. 1:103-120.
- Resende, F. D., Oliveira, I. M., Nascimento, C. F., Figueira, D. N., Siqueira, G. R. 2016. Intensificação dos sistemas de produção de bovinos de corte a pasto: Da desmama ao abate. In: Sebastião de Campos Valadares Filho et al.. (Org.). *Simpósio de Produção de Gado de Corte (X Simcorte)*. 1ed. Viçosa/MG: UFV. 1:159-186.
- Restelatto, R., C. O. Novinski, L. M. Pereira, E. P. A. Silva, D. Volpi, M. Zopollatto, P. Schmidt, and A. P. Faciola. 2019. Chemical composition, fermentative losses, and microbial counts of total mixed ration silages inoculated with different *Lactobacillus* species. *J. Anim. Sci.* 97:1634-1644. doi:10.1093/jas/skz030.
- Sainz, R. D., Farjalla, Y. B. 2016. Otimização do confinamento para garantir a qualidade das carcaças e maximizar o lucro. 2009. Disponível em: <http://admin.webplus.com.br/public/upload/downloads/030220120858071984000MOAU.pdf>.
- Salvo, P. A. R., E. P. Schonell, J. L. P. Daniel, M. C. Santos, G. Morais, J. P. Winckler, J. Silva, and L. G. Nussio. 2015. Effects of *Pichia norvegensis* and air exposure on the nutritive value of corn silages for dairy cows. Pages 70–71 in *Proc. 17th Int. Silage Conf.*, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil.
- Samuelson, K. L., Hubbert, M. E., Galyean, M. L., and Löest, C. A. 2016. Nutritional recommendations of feedlot Consulting nutritionists: The 2015 New Mexico and Texas Tech University survey. *J. Anim. Sci.* 94:2648–2663. doi:10.2527/jas.2016-0282. PMID:27285940.
- Schingoethe, D. J. 2017. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100: 10143-10150.

- Schmidt, P., Restelatto, R., and Zopollatto, M. 2017. Ensiling total mixed rations – an innovative procedure. In: International Symposium on Forage Quality and Conservation, 5., July 16-17, 2017. Piracicaba. Proceedings...Piracicaba, 2017. p. 7-20.
- Senger, T., Wichard, T., Kunze, S., Göbel, C., Lerchl, J., Pohnert, G., and Feussner, I. A. 2004. Multifunctional lipoxygenase with fatty acid hydroperoxide cleaving activity from the moss *Physcomitrella patens*. *J. Boil. Chem.* 280:7588–7596.
- Souza, W. F. 2013. Silagem de estilosantes campo grande: perfil fermentativo e desempenho produtivo de bovinos de corte. 92p. Tese – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- Sukhija, P. S., Palmquist, D. L. 1990. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. *Journal of Dairy Science.* 73:1784- 1787.
- Sullivan, H. M., Bernard, J. K., Amos, H. E.; Jenkins, T. C. 2004. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. *Journal of Dairy Science.* 87:665-671.
- Tian, P., Niu, D., Zuo, S., Jiang, D., Li, R., and Xu, C. 2020a. Vitamin A and E in the total mixed ration as influenced by ensiling and the type of herbage. *Sci. Total Environ.* 746:141239.
- Valadares Filho, S. C., Paulino, P. V. R., Magalhães, K. A. (Ed.). 2006. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte. Viçosa, MG: Suprema. 142 p.
- Valinote, A. C., Nogueira Filho, J. C. M.; Leme, P. R.; Silva, S. L.; Cunha, J. A. 2005. Fontes de lipídeos e monensina na alimentação de novilhos Nelore e sua relação com a população de protozoários ciliados do rúmen. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 34:1418-1423.
- Vasconcelos, J. T., Galyean, M. L. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: the 2007 Texas tech university survey. *Journal of Animal Science.* 85:2772–2781.
- Wang C., N., and Nishino. 2013. Effects of storage temperature and ensiling period on fermentation products, aerobic stability and microbial communities of total mixed ration silage. *J. Appl. Microbiol.* 114:1687-1695.

- Weinberg, Z.G., Chen, Y., Miron, D., Raviv, Y., Nahim, E., Bloch, A., Yosef, E., Nikbahat, M., and J. Miron. 2011. Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film – A commercial scale experiment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 164: 125–129.
- Wichert, B., Kienzle, E., and Bauer, J. 1998. Palatability and intake of silage in dairy cows, in relation to hygienic quality. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 80: 253–259.
- Xu, C. C., Cai, Y.; Zhang, J. G.; Ogawa, M. 2007. Fermentation quality and nutritive value of a total mixed ration silage containing coffee grounds at ten or twenty percent of dry matter¹. *J. Anim. Sci.* 85, 1024–1029.
- Zinn, R. A., Shen, Y. 1996. Interaction of dietary calcium and supplemental fat on digestive function and growth performance in feedlot steers. *Journal of Animal Science.* 74:2303–2309.
- Zinn, R., Gulati, S. K., Plascencia, A.; Salinas, J. 2000. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science.* 78:1738–1746.

III - OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o efeito de fontes lipídicas sobre a conservação e o valor alimentício de silagem de ração completa para bovinos de corte em terminação.

1 **IV – Artigo: Efeito de fontes lipídicas sobre o valor alimentício e o**
2 **desempenho de bovinos de corte em terminação alimentados**
3 **com silagem de ração completa**
4

5 (Estilo e forma do manuscrito consistentes com as Instruções para Autores do *Journal of Animal*
6 *Science* – A versão em língua inglesa será encaminhada para o jornal após as correções finais)

7 **Abstract**

8 The objective of this study was to examine the effect of lipid sources on the preservation and
9 feeding value of total mixed ration (TMR) silage for finishing beef cattle. The treatments
10 consisted of: TMR ensiled with rolled soybean grain (SG); TMR ensiled with whole
11 cottonseed (CS); TMR ensiled with palm-oil soap (PS) and TMR ensiled with crude corn oil
12 (CO). The TMR with different lipid sources were stored in bag silos (20 t/bag) for 360 d.
13 During feedout, TMR silages were evaluated for the fermentation pattern, nutritional
14 composition and aerobic stability. The SG had a higher concentration of NH₃-N (A1 fraction
15 of N) compared to CS and CO (P < 0.01). On the other hand, TMR-OM presented a lower
16 proportion of RDP compared to TMR-SG (P < 0.01) and higher RUP (< 0.01) compared to
17 TMR-SG silage. Lactic acid concentration was higher for the SG and CS treatments (P <
18 0.01). Concentrations of acetic acid and 1,2-propanediol were higher for PS and lower for SG
19 (P < 0.01). Ethanol concentration was lower in silages with SG or PS (P < 0.01). Higher LAB
20 counts were observed for the CO silage (P < 0.01). Counts of *Bacillus*, molds and yeasts were
21 lower than the detection limit (< 2 log CFU/g). There was no significant difference for
22 clostridia counts between TMR silages (2.10 log CFU/g). TMR silages presented high aerobic
23 stability, remaining stable for 10 d aeration, except the SG silage with 132 h aerobic stability.
24 For the feeding trial, 36 Angus × Nellore bulls (441 ± 6.6 kg shrunk body weight and 23
25 months) were housed in individual pens with concrete floor, feedbunk and water trough, for
26 91 d (21 d for adaptation + 71 d for treatment comparison). Serum concentration of non-
27 esterified fatty acids was lower for the CO silage compared to SG (P = 0.01). Serum
28 triglyceride levels were higher for CO and PS (P < 0.01) and cholesterol levels were higher
29 for SG and PS (P = 0.01). Animal performance results were similar between treatments (P =
30 0.99), except for DMI and marbling score, which were higher for animals receiving the TMR
31 silage with CS (P = 0.01). In conclusion, all TMR silages were well fermented and showed

32 high aerobic stability, regardless of the lipid source. All treatments led to a high performance
33 of finishing bulls. Therefore, selection of lipid source in commercial feedlots should consider
34 the conditions of product availability and purchase costs in each region.

35

36 **Key words:**

37 corn oil, cottonseed, fatty acid, palm oil soap, soybean grain

38

39 **Lista de Abreviações**

40 BAL – bactéria ácido láctica

41 CMS – consumo de matéria seca

42 CNF – carboidrato não fibroso

43 EE – extrato etéreo

44 ELg – energia líquida de ganho

45 ELm – energia líquida de manutenção

46 FDA - fibra em detergente ácido

47 FDN – fibra em detergente neutro

48 GMD – ganho médio diário

49 MS – matéria seca

50 NDT – nutrientes digestíveis totais

51 NH₃-N – nitrogênio amoniacal

52 PB – proteína bruta

- 53 PC – peso corporal
- 54 PCQ – peso de carcaça quente
- 55 PDR – proteína degradada no rúmen
- 56 PNDR – proteína não degradada no rúmen
- 57 TMR – ração completa

58 **Introdução**

59 Vários benefícios têm sido associados ao uso de silagens de ração completa misturada (TMR),
60 como a redução de mão de obra e maquinário especializado na fazenda (se a silagem de TMR
61 for comprada), e possibilidade de conservar subprodutos úmidos com maior eficiência e alta
62 estabilidade aeróbia. Além disso, destacam-se também a uniformidade e a composição da
63 mistura, menor intensidade de separação de partículas no cocho em razão da redistribuição de
64 umidade (durante a estocagem) (Nishino et al., 2003; Weinberg et al., 2011; DeVries e Gill,
65 2012; Restelatto et al., 2019; Lazzari et al., 2021).

66 A partir do estudo de Lazzari et al. (2021), que ao examinarem fontes proteicas e a
67 suplementação lipídica e, tendo obtidas respostas promissoras com o uso do grão de soja
68 laminado, surgiu o interesse na investigação dos efeitos de maior aporte energético das dietas
69 ensiladas. Existem maneiras simples de fornecer maior aporte energético para animais em
70 terminação, sendo aumentar o consumo de matéria seca (CMS) e também por meio do
71 adensamento energético da dieta. O adensamento energético poder ser alcançado por meio do
72 aumento do teor de concentrados nas dietas (Gesualdi Jr et al., 2000; Missio et al., 2009), o
73 que é facilmente observado nas típicas dietas de confinamento.

74 Com isso, a inclusão de fontes lipídicas nas dietas tem como principal objetivo
75 aumentar a densidade energética. Os ácidos graxos são de grande importância por
76 participarem da composição de membranas celulares e também por exercerem função de
77 precursores das moléculas regulatórias no organismo animal (Palmquist e Mattos, 2011). Para
78 que os animais depositem gordura, a dieta deve fornecer alto aporte energético. Ajustar níveis
79 elevados de consumo é mais difícil. Portanto, o adensamento energético das dietas se torna a
80 maneira mais viável para o aumento no consumo de energia resultando em melhor
81 acabamento de carcaça e redução no tempo de confinamento.

82 Além disso, o processamento e a ensilagem de grãos se constituem outro fator
83 importante para o aumento de energia metabolizável nas dietas, em razão do aumento na
84 digestibilidade do amido no rúmen e no trato total (Krehbiel et al., 1995; Owens et al., 1997;
85 Pinto e Millen, 2016). A ensilagem de TMR aumenta a digestibilidade do amido dos grãos de
86 cereais, pela quebra da matriz proteica que envolve os grânulos de amido no endosperma
87 (Benton et al., 2005; Hoffman et al., 2011), resultado obtido principalmente pela ação das
88 bactérias proteolíticas durante o período de estocagem do material ensilado (Der Bedrosian et
89 al., 2012; Junges et al., 2017). Em consequência disso, a ensilagem de TMR, incluindo grãos
90 de cereais, aumenta a eficiência alimentar e o desempenho dos animais (Owen e Howard,
91 1965; Miyaji e Nonaka, 2018).

92 Durante o processo fermentativo da silagem ocorrem diversas mudanças relacionadas
93 aos nutrientes presentes na massa ensilada. Contudo, pouco se sabe sobre as modificações
94 existentes em silagem de ração completa, pelo grande conjunto de variações possíveis quanto
95 à utilização dos diferentes alimentos disponíveis para serem utilizados na dieta. Nesse
96 contexto, as alterações das fontes lipídicas presentes na TMR ensilada são pouco conhecidas.

97 Com isso, o objetivo deste trabalho foi compreender o processo de conservação, valor
98 alimentar e estabilidade aeróbia de silagens de TMR com diferentes fontes de gordura para
99 bovinos de corte em terminação. Assim como, investigamos o desempenho de bovinos de
100 corte em terminação com diferentes fontes lipídicas em dietas com alta proporção de grão de
101 milho ensilado.

102

103 **Material e métodos**

104 Os procedimentos de cuidado e manejo dos animais foram aprovados pelo Comitê de Ética no
105 Uso de Animais da Universidade Estadual de Maringá (protocolo número 5635170220 –
106 CEUA/UEM).

107 ***Preparo e ensilagem da TMR***

108 Foram elaboradas quatro TMR experimentais com diferentes fontes lipídicas: 1) TMR
109 formulada com grão de soja laminado (SG); 2) TMR formulada com caroço de algodão (CA);
110 3) TMR formulada com sabão de óleo de palma (SP) e 4) TMR formulada com óleo de milho
111 bruto (OM) (Tabela 1). As rações descritas na Tabela 1 foram preparadas na Fazenda
112 Experimental de Iguatemi (23°21'13"S, 52°04'27"W; 550 m de altitude) – Universidade
113 Estadual de Maringá em setembro de 2019. Antes de misturar as rações, grãos de milho e soja
114 foram processados em moinho de rolos (SEGU 30, Multiagro Implementos Agrícolas, Porto
115 Alegre, Brasil). O milho laminado tinha $2,81 \pm 0,06$ mm e a soja laminada tinha $4,10 \pm 0,23$
116 mm de tamanho médio de partícula. Todos os ingredientes foram misturados em um vagão
117 misturador (VMN 6.0 PA, Nogueira S/A Máquinas Agrícolas, São João da Boa Vista, Brasil)
118 e ensilados em silos bag (1,8 m de diâmetro, Pacifil, Sapiranga, Brasil) utilizando máquina
119 embutidora (SEGU 30, Multiagro Implementos Agrícolas, Porto Alegre, Brasil). Adicionou-
120 se água fresca durante a mistura da TMR para ajustar o teor de MS para 55%. Todas as dietas
121 foram formuladas para atender as exigências nutricionais de tourinhos Angus em terminação
122 (NASEM, 2016) e o teor de PB foi ajustado para atingir 13,0% da MS. As TMR ensiladas
123 foram estocadas por 360 dias antes da alimentação.

124 ***Análises laboratoriais***

125 Extratos aquosos da TMR fresca e ensilada foram preparadas misturando 25 g de amostra
126 fresca (úmida) e 225 g de água destilada por 1 min em um liquidificador e filtrado através de
127 gaze. Após a medição do pH (pHmetro modelo Tec5, Tecnal, Piracicaba, Brasil), uma
128 alíquota foi congelada a -20°C para análise dos produtos da fermentação e uma segunda
129 alíquota foi diluída em série (10^{-1} a 10^{-6}) para plaqueamento em meio seletivo para contagem
130 microbiana. As bactérias lácticas (BAL) foram contadas em Man, Rogosa and Sharpe agar
131 (7543A, Acumedia, Michigan, EUA). O extrato de malte ágar (M137, Himedia, Mumbai,

132 Índia) acidificado a pH 3,5 com ácido láctico foi usado para contagem de leveduras e fungos
133 filamentosos. As placas foram incubadas aerobiamente a 30°C durante quatro, dois e três dias
134 para contagem de BAL, leveduras e fungos filamentosos, respectivamente. As enterobactérias
135 foram contadas no Violet Red Bile ágar (101406, Merck, Darmstadt, Alemanha), em extratos
136 diluídos (10^{-1} a 10^{-3}). As placas foram mantidas na incubadora a 34°C e a contagem foi feita
137 após dois dias. Para contagem de clostrídios e esporos aeróbios (*Bacillus*), os extratos foram
138 diluídos (10^{-1} a 10^{-3}) e pasteurizados a 80°C por 10 min. O meio utilizado para a contagem de
139 clostrídios foi o ágar clostridial reforçado – RCA, com adição de vermelho neutro e D-
140 cicloserina (Jonsson, 1990). Os esporos aeróbicos (*Bacillus*) foram enumerados na contagem
141 de placas ágar - PCA. As placas de clostrídios foram colocadas em jarras de anaerobiose e
142 mantidas em incubadora a 37°C por cinco dias. As placas de esporos aeróbios foram mantidas
143 na incubadora a 34°C e a contagem foi feita após dois dias. O número de microrganismos foi
144 contado como unidade formadora de colônia (ufc) e expresso como \log_{10} .

145 A concentração de amônia (Chaney e Marbach, 1962) e ácido láctico (Pryce, 1969) foi
146 determinada por métodos colorimétricos, utilizando-se um espectrofotômetro (modelo Janway
147 6305, Marconi, Piracicaba, Brasil) com comprimentos de onda de $\lambda=630$ nm e $\lambda=565$ nm,
148 respectivamente. Ácidos graxos voláteis e etanol foram determinados por cromatografia
149 gasosa (GCMS QP 2010 plus, Shimadzu, Kyoto, Japão) usando uma coluna capilar
150 (Stabilwax, Restek, Bellefonte, PA; 60 m, 0,25 mm ϕ , 0,25 μ m de polietilenoglicol carbowax
151 de ligação cruzada). Subamostras de TMR frescas e ensiladas também foram coletadas para
152 avaliar o perfil de ácidos graxos de cadeia longa. As amostras foram utilizadas *in natura* para
153 realizar a extração de ácidos graxos. O método adaptado, de acordo com Bligh e Dyer (1959),
154 utilizou 50 g de amostra *in natura* 70 mL de clorofórmio e 140 mL de metanol com tempo de
155 agitação de 20 min. Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) foram obtidos em solução
156 de n-heptano e KOH/metanol descrito pelo método 5509 da ISO (1978). Os FAME foram

157 separados usando uma cromatografia gasosa (Trace Ultra 3300, Thermo Fisher Scientific,
158 Massachusetts, EUA) equipada com um detector de ionização de chama (FID) e uma coluna
159 capilar de cianopropil SP-2560 (100 m × 0,25 mm i.d., 0,25 µm de espessura de filme). As
160 taxas de fluxo de gás utilizadas foram 2,0 mL/min de gás de arraste (H₂), 30 mL/min de gás
161 de compensação (N₂) e 35 e 350 mL/min de gases de chama (H₂ e ar sintético,
162 respectivamente). A razão de divisão da amostra (2,0 µL) foi de 1:80. O detector e a porta de
163 injeção foram fixados a 240°C. Inicialmente, a temperatura da coluna foi mantida a 50°C por
164 4 min, depois elevada para 200°C a 10°C/min, e mantida nesta temperatura por 8 min, seguida
165 de aumento para 240°C a 5°C/min e mantida por 10 min. As áreas dos picos foram
166 determinadas pelo software ChromQuest 5.0. Os FAME foram identificados comparando os
167 tempos de retenção com os de ésteres metílicos padrão. Os ácidos graxos foram quantificados
168 usando éster metílico do ácido tricosanóico como padrão interno (Sigma-Aldrich, São Paulo,
169 Brasil), conforme descrito por Joseph e Ackman (1992). Os valores teóricos do fator de
170 correção do FID foram usados para calcular as concentrações de ácidos graxos, conforme
171 descrito por Visentainer (2012).

172 Subamostras frescas de silagens TMR (d 0) e TMR (d 360) foram secas em estufa a 55°C por
173 72 h para determinar o teor de MS e depois moídas em peneira de 1 mm usando um moinho
174 Wiley (Marconi MA340, Piracicaba, Brasil). Após a moagem, a MS absoluta foi obtida por
175 secagem em estufa a 105°C (método 934.01) de acordo com AOAC (1990). Em amostras
176 secas da TMR fresca foram determinados: a proteína bruta (PB), poder tampão (Weissbach,
177 1967), coeficiente de fermentabilidade (Weissbach et al., 1974). A concentração de
178 carboidratos solúveis, usando o método fenol-ácido sulfúrico (Hall, 2014), também foi
179 determinada em amostras secas da TMR fresca. Em amostras secas da silagem de TMR
180 também foi determinada a concentração de proteína bruta solúvel (PB) (Licitra et al., 1996) e
181 carboidratos solúveis. A atividade de água (a_w) também foi obtida na TMR fresca e ensilada

182 (LabSwift - aW, NOVASINA, Suíça). A concentração de cinzas foi determinada por
183 combustão completa em forno mufla a 600°C por 5 h (método 942.05), PB pelo método de
184 Kjeldahl foi calculado como $N \times 6,25$ (método 984.13) e extrato etéreo (EE) foi quantificado
185 pelo método Soxhlet (método 963.15) de acordo com AOAC (1990). A fibra em detergente
186 neutro (FDN) foi analisada com sulfito de sódio e amilase estável ao calor (Mertens, 2002) e a
187 fibra em detergente ácido (FDA, Van Soest 1967) foi determinada sequencialmente em um
188 Analisador de Fibra (TE-149, Tecnal, Piracicaba, Brasil). O teor de carboidratos não fibrosos
189 foi calculado como $CNF = 100 - (PB + FDN + EE + cinzas)$.

190 *Degradabilidade da proteína*

191 A degradabilidade proteica das silagens de TMR também foi estimada com base no
192 fracionamento de nitrogênio (N) (método CNCPS). A concentração de amônia foi
193 determinada conforme descrito em análise laboratorial (Chaney e Marbach, 1962). As
194 amostras secas foram moídas para passar por uma peneira de 1 mm usando um moinho Wiley
195 (Marconi MA340, Piracicaba, Brasil) para determinar os teores de proteína solúvel, nitrogênio
196 insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NDIN)
197 usando os métodos descritos por Licitra et al. (1996). Após essas medidas, o fracionamento de
198 N foi determinado usando o CNCPS v.6.5 (frações A1, A2, B1, B2 e C) (Van Amburgh et al.,
199 2015).

200 A degradabilidade ruminal foi calculada usando a abordagem de primeira ordem [$kd /$
201 ($kd + kp$)] (Van Amburgh et al., 2015). As taxas de passagem fracionais (líquido, concentrado
202 e volumoso) foram estimadas utilizando-se o CMS, o nível de forragem da dieta e os valores
203 de SBW (Tylutki et al., 2008; NASEM, 2016). As taxas de passagem fracionais de volumoso
204 e concentrado foram utilizadas para prever a passagem fracionada de sólidos, como segue:
205 $kp \text{ sólidos} = kp \text{ forragem} \times \% \text{ volumoso na dieta} + kp \text{ concentrados} \times \% \text{ concentrado na dieta}$
206 (Lazzari et al., 2021). A taxa de passagem fracional de líquidos foi considerada para as

207 frações solúveis (A1 e A2), enquanto a taxa de passagem fracional de sólidos foi utilizada
208 para as frações insolúveis (B1 e B2). A PDR de cada TMR foi determinada como $PDR (\%) =$
209 $A1 (\%) \times (kd/[kd + kp \text{ líquidos}]) + A2 (\%) \times (kd/[kd + kp \text{ líquidos}]) + B1 (\%) \times (kd/[kd + kp$
210 $\text{ sólidos}]) + B2 (\%) \times (kd/[kd + kp \text{ sólidos}])$. A PNDR foi calculada como $PNDR (\%) = 100 -$
211 $PDR (\%)$ (Van Amburgh et al., 2015).

212 *Teste de estabilidade aeróbia*

213 A estabilidade aeróbia das silagens de TMR foi avaliada em sala com temperatura controlada
214 ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) por dez dias, realizada duas vezes durante o período de alimentação dos animais, em
215 intervalos de 30 dias, e os resultados foram agrupados. Amostras frescas de silagens TMR
216 foram colocadas em baldes plásticos (3 kg) com quatro repetições de cada tratamento. A
217 temperatura foi medida a cada 15 minutos por um datalogger (iMini, Impac Comercial e
218 Tecnologia Ltda, São Paulo, Brasil) colocado no centro da massa. A temperatura ambiente foi
219 medida por dois registradores de dados colocados ao redor dos baldes. A estabilidade aeróbia
220 foi definida como o número de horas que a temperatura das silagens permaneceu estável antes
221 de subir mais de 2°C acima da temperatura ambiente (O'Kiely, 1993).

222 *Animais, instalações e coletas*

223 Foram alojados 36 tourinhos F1 Angus \times Nelore ($441 \pm 6,6$ kg de peso corporal (PC), 23
224 meses de idade) em baias individuais (2 x 5 m) com piso de concreto, cocho e bebedouro. O
225 período de alimentação durou 92 dias, sendo os primeiros 21 dias para adaptação às
226 instalações e a dieta rica em grãos e os últimos 71 dias para comparação da dieta. Os animais
227 foram adaptados nos primeiros sete dias com dieta padrão sem o uso das fontes lipídicas, e
228 nos 18 dias seguintes foram adaptados à dieta de alto teor de concentrado em três etapas (cada
229 etapa com 6 dias). Ao final do período de adaptação, os animais foram pesados após 16 h de
230 jejum (durante à noite), blocados de acordo com o PC e distribuídos aleatoriamente nos
231 quatro tratamentos dietéticos (SG, CA, SP e OM). Todas as manhãs, as silagens eram

232 descarregadas manualmente com um garfo e oferecidas uma vez ao dia (09:00 h) em
233 quantidades de aproximadamente 5% acima da ingestão diária (como base alimentar). As
234 sobras de ração foram coletadas e pesadas diariamente para determinação do consumo de MS
235 (CMS). A variação diária do CMS foi calculada como a diferença entre o CMS do dia atual e
236 o CMS do dia anterior (Bevans et al., 2005). A ração e as sobras oferecidas foram compostas
237 semanalmente para determinação do teor de MS e composição química.

238 O PC foi registrado no início do período de comparação e a cada 28 dias. O GMD foi
239 determinado como a inclinação da regressão linear do PC nos dias de comparação da dieta. A
240 eficiência alimentar foi calculada como GMD/CMS. A partir dos dados individuais de CMS e
241 GMD, a energia líquida da dieta foi estimada usando os cálculos descritos por Zinn e Shen
242 (1998). A necessidade de energia para ganho foi calculada como $Ex. (Mcal/d) = (0,0608 \times PC$
243 $0,75) \times ADG1,119, PC \text{ médio}$. A necessidade energética para manutenção foi calculada como
244 $Em (Mcal/dia) = 0,077 \times PC 0,75$. A energia líquida da dieta para manutenção foi estimada pela
245 equação: $ELm (Mcal/kg MS) = ((-b - (b^2 - 4ac)^{0,5}) / 2a)$, em que: $a = -0,877 \times CMS$, $b =$
246 $((0,877 \times Em) + (0,41 \times DMI) + Eg)$ e $c = -0,41 \times Em$. A energia líquida da dieta para ganho
247 foi calculada como $ELg (Mcal/kg MS) = (0,877 \times ELm) - 0,41$. Os nutrientes de
248 digestibilidade total da dieta foram calculados como $NDT = (ELm + 0,5058) / 0,0305$.

249 A distribuição de tamanho de partícula de TMR foi determinada usando um separador de
250 partículas Penn State (Kononoff et al., 2003). A ração e sobras oferecidas foram amostradas
251 duas vezes durante o teste de alimentação, com intervalos de 30 dias, e os resultados foram
252 agrupados. O índice de seleção foi calculado pela ingestão observada de cada fração retida em
253 cada peneira expressa como porcentagem da ingestão prevista (como base alimentar)
254 (Leonardi e Armentano, 2003). O comportamento ingestivo foi avaliado duas vezes durante o
255 teste de alimentação, com intervalos de 30 dias. Os animais foram observados a cada 5 min
256 durante 24 h (Maekawa et al., 2002). A atividade de mastigação foi obtida pela soma das

257 atividades de alimentação e rinação em minutos. Também foram calculados o número de
258 refeições por dia, o tamanho da refeição (dividindo-se o CMS pelo número de refeições), a
259 duração da refeição (obtida pela divisão do tempo de alimentação pelo número de refeições) e
260 a taxa de ingestão (CMS em g dividido pelo tempo de alimentação).

261 O escore fecal e o pH foram avaliados durante quatro dias consecutivos de 45 d a 48 d de
262 comparação. Quatro pontuações visuais foram consideradas para as fezes: 1 = escorrendo:
263 consistência líquida, respingos no impacto, espalha facilmente; 2 = solto: pode empilhar
264 ligeiramente e espalhar-se e respingar moderadamente no impacto e na fixação; 3 = macio:
265 firme, mas não duro, pode empilhar mas espalha-se ligeiramente no impacto e na
266 sedimentação; e 4 = seco: duro, aparência seca, forma original não distorcida pelo impacto e
267 sedimentação (Ireland-Perry e Stallings, 1993). Para avaliação do pH, foram coletadas
268 amostras fecais de fezes frescas em dois momentos (manhã e tarde). Uma solução foi
269 preparada misturando-se 15 g de fezes e 100 mL de água destilada (Ireland-Perry e Stallings,
270 1993) e o pH foi registrado após 2 min (pHmetro modelo Tec5, Tecnal, Piracicaba, Brasil).
271 As demais amostras de cada período de amostragem foram armazenadas em sacos plásticos
272 separados e congeladas a -20°C. Ao final do período de coleta, as amostras dentro do mesmo
273 curral foram compostas em uma base de peso úmido igual, resultando em aproximadamente
274 300 g de fezes para determinação do teor de MS conforme descrito para amostras de ração.

275 Amostras de sangue foram coletadas em tubos com ou sem anticoagulante da veia
276 jugular de cada animal 6±1 h após alimentação em 65 d de comparação. As amostras foram
277 imediatamente centrifugadas a 4.000 x g por 15 min a 4°C. As amostras de plasma e soro
278 foram armazenadas a -80°C até a análise de colesterol e triglicérides por meio de kits
279 comerciais (Gold Analisa Diagnóstica Ltda, Belo Horizonte, Brasil) e ácidos graxos não
280 esterificados (NEFA) (Biotecnica Ltda, Varginha, Brasil).

281 *Características da carcaça*

282 Na pesagem final (91 d), as características da carcaça foram avaliadas por ultrassom (Aloka
283 SSD500). As imagens foram coletadas usando uma sonda de 17 cm, 3,5 MHz. A área de olho
284 de lombo e a espessura de gordura da costela foram medidas entre a 12^a e a 13^a costela
285 transversalmente ao músculo *Longissimus*. A pontuação de marmoreio (1 a 10) foi registrada
286 da 11^a à 13^a costela longitudinalmente ao músculo *Longissimus*. A espessura da gordura do
287 bíceps femoral também foi registrada. Um único técnico treinado examinou todos os animais.

288 As imagens foram analisadas utilizando o software Bia Pro Plus (Designer Genes
289 Technology). Em seguida, os animais foram para abatedouro comercial e abatidos de acordo
290 com as práticas de bem-estar animal pré-abate estabelecidas pela fiscalização sanitária do
291 local. O peso da carcaça quente (PCQ) foi registrado e o rendimento de carcaça foi calculado
292 como PCQ/PC.

293 *Análise estatística*

294 A análise estatística foi realizada utilizando o procedimento *Mixed* do SAS (v 9.4). Os
295 resultados de desempenho animal foram analisados usando um modelo que inclui efeito
296 aleatório de bloco e efeito fixo de tratamento. As médias foram comparadas pelo teste de
297 Tukey. As diferenças entre os tratamentos foram declaradas se $P \leq 0,05$.

298 **Resultados**

299 As características da TMR fresca e composição química das silagens de TMR são
300 apresentadas nas Tabelas 2 e 4. O perfil de ácidos graxos das TMR fresca e ensiladas está
301 descrito na Tabela 3. Nas silagens de TMR, a concentração de carboidratos solúveis foi
302 semelhante entre os tratamentos ($P = 0,06$). A concentração de cinzas foi maior para SP ($P <$
303 $0,01$). A concentração de FDA foi maior para CA e semelhante com SP ($P = 0,02$). O teor de

304 EE foi maior para SP e OM ($P < 0,01$) em comparação com SG e CA. A concentração de
305 carboidratos não fibrosos foi menor para SP e semelhante com CA ($P = 0,04$).

306 A proporção A1 da fração N (%N) foi maior para SG e semelhante com SP ($P < 0,01$)
307 e a proporção A2 foi maior para OM e CA ($P < 0,01$). A proporção da fração B1 foi menor
308 para OM ($P = 0,05$). A PDR estimada pelo método do CNCPS foi menor para OM, mas
309 semelhantes com CA e SP ($P < 0,01$) e PNDR foram maiores para OM, mas semelhantes com
310 as silagens CA e SP ($P < 0,01$).

311 As características fermentativas, contagens microbianas e estabilidade aeróbia das
312 silagens de TMR são apresentadas na Tabela 5. A atividade de água e as características
313 microbiológicas não foram afetadas pelas fontes lipídicas, exceto para as contagens BAL, a
314 silagem OM foi maior ($P < 0,01$) em relação aos demais tratamentos. Não houve diferenças
315 para contagem de placas de clostrídios e *Bacillus* ($P = 0,38$). As contagens de placas de
316 fungos, leveduras e enterobactérias foram inferiores a 2 log UFC/g para todos os tratamentos.

317 Nas silagens de TMR com SP e SG as fontes lipídicas resultaram em maiores valores
318 de pH ($P < 0,01$). As concentrações de $\text{NH}_3\text{-N}$ foram maiores para SG e CA ($P < 0,01$) e
319 menores para OM. O teor de ácido lático foi menor para OM ($P = 0,04$) e semelhante com SP.
320 Para ácido acético e 1,2-propanodiol, o tratamento SP apresentou o maior teor ($P < 0,01$). O
321 teor de ácido butírico foi maior para SG ($P = 0,02$). Os maiores teores de etanol foram
322 observados para CA e OM ($P < 0,01$). O teor de 2,3-butanodiol foi menor para OM ($P =$
323 $0,05$). Todas as silagens permaneceram estáveis durante a exposição aeróbia (10 d), exceto a
324 SG que quebrou a estabilidade em 132 h ($P < 0,01$).

325 O desempenho dos animais, cálculos de energia líquida e NDT das silagens de TMR
326 estão apresentados na Tabela 6. O desempenho e as características dos animais foram
327 semelhantes entre os tratamentos, exceto para o CMS que foi maior para CA ($P = 0,01$) (mas

328 não houve diferença para a silagem de TMR SP e OM) e maior para escore de marmoreio,
329 mas semelhante com OM. A área do músculo *Longissimus* foi semelhante entre os
330 tratamentos ($P = 0,76$). Os valores de energia da dieta e NDT foram semelhantes entre as
331 dietas ($P = 0,31$).

332 O tempo de alimentação foi maior para o SP, mas semelhante à silagem de TMR com OM (P
333 $< 0,01$), porém o tamanho das refeições e a taxa de ingestão foram menores para o SP ($P <$
334 $0,01$) (Tabela 7). O intervalo entre as refeições foi maior para SG, mas não houve diferença
335 em relação ao CA ($P < 0,01$). Outras características de comportamento alimentar ($P = 0,38$) e
336 seleção de partículas ($P = 0,89$) foram semelhantes entre as silagens de TMR. Não houve
337 diferença para escore fecal e pH fecal entre as silagens de TMR ($P = 0,06$), mas a MS fecal
338 foi menor para SG ($P = 0,02$). Não houve diferenças significativas para a retenção de
339 partículas nas peneiras ($P = 0,93$).

340 A concentração sérica de triglicerídeos foi maior para OM ($P < 0,01$) e semelhante
341 com a silagem SP. A concentração sérica de colesterol foi maior para SG e SP ($P = 0,01$). Já
342 para AGNE, foi menor para OM ($P = 0,01$) quando comparado com SG.

343

344 **Discussão**

345 A recente literatura destaca que a ensilagem de rações completas (TMR) pode modificar a
346 composição e disponibilidade dos nutrientes (Bueno et al., 2020; Lazzari et al., 2021), o que
347 também foi observado em ensaios experimentais. Neste estudo, avaliamos a qualidade de
348 conservação e valor alimentício de silagens de TMR contendo diferentes fontes lipídicas na
349 terminação de tourinhos de corte confinados.

350 Todas as TMR ensiladas foram bem conservadas durante a estocagem (360 d) e
351 apresentaram estabilidade aeróbia prolongada durante o período de utilização (>132 h), sendo

352 este tempo de exposição aeróbia considerado suficiente para boas práticas de manejo do
353 painel do silo. De acordo com Piltz e Kaiser (2004), os teores de carboidratos solúveis (média
354 de 4,42% DM) foram satisfatórios para serem utilizados como substrato fornecedor de energia
355 para o crescimento das LAB. A variação do teor de carboidratos solúveis é de grande
356 relevância e teores acima de 3% da matéria natural podem garantir fermentação satisfatória do
357 material ensilado (Wilkinson et al., 1981). Os três principais fatores inerentes ao material
358 ensilado que influenciam no processo de fermentação são os teores de DM, carboidratos
359 solúveis e capacidade tampão. A partir dessas informações é possível realizar a predição do
360 coeficiente de fermentabilidade (FC), que de acordo com Weissbach et al. (1974), é desejável
361 obter valores acima de $FC = 45$ como ideal para ocorrências mínimas de ácido butírico. Em
362 nosso estudo, o FC médio das TMR ensiladas foi de 60 o que justifica a qualidade do material
363 conservado.

364 O intenso metabolismo dos microrganismos sobre o consumo de matéria orgânica do
365 material ensilado, durante o período de estocagem, é fator determinante do aumento de
366 compostos não degradáveis, como exemplo o acúmulo de cinzas (Ferrero et al., 2019). A
367 TMR ensilada com SP foi a principal dieta a concentrar mais cinzas, além de ter contribuído
368 para aumento de FDA e menores concentrações de carboidratos não fibrosos. O aumento
369 significativo no teor de cinzas está relacionado com a sua composição por conter sais de
370 cálcio que protegem a gordura. A silagem CA também apresentou maiores concentrações de
371 FDA e este aumento pode estar associado ao fator intrínseco das características do caroço de
372 algodão. Neste contexto, também podemos observar que a concentração do EE aumentou em
373 todas as TMR ensiladas, pelo consumo de outros componentes orgânicos, como já
374 mencionado.

375 Para o fracionamento de nitrogênio nota-se que para a silagem SG a fração A1 foi
376 maior (20,5% N) em razão da maior formação e alta solubilidade de amônia. Isso está atrelado

377 às características intrínsecas do grão de soja que é mais passível da ação da urease (Lessard et
378 al., 1978). Já na fração A2 encontram-se os aminoácidos livres, peptídeos, nitrato e nitrito
379 entre outras frações de N solúvel que não seja amônia (Van Amburgh et al., 2015) e com a
380 maior concentração observada para as silagens de TMR ensiladas com CA e OM. A fração B1
381 é considerada como proteína verdadeira, sendo facilmente degradada no rúmen e intestino,
382 sendo que a silagem com OM foi semelhante a SG, as quais apresentaram as menores
383 concentrações. A fração B2 está atrelada à fração FDN e, conseqüentemente, dispõe de menor
384 digestibilidade e a fração C é considerada indigestível (Higgs et al., 2015).

385 Com base nessas informações, podemos recordar que de acordo com Sikkema et al.
386 (1994) que os ácidos graxos polinsaturados (PUFA) podem inibir atividade microbiana pela
387 sua característica anfipática. Além disso, o PUFA pode se aderir a membrana celular
388 causando ruptura dessa membrana dos microrganismos que pode culminar com a perda de
389 permeabilidade seletiva de prótons e íons.

390 De acordo com as fontes lipídicas utilizadas, as que possuem ácidos graxos
391 polinsaturados são óleo de milho, soja grão e caroço de algodão. Neste estudo, processamos a
392 soja com a laminação do grão, isso possivelmente refletiu em distribuição mais homogênea na
393 ração e menor contato da gordura do grão com os microrganismos, o que eventualmente deve
394 ter causado efeitos menos deletérios aos microrganismos. Da mesma forma, notamos que o
395 caroço de algodão, pela proteção do línter, resultou que a gordura desta fonte pode ter ficado
396 menos exposta aos microrganismos. Por outro lado, o óleo de milho, sem nenhuma barreira,
397 teve mais facilidade de acessar a membrana dos microrganismos e isso acarretou em redução
398 da atividade proteolítica bacteriana.

399 Assim como observado em trabalho anterior (Lazzari et al., 2021), a ureia presente na
400 formulação das dietas contribuiu para com o aumento de concentração da amônia; além disso,

401 a proteína do grão de soja também é mais passível a ocorrer proteólise. A ureia é propensa à
402 hidrólise pela enzima urease durante a fermentação da silagem (Lessard et al., 1978). Em
403 conjunto, essas informações sugerem que a conversão de ureia em amônia pode ter
404 aumentado a capacidade de tamponamento no início da fermentação, além de outro fator que
405 vai ao encontro dessa informação é a concentração de ácido lático em todas as silagens, sendo
406 sua produção frequentemente estimulada em ambientes tamponados (Owens et al., 1969;
407 Huber e Santana, 1972; Custódio et al., 2016).

408 Alguns autores (Rook e Gill, 1990; Cushnahan et al., 1995; Huhtanen et al., 2002)
409 relataram menor CMS em bovinos alimentados com silagens contendo maior teor de $\text{NH}_3\text{-N}$.
410 Além disso, em um estudo de Soto-Navarro et al. (2000), ao observar a variação de consumo,
411 concluíram que os animais podem adaptar-se a uma variação de ingestão de até 10%, sendo
412 que em nosso estudo observamos variações entre 5.93% a 5.98%. No presente estudo, a
413 mudança na variação da ingestão não foi suficiente para afetar GMD, PCQ e escore de
414 marmoreio.

415 Comparativamente, o CMS foi maior para CA do que SG e isso acarretou em maior
416 escore de marmoreio para CA, o que pode ser atribuído à elevada ingestão de energia. O
417 marmoreio da carne depende do conteúdo energético da dieta (Smith e Crouse, 1984; Ladeira
418 et al., 2018), portanto, para maior deposição de gordura, é necessário que a dieta tenha alta
419 energia. Além disso, a hipertrofia ou preenchimento de adipócitos com lipídios é um
420 componente importante do desenvolvimento de gordura (Ladeira et al., 2018). E para tal
421 resposta, pode-se associar a ampla utilização do caroço de algodão pelo fornecimento de fibra,
422 gordura e proteína (Pires et al., 1997; Arieli, 1998; Mena et al., 2004; Cranston et al., 2006).

423 Os valores de pH observados em nosso estudo (média de 4,28) sugerem que a
424 fermentação foi satisfatória. Além disso, de forma semelhante ao coeficiente de

425 fermentabilidade (material não fermentado), o pH da silagem é um indicador importante para
426 avaliar a qualidade da fermentação (Muck, 2013). Porém, depende do teor de MS do material
427 ensilado, substrato para fermentação e período de estocagem (Restelatto et al., 2019). Para
428 TMR ensiladas com alto teor de MS (superior a 40%), o pH normal pode variar de 4,0 a 5,0
429 (Chen et al., 2015) e níveis acima disso são aceitáveis quando se ensilam materiais com alta
430 matéria seca (Weissbach, 1967; Liu et al., 2011).

431 Referente à concentração de ácidos orgânicos nas silagens (Tabela 4), o lático foi o
432 produto final da fermentação mais abundante, indicando crescimento satisfatório de BAL,
433 contribuindo para limitar as perdas de MS durante a fase fermentativa do silo (McDonald et
434 al., 1991). O segundo ácido mais encontrado nas silagens de TMR foi o acético (média 1,58%
435 DM) que possui forte atividade antifúngica (Davidson, 1997) e que contribuiu para alta
436 estabilidade aeróbia das silagens (Nishino et al., 2003; Nishino e Hattori, 2007; Wang e
437 Nishino, 2008; Restelatto et al., 2019).

438 A conversão de carboidratos solúveis em etanol resulta em altas perdas de MS
439 (McDonald et al., 1991; Bolsen et al., 1992). No entanto, quando consumido por animais, o
440 etanol pode ser absorvido ou metabolizado a acetato e metano por microrganismos do rúmen
441 (Kristensen et al., 2007; Daniel e Nussio, 2011). A silagem TMR, às vezes, pode ser mais
442 propensa à fermentação alcoólica do que a silagem convencional, por estar associada com o
443 alto teor de MS e alto teor de carboidratos solúveis (Wang e Nishino, 2008). Contudo, no
444 presente estudo os valores médios de etanol e dos demais álcoois (1,2-propanodiol e 2,3-
445 butanodiol) podem ser considerados baixos (Kung et al., 2018) e são consistentes a valores
446 semelhantes aos relatados em estudos anteriores (Nishino et al., 2003; Nishino et al., 2004;
447 Wang e Nishino, 2008; Restelatto et al., 2019a; Lazzari et al., 2021).

448 As contagens de clostrídios foram muito próximas do limite de detecção de contagens
449 microbianas, apresentando concentrações de ácido butírico abaixo do limite (0,3% MS)
450 referenciado na literatura (McDonald et al., 1991; Chen et al., 2015; Restellato et al., 2019).
451 As contagens de *Bacillus* foram relativamente baixas e enterobactérias, fungos filamentosos e
452 leveduras estavam abaixo do limite de detecção, o que indica alta qualidade higiênica
453 (Lindgren et al., 1985) das silagens deste estudo. Isso pode ter contribuído para alta
454 estabilidade aeróbia das silagens de TMR, assim como a preservação da qualidade das
455 silagens durante o longo período de estocagem (McDonald et al., 1991; Wang et al., 2016;
456 Restellato et al., 2019), que em nossas condições foram de 360 dias.

457 O desempenho animal (Tabela 5) foi significativamente elevado com a utilização de
458 fontes lipídicas neste estudo. A alimentação de bovinos em terminação com alta gordura
459 melhora o GMD e a eficiência alimentar (Zinn, 1988, 1989; Brandt e Anderson, 1990) ou
460 apenas eficiência alimentar (Krehbiel et al., 1995; Zinn e Shen, 1996; Ramirez e Zinn, 2000).
461 Neste estudo podemos constatar alto GMD (média 1,87 kg) e eficiência alimentar (média
462 0,162), não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. Isso pode ser atribuído ao
463 fato de que a gordura tem valor de ELg, aproximadamente, três vezes maior em comparação
464 com o milho (NASEM, 2016) e, além disso, a ensilagem de TMR com alto teor de amido
465 pode ter contribuído com o incremento da digestibilidade deste nutriente, o que reflete no
466 aumento da eficiência alimentar em rações contendo grãos de cereais comparativamente à
467 TMR fresca (Cao et al., 2010; Meenongyai et al., 2017; Miyaji e Nonaka 2018). Neste
468 aspecto, Zinn (1992) observou que os animais que foram suplementados com 6% das fontes
469 lipídicas *yellow grease* e *cottonseed oil* foram superiores para as características PCQ,
470 rendimento de carcaça, área do músculo *Longissimus* e espessura da gordura dorsal. Embora
471 em nosso estudo não haja diferenças para essas características, todas as dietas possibilitaram
472 que os animais apresentassem respostas elevadas.

473 Os efeitos da fonte de gordura na aceitabilidade de dietas quando a gordura é incluída
474 na TMR são pouco conhecidos, mas são provavelmente pequenos, a menos que as taxas de
475 inclusão sejam muito altas (Allen, 2000). Além disso, a rápida taxa de metabolização de
476 ácidos graxos saturados, coincide ao que Allen (2000) relata sobre a alta taxa de fermentação
477 ruminal do alimento, que contribui alterando o tempo e tamanho da refeição. Dessa forma, os
478 efeitos hipofágicos nos animais alimentados com a TMR SP no presente estudo podem estar
479 associados à composição físico-química da gordura utilizada e com os padrões de dissociação
480 dos sabões de cálcio no ambiente ruminal e intestinal (Sukhija e Palmquist, 1990).

481 A ausência de abscesso hepático e a semelhança dos escores fecais entre as dietas
482 avaliadas (valores próximos de 3 ou consistência normal) sugerem ausência de distúrbios
483 digestivos. Além disso, o pH fecal (média 6,18) foi semelhante para todas as silagens, embora
484 na TMR com SG tenha registrado menor teor de MS fecal. O pH fecal está associado com a
485 CMS, pelo aumento de passagem de matéria orgânica fermentável para o intestino (Wheeler e
486 Noller, 1977). Em nosso estudo, a silagem TMR com SG apresentou menor CMS (10,9 kg/d)
487 e mesmo assim não influenciou o pH fecal, apenas no teor de MS das fezes pelo menor
488 consumo quando comparado às demais dietas. Essas respostas sugerem que o processamento
489 e a ensilagem dos grãos contribuem como importante aumento de energia metabolizável nas
490 dietas pelo aumento da digestibilidade do amido no rúmen e no trato total (Krehbiel et al.,
491 1995; Owens et al., 1997; Pinto e Millen, 2016). Isso deocorre em razão da quebra da matriz
492 proteica que envolve os grânulos de amido no endosperma (Benton et al., 2005; Hoffman et
493 al., 2011), que ocorre principalmente pela ação das bactérias proteolíticas durante o período
494 de estocagem do alimento ensilado (Der Bedrosian et al. al., 2012; Junges et al., 2017).

495

496 Conclusão

497 Todas as silagens de TMR, independentemente das fontes lipídicas, apresentaram bom padrão
498 de fermentação e conservação durante o período de estocagem, e alta estabilidade aeróbia no
499 período de utilização. A inclusão das fontes lipídicas resultou em desempenho elevado de
500 tourinhos de corte em terminação. Portanto, a escolha da fonte lipídica nos confinamentos
501 comerciais deve ser considerada de acordo com as condições de disponibilidade do produto e
502 custos de compra em cada região.

503

504 Agradecimentos

505 Agradecemos a todos os alunos da equipe do GESF e da equipe da Fazenda Experimental de
506 Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá, pelo apoio nos cuidados com os animais, coleta
507 de amostras e análises. Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de
508 Pessoal de Nível Superior (Capes) - Código Financeiro 001 (Brasília, DF, Brasil).

509

510 Conflito de interesses

511 Os autores declaram não haver conflitos de interesse reais ou percebidos.

512 **Literatura citada**

- 513 Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy
514 cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598–1624. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2
- 515 AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington (VA): Association of Official
516 Analytical Chemists.
- 517 Arieli, A. 1998. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*
518 72:97–110. doi:10.1016/S0377-8401(97)00169-7
- 519 Benton, J. R., T. J. Klopfenstein, and G. E. Erickson. 2005. Effects of corn moisture and length
520 of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. *Nebraska Beef Cattle*
521 *Reports*. 151 p. 31–33. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/151>
- 522 Bevans, D. W., K. A. Beauchemin, K. S. Schwartzkopf-Genswein, J. J. McKinnon, and T. A.
523 McAllister. 2005. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed
524 intake by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 83:1116–1132. doi:10.2527/2005.8351116x
- 525 Bligh, E. G., and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification.
526 *Can. J. Biochem. Physiol.* 37:911-917. doi:10.1139/o59-099.
- 527 Brandt Jr., R. T., and S. J. Anderson. 1990. Supplemental fat sources affects feedlot
528 performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet energy value.
529 *J. Anim. Sci.* 68:2208-2216. doi:10.2527/1990.6882208x.
- 530 Bueno, A. V. I., G. Lazzari, C. C. Jobim, and J. L. P. Daniel. 2020. Ensiling total mixed ration
531 for ruminants: a review. *Agronomy* 10:879. doi:10.3390/agronomy10060879
- 532 Cao, Y.; Takahashi, T.; Horiguchi, K.; Yoshida, N. 2010. Effect of adding lactic acid bacteria
533 and molasses on fermentation quality and in vitro ruminal digestion of total mixed ration
534 silage prepared with whole crop rice. *Grassl. Scie.* 56:19–25. doi.org/10.1111/j.1744-
535 697X.2009.00168.x

- 536 Chen, L., G. Guo, C. Yu, J. Zhang, M. Shimojo, and T. Shao. 2015. The effects of replacement
537 of whole-plant corn with oat and common vetch on the fermentation quality, chemical
538 composition and aerobic stability of total mixed ration silage in Tibet. *Anim. Sci. J.* 86:69–
539 76. doi:10.1111/asj.12245
- 540 Cranston, J. J., Rivera, J. D., Galyean, M. L., Brashears, M. M., Brooks, J. C., Markham, C. E.,
541 McBeth, L. J., Krehbiel, C. R., 2006. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed
542 products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.*
543 84:2186-2199. doi:10.2527/jas.2005-669.
- 544 Cushnahan, A., C. S. Mayne, and E. F. Unsworth. 1995. Effects of ensilage of grass on
545 performance and nutrient utilization by dairy cattle 2. Nutrient metabolism and rumen
546 fermentation. *Anim. Sci.* 60:347-359. doi:10.1017/S1357729800013229.
- 547 Custódio, L., G. Morais, J. L. P. Daniel, T. Pauly, and L. G. Nussio. 2016. Effects of chemical
548 and microbial additives on clostridium development in sugarcane (*Saccharum officinarum*
549 L.) ensiled with lime. *Grassl. Sci.* 62:135-143. doi:10.1111/grs.12124.
- 550 Daniel, J. L. P., L. G. Nussio. 2011. Contribution of silage volatile compounds for the animal
551 nutrition. In: Proc. II International Symposium on Forage Quality and Conservation, São
552 Pedro-SP, p. 279-306.
- 553 Davidson, P. M. 1997. Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In: Doyle,
554 M. P.; Beuchat, L. R.; Monteville, T. J. (Eds) *Food Microbiology: Fundamentals and*
555 *Frontiers*. Washington: ASM Press. 520-556.
- 556 Der Bedrosian, M. C., K. E. Nestor Jr, and L. Kung Jr. 2012. The effects of hybrid, maturity,
557 and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *J. Dairy Sci.*
558 95:5115–5126. doi:10.3168/jds.2011-4833

- 559 DeVries, T. J., and R. M. Gill. 2012. Adding liquid feed to a total mixed ration reduces feed
560 sorting behavior and improves productivity of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:2648–
561 2655. doi:10.3168/jds.2011-4965
- 562 Ferrero, F; Prencipe, S; Spadaro, D; Gullino, M. L; Cavallarin, S; Piano, S; Tabacco, E;
563 Borreani, G. 2019. Increase in aflatoxins due to *Aspergillus* section Flavi multiplication
564 during the aerobic deterioration of corn silage treated with different bacteria inocula. *J.*
565 *Dairy Sci.* 102:1176-1193. doi:10.3168/jds.2018-15468
- 566 Gesualdi JR., A.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Silva, J. F. C.; Veloso, C. M.; Cecon,
567 P. P. 2000. Níveis de concentrado na dieta de novilhos F1 Limousin x Nelore em
568 confinamento: Consumo, conversão alimentar e ganho de peso. *Revista Brasileira de*
569 *Zootecnia.* 29:1458-1466.
- 570 Hall, M. B. 2014. Selection of an empirical detection method for determination of water-soluble
571 carbohydrates in feedstuffs for application in ruminant nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.*
572 198:28–37. doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.08.009
- 573 Higgs, R. J., L. E. Chase, D. A. Ross, and M. E. Van Amburgh. 2015. Updating the CNCPS
574 feed library and analyzing model sensitivity to feed inputs. *J. Dairy Sci.* 98:6340–6360.
575 doi:10.3168/jds.2015-9379
- 576 Hoffman, P. C., N. M. Esser, R. D. Shaver, W. K. Coblenz, M. P. Scott, A. L. Bodnar, R. J.
577 Schmidt, and R. C. Charley. 2011. Influence of ensiling time and inoculation on alteration
578 of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *J. Dairy Sci.* 94:2465–2474.
579 doi:10.3168/jds.2010-3562
- 580 Huber, J. T., and O. Santana. 1972. Ammonia-treated corn silage for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*
581 55:489–493. doi:10.3168/jds.S0022-0302(72)85521-8.

- 582 Huhtanen, P., H. Khalili, J. I. Nousiainen, M. Rinne, S. Jaakkola, T. Heikkilä, and J.
583 Nousiainen. 2002. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows.
584 *Livest. Prod. Sci.* 73:111-130. doi:10.1016/S0301-6226(01)00279-2.
- 585 Ireland-Perry, R. L., and C. C. Stallings. 1993. Fecal consistency as related to dietary
586 composition in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76:1074–1082.
587 doi:10.3168/jds.S0022-0302(93)77436-6
- 588 ISO. 1978. International Organization for Standardization. Animal and vegetable fats and oils
589 - Preparation of methyl esters of fatty acids. Method ISO 5509. Geneva, Switzerland. p.1-
590 6.
- 591 Joseph, J. D., and R. G. Ackman. 1992. Capillary column gas chromatography method for
592 analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. *J. AOAC*
593 *Int.* 75:488-506. doi:10.1093/jaoac/75.3.488.
- 594 Junges, D., G. Morais, M. H. F. Spoto, P. S. Santos, A. T. Adesogan, L. G. Nussio, and J. L. P.
595 Daniel. 2017. Short Communication: Influence of various proteolytic sources during
596 fermentation of reconstituted corn grain silages. *J. Dairy Sci.* 100:9048–9051.
597 doi:10.3168/jds.2017-12943
- 598 Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs, and D. R. Buckmaster. 2003. Modification of the Penn State
599 forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its
600 measurements. *J. Dairy Sci.* 86:1858–1863. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4
- 601 Krehbiel, C. R., R. A. McCoy, R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, D. H. Shain, and R. P. Huffman.
602 1995. Influence of grain type, tallow level, and tallow feeding system on feedlot cattle
603 performance. *J. Anim. Sci.* 73:2916-2921. doi:10.2527/1995.73102916x.
- 604 Kristensen, N. B., A. Storm., B. M. L. Raun., B. A. Røjen, D. L. Harmon. 2007. Metabolism of
605 Silage Alcohols in Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci.* 90:1364-1377.
606 doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71623-5.

- 607 Kung Jr, L; Shaver, R. D; Grant, R. J; Schmidt, R. J. 2018. Silage review: Interpretation of
608 chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 105:4020-4033.
609 doi:10.3168/jds.2017-13909
- 610 Ladeira, M. M., Schoonmaker, J. P., Swanson, K. C., Duckett, S. K., Gionbelli, M. P.,
611 Rodrigues, L. M., Teixeira, P. D. 2018. Review: Nutrigenomics of marbling and fatty acid
612 profile in ruminant meat. *Animal.* 12, 282–294. doi:10.1017/S1751731118001933
- 613 Lazzari, G; Poppi, A. C. O; Machado, J; Bueno, A. V. I; Gomes, A. L. M; Jobim, C. C; Daniel,
614 J. L. P. 2021. Effects of protein source and lipid supplementation on conservation and feed
615 value of total mixed ration silages for finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 99:1-13.
616 doi:10.1093/jas/skab032
- 617 Leonardi, C., and L. E. Armentano. 2003. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay
618 on selective consumption by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:557–564. doi:10.3168/jds.S0022-
619 0302(03)73634-0
- 620 Lessard, J. R., J. D. Erfle, F. D. Sauer, and S. Mahadevan. 1978. Protein and amino acid patterns
621 in maize ensiled with or without urea. *J. Sci. Food Agric.* 29:506-512.
622 doi:10.1002/jsfa.2740290603.
- 623 Licitra, G., T. M. Hernandez, and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for
624 nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57:347–358.
625 doi:10.1016/0377-8401(95)00837-3
- 626 Lindgren, S., Pettersson, K., Kasperson, A., Lingvall, P. 1985. Microbiological dynamics
627 during aerobic deterioration of silages. *J. Sci. Food. Agric.* 36:765-774.
628 doi:10.1002/jsfa.2740360902
- 629 Liu Q. H., J. G. Zhang., S. L. Shi, Q. Z. Sun. 2011. The effects of wilting and storage
630 temperatures on the fermentation quality and aerobic stability of stylo silage. *Anim. Sci. J.*
631 82:549–553. doi: 10.1111/j.1740-0929.2011.00873.x.

- 632 Maekawa, M., K. A. Beauchemin, and D. A. Christensen. 2002. Effect of concentrate level and
633 feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating
634 dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:1165–1175. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74179-9
- 635 McDonald, P., A. R. Henderson, and S. J. E. Heron. 1991. *The biochemistry of silage*. 2nd ed.
636 Chalcombe Publ., Aberystwyth, UK.
- 637 McDonald, P., A. R. Henderson, and S. J. E. Heron. 1991. *The biochemistry of silage*. 2nd ed.
638 Aberystwyth (UK): Chalcombe Publications.
- 639 Meenongyai, W., Pattarajinda, V., Stelzleni, A. M., Sethakul, J., and Duangjinda, M. 2017.
640 Effects of forage ensiling and ration fermentation on total mixed ration pH, ruminal
641 fermentation, and performance of growing Holstein-Zebu cross steers. *Anim. Sci. J.* 88:
642 1372-1379.
- 643 Mena, H., Santos, J. E. P., Huber, J. T., Tarazon, M., Calhoun, M. C., 2004. The effects of
644 varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood
645 parameters in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:2506-2518. doi:10.3168/jds.S0022-
646 0302(04)73375-5.
- 647 Mertens, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylosetreated neutral detergent fiber in
648 feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85:1217–
649 1240.
- 650 Missio, R. L.; Brondani, I. L.; Freitas, L. S.; Sachet, R. H.; Silva, J. H. S.; Restle, J. 2009.
651 Desempenho e avaliação econômica da terminação de tourinhos em confinamento
652 alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira Zootecnia.*
653 38:1309-1316.
- 654 Miyaji, M., and K. Nonaka. 2018. Effects of altering total mixed ration conservation method
655 when feeding dry-rolled versus steam-flaked hulled rice on lactation and digestion in dairy
656 cows. *J. Dairy Sci.* 101:5092–5101. doi:10.3168/jds.2017-13802

- 657 Muck, R. E. 2013. Recent advances in the silage microbiology. *Agric. Food Sci.* 22:3 –
658 15.[doi:10.23986/afsci.6718](https://doi.org/10.23986/afsci.6718)
- 659 NASEM. 2016. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient
660 requirements of beef cattle. 8th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
661 doi.org/10.17226/19014
- 662 Nishino N., H. Wada, M. Yoshida, H. Shiota. 2004. Microbial counts, fermentation products,
663 and aerobic stability of whole crop corn and a total mixed ration ensiled with and without
664 inoculation of *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. *J. Dairy Sci.* 87:2563-2570.
665 [doi:10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73381-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73381-0).
- 666 Nishino, N., and H. Hattori. 2007. Resistance to aerobic deterioration of total mixed ration
667 silage inoculated with and without homofermentative or heterofermentative lactic acid
668 bacteria. *J. Sci. Food Agric.* 87:2420-2426. [doi:10.1002/jsfa.2911](https://doi.org/10.1002/jsfa.2911).
- 669 Nishino, N., H. Harada, and E. Sakaguchi. 2003. Evaluation of fermentation and aerobic
670 stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total
671 mixed ration. *J. Sci. Food Agric.* 83:557-563. [doi:10.1002/jsfa.1395](https://doi.org/10.1002/jsfa.1395).
- 672 Owen, F. G., and W. T. Howard. 1965. Effect of ration moisture level on value of alfalfa plus
673 cracked corn as a complete-feed silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 48:1310-1314.
674 [doi:10.3168/jds.S0022-0302\(65\)88454-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(65)88454-5)
- 675 Owens, F. N., J. C. Meiske, and R. D. Goodrich. 1969. Effects of calcium sources and urea on
676 corn silage fermentation. *J. Dairy Sci.* 52:1817–1822. [doi:10.3168/jds.S0022-
677 0302\(69\)86847-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(69)86847-5)
- 678 Owens, F. N.; Secrist, D. S.; Hill, W. J.; Gill, D. R. 1997. The effect of grain source and grain
679 processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science.* 75:868-
680 879.

- 681 Palmquist, D. L.; Mattos, W. R. S. 2011. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T.;
- 682 PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (2Eds.) Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP.
- 683 p.299-322.
- 684 Piltz, J. W. and A. G. Kaiser. 2004. Principles of silage preservation. In: A. G. Kaiser , J. W.
- 685 Piltz, H. M. Burns and N. W. Griffiths (eds). *Successful Silage*. Dairy Australia and New
- 686 South Wales Department of Primary Industries. pp. 26-56.
- 687 Pinto, A. C. J.; Millen, D. D. 2016. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e
- 688 modelos nutricionais em uso. In: Sebastião de Campos Valadares Filho et al.. (Org.).
- 689 Simpósio de Produção de Gado de Corte (X Simcorte). 1ed.Viçosa/MG: UFV. 1:103-120.
- 690 Pires, A. V, Eastridge, M. L., Firkins, J. L., Lin, Y. C., 1997. Effects of heat treatment and
- 691 physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and production performance by
- 692 lactating cows. J. Dairy Sci. 80:1685-94. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76100-9
- 693 Pryce, J. D. 1969. A modification of the Barker-Summerson method for the determination of
- 694 lactic acid. Analyst 94:1151–1152. doi:10.1039/an9699401151
- 695 Ramirez, J. E., and R. A. Zinn. 2000. Interaction of dietary magnesium level on the feeding
- 696 value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers. J. Anim. Sci. 78:2072-2080.
- 697 doi:10.2527/2000.7882072x.
- 698 Restelatto, R., C. O. Novinski, L. M. Pereira, E. P. A. Silva, D. Volpi, M. Zopollatto, P.
- 699 Schmidt, and A. P. Faciola. 2019a. Chemical composition, fermentative losses, and
- 700 microbial counts of total mixed ration silages inoculated with different *Lactobacillus*
- 701 species. J. Anim. Sci. 97:1634-1644. doi:10.1093/jas/skz030.
- 702 Rook, A. J., and M. Gill. 1990. Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle.
- 703 1. Linear regression analyses. Anim. Prod. 50:425-438. doi:10.1017/s0003356100004918.

- 704 Sikkema J., Weber F. J., Heipieper H. J. and De Bont J. A. M. (1994.) Cellular toxicity of
705 lipophilic compounds: mechanisms, implications, and adaptations. *J. Bacteriology*. 10,
706 113-122. doi.org/10.3109/10242429409065221
- 707 Smith, S. B and Crouse, J. D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to
708 lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *J. The Journal of*
709 *Nutrition*. 114, 792–800. doi:10.1093/jn/114.4.792
- 710 Soto-Navarro, S. A., G. C. Duff, C. R. Krehbiel, M. L. Galyean, and K. J. Malcolm-Callis.
711 2000. Influence of feed intake fluctuation, feeding frequency, time of feeding and rate of
712 gain on performance by limit-fed steers. *Prof. Anim. Sci.* 16:13-20. doi:10.15232/S1080-
713 7446(15)31655-7.
- 714 Sukhija, P. S.; Palmquist, D. L. 1990. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids
715 in rumen fluid. *Journal of Dairy Science*. 73:1784- 1787.
- 716 Tylutki, T. P., D. G. Fox, V. M. Durbal, L. O. Tedeschi, J. B. Russell, M. E. Van Amburgh, T.
717 R. Overton, L. E. Chase, and A. N. Pell. 2008. Cornell net carbohydrate and protein system:
718 a model for precision feeding of dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 143:174–202.
719 doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.05.010
- 720 Van Amburgh, M. E., E. A. Collao-Saenz, R. J. Higgs, D. A. Ross, E. B. Recktenwald, E.
721 Raffrenato, L. E. Chase, T. R. Overton, J.K. Mills, and A. Foskolos. 2015. The Cornell Net
722 Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. *J.*
723 *Dairy Sci.* 98:6361-6380. doi:10.3168/jds.2015-9378.
- 724 Visentainer, J. V. 2012. Analytical aspects of the flame ionization detector response of fatty
725 acid esters in biodiesels and foods. *Quím. Nova*. 35:274-279. doi:10.1590/S0100-
726 40422012000200008.

- 727 Wang, F., and N. Nishino. 2008. Ensiling of soybean curd residue and wet brewers grains with
728 or without other feeds as a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 91:2380-2387.
729 doi:10.3168/jds.2007-0821.
- 730 Wang, H., T. Ning, W. Hao, M. Zheng, and C. Xu, C. 2016. Dynamics associated with
731 prolonged ensiling and aerobic deterioration of total mixed ration silage containing whole
732 crop corn. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 29:62-72. doi:10.5713/ajas.15.0319.
- 733 Weinberg, Z. G., Y. Chen, D. Miron, Y. Raviv, E. Nahim, A. Bloch, E. Yosef, M. Nikbahat,
734 and J. Miron. 2011. Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped
735 with polyethylene stretch film – a commercial scale experiment. *Anim. Feed Sci. Technol.*
736 164:125–129. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.11.016
- 737 Weissbach, F. 1967. The determination of buffering capacity of forage plants for the assessment
738 of their ensilability. *Acad. Agric. Sci.* 92:211–220. (In German)
- 739 Weissbach, F., Schmidt L., Hein E. 1974. Method of anticipation of the run of fermentation in
740 silage making based on the chemical composition of the green fodder. *Proc. XII*
741 *International Grassland Congress, Moscow, RU.* 3, 663–673.
- 742 Wheeler, W. E., and C. H. Noller. 1977. Gastrointestinal tract pH and starch in feces of
743 ruminants. *J. Anim. Sci.* 44:131-135. doi:10.2527/jas1977.441131x.
- 744 Zinn, R. A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot
745 steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66:213-227.
746 doi:10.2527/jas1988.661213x.
- 747 Zinn, R. A. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value
748 in finishing diets for feedlot steers: feedlot cattle growth and performance. *J. Anim. Sci.*
749 67:1029-1037. doi: 10.2527/jas1989.6741029x.

- 750 Zinn, R. A. 1992. Comparative feeding value of supplemental fat in steam-flaked corn- and
751 steam-flaked wheat-based finishing diets for feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 70:2959-2969.
752 doi:10.2527/1992.70102959x.
- 753 Zinn, R. A., and Y. Shen. 1996. Interaction of dietary calcium and supplemental fat on digestive
754 function and growth performance in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 74:2303-2309.
755 doi:10.2527/1996.74102303x.
- 756 Zinn, R. A., and Y. Shen. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and
757 metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 76:1280–1289.
758 doi:10.2527/1998.7651280x

Tabelas

Tabela 1. Composição da TMR

Item	Tratamento ¹			
	SG	CA	SP	OM
Ingredientes, % MS				
Bagaço de cana	13,0	13,0	13,0	13,0
Milho grão laminado	59,4	55,5	58,9	59,4
Fibra de milho úmida	15,0	15,0	15,0	15,0
Farelo de soja (46)		3,9	8,0	7,9
Ureia	0,62	0,62	0,62	0,62
Núcleo mineral-vitamínico ²	2,0	2,0	2,0	2,0
Soja grão laminado	10,0			
Caroço de algodão		10,0		
Sabão de palma			2,4	
Crude corn oil				2,0

¹SG: TMR com grão de soja laminado; CA: TMR caroço de algodão inteiro; SP: TMR com sabão de palma; OM: TMR óleo de milho bruto.

²Composição por kg: 240 g Ca, 24 mg Co, 490 mg Cu, 100 mg F, 28 mg I, 1000 mg Mn, 23 g Mg, 50 g Na, 10 g P, 25 g S, 8 g K, 6 mg Se, 1700 mg Zn, 1500 mg of monensin sodium, 150000 UI vitamin A, 15000 UI vitamin D, 1000 UI vitamin E.

Tabela 2. Composição da TMR fresca (média \pm DP)

Item	Tratamento ¹			
	SG	CA	SP	OM
MS ² , % alimento	54,6 \pm 0,24	53,8 \pm 0,96	55,4 \pm 0,42	54,2 \pm 0,17
Atividade de água, 0 – 1	0,809 \pm 0,006	0,818 \pm 0,003	0,863 \pm 0,005	0,851 \pm 0,005
pH	8,59 \pm 0,27	6,16 \pm 0,05	6,50 \pm 0,04	6,18 \pm 0,06
PB, % MS	13,5 \pm 0,26	13,1 \pm 0,40	13,1 \pm 0,39	13,1 \pm 0,49
Cinzas, % MS	2,95 \pm 0,57	3,12 \pm 0,55	3,73 \pm 0,60	3,46 \pm 0,64
FDN, % MS	31,39 \pm 0,72	37,68 \pm 0,52	36,54 \pm 0,59	31,37 \pm 0,25
FDA, % MS	12,90 \pm 0,31	16,75 \pm 0,14	15,65 \pm 0,21	13,05 \pm 0,76
EE, % MS	3,98 \pm 0,36	3,06 \pm 0,97	3,19 \pm 0,80	4,61 \pm 0,66
Carboidratos solúveis, % MS	4,77 \pm 0,29	4,07 \pm 0,41	4,45 \pm 0,54	4,38 \pm 0,37
Capacidade tampão, g ácido láctico/kg MS	24,9 \pm 0,74	24,8 \pm 0,16	36,3 \pm 2,75	30,3 \pm 0,45
Coefficiente de fermentabilidade ³	60,0 \pm 0,74	60,0 \pm 0,10	59,3 \pm 0,50	60,4 \pm 0,58
<i>Distribuição de partículas, % alimento</i>				
8 - 19 mm	8,7 \pm 3,8	18,2 \pm 5,3	9,5 \pm 2,6	6,8 \pm 2,2
4 - 8 mm	31,3 \pm 7,0	27,4 \pm 1,7	32,8 \pm 3,6	28,5 \pm 3,5
Fundo	60,0 \pm 10,5	54,4 \pm 6,5	57,7 \pm 5,9	64,7 \pm 5,1

¹SG: TMR com grão de soja laminado; CA: TMR caroço de algodão inteiro; SP: TMR com sabão de palma; OM: TMR óleo de milho bruto.

²Teor de matéria seca ajustado pela adição de água.

³CF = MS (% alimento) + Carboidratos solúveis (g/kg) / Capacidade tamponante (g/kg).

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos das TMR frescas e ensiladas (média ± DP)

Item	Tratamento ¹			
	SG	CA	SP	OM
TMR fresca				
Ácidos graxos, % ácidos graxos total				
C16:0	21,3 ± 1,4	22,5 ± 0,5	21,5 ± 0,1	21,3 ± 0,2
C18:0	2,9 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,3 ± 0,0	2,4 ± 0,2
C18:1n9t	0,1 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,1 ± 0,2	0,2 ± 0,1
C18:1n9c	31,4 ± 0,7	32,4 ± 0,5	33,4 ± 0,6	32,4 ± 0,5
C18:2n6t	-	-	0,1 ± 0,0	-
C18:2n6c	41,8 ± 1,8	41,5 ± 0,0	41,2 ± 0,6	42,5 ± 0,7
C18:3n6	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,1	0,6 ± 0,5
C18:3n3	2,1 ± 0,3	0,9 ± 0,0	1,0 ± 0,1	0,8 ± 0,0
TMR ensilada				
Ácidos graxos, % ácidos graxos total				
C16:0	17,3 ± 0,8	20,4 ± 0,5	27,1 ± 0,9	21,2 ± 0,6
C18:0	2,8 ± 0,0	2,4 ± 0,5	2,5 ± 0,1	2,0 ± 0,1
C18:1n9t	0,1 ± 0,1	-	0,4 ± 0,0	0,3 ± 0,1
C18:1n9c	28,7 ± 0,1	27,4 ± 0,2	30,2 ± 0,2	28,4 ± 0,2
C18:2n6t	-	0,5 ± 0,7	0,1 ± 0,0	-
C18:2n6c	48,2 ± 0,7	47,6 ± 0,1	38,2 ± 1,0	46,5 ± 0,3
C18:3n6	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,1
C18:3n3	2,6 ± 0,2	1,7 ± 0,3	1,4 ± 0,0	1,4 ± 0,1

¹SG: TMR com grão de soja laminado; CA: TMR caroço de algodão inteiro; SP: TMR com sabão de palma; OM: TMR óleo de milho bruto.

Tabela 4. Composição química das silagens de TMR

Item	Tratamento ¹				EPM	P-valor
	SG	CA	SP	OM		
MS, % alimento	57,22	56,52	57,27	56,89	1,267	0,97
PB, % MS	12,3	12,8	13,1	12,8	0,243	0,18
Cinzas, % MS	3,89 ^c	4,59 ^b	5,15 ^a	4,12 ^{bc}	0,133	<0,01
FDN, % MS	34,01	34,28	34,63	31,87	0,959	0,19
FDA, % MS	15,17 ^b	16,33 ^a	16,00 ^{ab}	14,76 ^b	0,386	0,02
EE, % MS	5,14 ^b	4,53 ^b	6,29 ^a	5,88 ^a	0,169	<0,01
Carboidratos solúveis, % MS	2,62	2,06	2,62	2,63	0,2191	0,06
CNF, % MS	44,61 ^a	43,77 ^{ab}	40,80 ^b	45,31 ^a	1,148	0,04
<i>Fração do N², % N</i>						
A1	20,5 ^a	17,5 ^b	17,8 ^{ab}	12,6 ^c	0,66	<0,01
A2	60,2 ^b	62,9 ^{ab}	57,9 ^b	69,5 ^a	1,84	<0,01
B1	13,5 ^{ab}	13,8 ^a	18,5 ^a	10,8 ^b	1,72	0,05
B2	4,0	4,5	4,3	5,2	0,41	0,26
C	1,8	1,4	1,6	1,8	0,26	0,64
PDR, % PB	77,5 ^a	76,5 ^{ab}	76,6 ^{ab}	75,8 ^b	0,32	<0,01
PNDR, % PB	22,5 ^b	23,5 ^{ab}	23,4 ^{ab}	24,2 ^a	0,32	<0,01

¹SG: TMR com grão de soja laminado; CA: TMR caroço de algodão inteiro; SP: TMR com sabão de palma; OM: TMR óleo de milho bruto.

²Fracionamento de nitrogênio de acordo com o CNCPS (Higgs et al., 2015).

Tabela 5. Perfil fermentativo, contagem microbiana e estabilidade aeróbia das silagens de TMR

Item	Tratamento ¹				EPM	P-valor
	SG	CA	SP	OM		
Atividade de água, 0 – 1	0,791	0,792	0,792	0,790	0,002	0,83
pH	4,34 ^{ab}	4,21 ^b	4,37 ^a	4,19 ^b	0,036	<0,01
NH ₃ -N, % N total	21,9 ^a	18,6 ^{ab}	16,1 ^b	11,9 ^c	1,07	<0,01
Ácido lático, % MS	6,04 ^a	6,17 ^a	5,82 ^{ab}	5,04 ^b	0,284	0,04
Ácido acético, % MS	1,20 ^c	1,47 ^b	2,15 ^a	1,52 ^b	0,063	<0,01
Ácido butírico, % MS	0,12 ^a	0,05 ^b	0,03 ^b	0,03 ^b	0,022	0,02
Etanol, % MS	0,48 ^b	1,02 ^a	0,53 ^b	0,70 ^a	0,109	<0,01
1,2-Propanodiol, % MS	0,01 ^c	0,39 ^b	1,15 ^a	0,28 ^b	0,052	<0,01
2,3-Butanodiol, % MS	0,07 ^a	0,05 ^a	0,04 ^a	0,02 ^b	0,011	0,05
BAL, log ufc/g MN	3,58 ^c	4,50 ^b	4,14 ^{bc}	5,48 ^a	0,192	<0,01
Clostrídio, log ufc/g MN	2,07	2,10	2,08	2,08	0,066	0,99
<i>Bacillus</i> , log ufc/g MN	3,31	3,53	3,55	3,83	0,206	0,38
Enterobactéria, log ufc/g MN	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	-	-
Levedura, log ufc/g MN	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	-	-
Fung, log ufc/g MN	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	-	-
Estabilidade aeróbia, h	132 ^b	237 ^a	240 ^a	237 ^a	4,1	<0,01

¹SG: TMR com grão de soja laminado; CA: TMR caroço de algodão inteiro; SP: TMR com sabão de palma; OM: TMR óleo de milho bruto.

Tabela 6. Desempenho e características de carcaça de tourinhos Angus x Nelore alimentados com silagens de TMR

Item	Tratamento ¹				EPM	P-valor
	SG	CA	SP	OM		
Inicial PC, kg	442	438	444	442	6,6	0,48
Final PC, kg	569	574	568	580	7,1	0,57
CMS, kg/d	10,9 ^b	12,2 ^a	11,4 ^{ab}	11,8 ^{ab}	0,30	0,01
Varição diária CMS, %	5,98	5,95	5,98	5,93	0,306	0,99
GMD, Kg/d	1,78	1,93	1,80	1,96	0,100	0,45
Eficiência alimentar	0,165	0,159	0,157	0,167	0,0068	0,68
Rendimento carcaça, %	58,3	58,2	57,6	57,3	0,38	0,16
PCQ, kg	332	334	327	333	4,3	0,76
Espessura de gordura, mm	6,20	6,71	6,06	6,72	0,653	0,65
Espessura gordura biceps, mm	8,18	8,62	7,43	8,02	0,519	0,46
Escore de marmoreio 12 ^a -costela (0-10)	2,73 ^b	3,53 ^a	2,73 ^b	2,94 ^{ab}	0,197	0,01
Área <i>Longissimus</i> na 12 ^a -costela, cm ²	89,1	91,8	88,6	89,5	2,32	0,76
Escore abscesso hepático, 0 to 3	0	0	0	0	-	-
<i>Energia da dieta²</i>						
ELm, Mcal/kg MS	2,37	2,32	2,27	2,44	0,084	0,31
ELg, Mcal/kg MS	1,67	1,62	1,58	1,73	0,073	0,32
NDT ³ , %MS	90,6	88,9	88,8	89,3	2,21	0,95

¹SG: TMR com grão de soja laminado; CA: TMR caroço de algodão inteiro; SP: TMR com sabão de palma; OM: TMR óleo de milho bruto.

²Calculado a partir dos dados de desempenho animal.

³Nutrientes digestíveis totais calculados partir dos dados de desempenho animal.

Tabela 7. Comportamento ingestivo, características fecais e parâmetros sanguíneos de touros Angus x Nelore alimentados com silagens de TMR

Item	Tratamento ¹				EPM	P-valor
	SG	CA	SP	OM		
Comendo, min/d	188 ^b	214 ^b	278 ^a	245 ^{ab}	13,3	<0,01
Ruminação, min/d	353	336	317	341	21,3	0,69
Mastigação, min/d	540	550	594	586	25,4	0,38
Refeições, /d	9,39	10,83	10,86	10,94	0,503	0,75
Tamanho refeição, kg MS/MN	1,339 ^a	1,224 ^{ab}	0,923 ^c	1,046 ^{ab}	0,9171	<0,01
Duração da refeição, min/MN	35,6	30,6	35,4	33,6	3,07	0,59
Intervalo refeições, min	142 ^a	120 ^{ab}	97 ^b	104 ^b	8,1	<0,01
Taxa de ingestão, g MS/min	65,1 ^a	61,1 ^a	43,0 ^b	52,1 ^{ab}	4,19	<0,01
<i>Índice de seleção partículas, % MN</i>						
8 - 19 mm	100	98	106	111	12,9	0,89
4 - 8 mm	100	100	101	104	4,9	0,92
Fundo	100	100	98	96	4,4	0,93
<i>Análises fecais</i>						
Escore fecal (1 – 4)	3,14	3,30	3,20	3,18	0,115	0,74
MS fecal, % MN	18,1 ^b	19,2 ^a	18,7 ^a	19,6 ^a	0,34	0,02
pH fecal	6,01	6,17	6,46	6,08	0,125	0,06
<i>Metabólitos do sangue</i>						
NEFA, mg/dL	0,380 ^a	0,340 ^{ab}	0,350 ^{ab}	0,322 ^b	0,0137	0,01
Triglicérides, mg/dL	61,0 ^b	62,8 ^b	63,7 ^{ab}	67,8 ^a	2,53	<0,01
Colesterol, mg/dL	173 ^a	161 ^b	197 ^a	166 ^b	8,1	0,01

¹SG: TMR com grão de soja laminado; CA: TMR caroço de algodão inteiro; SP: TMR com sabão de palma; OM: TMR óleo de milho bruto.

V – CONCLUSÕES GERAIS

A utilização de fontes lipídicas em rações completas ensiladas é uma alternativa eficiente que contribui com o adensamento energético das dietas fornecidas para bovinos de corte em terminação, resultando em ganhos satisfatórios dos animais e diminuição do tempo de confinamento.

Os lipídeos não geram calor de fermentação ruminal em razão do processo catabólico ser pouco expressivo no rúmen, havendo a inexistência de oxidação dos ácidos graxos no ambiente ruminal. Dessa forma, fontes lipídicas podem ser muito bem utilizadas nas dietas dos animais que estão localizados nas regiões brasileiras com incidência de altas temperaturas.

De acordo com a literatura, os benefícios obtidos pelos ácidos graxos nas dietas dos animais são de grande importância por participarem da composição de membranas celulares e também por exercerem função de precursores das moléculas regulatórias no organismo. Contudo, deve-se atentar aos teores permitidos para que não ocorram implicações no metabolismo ruminal pelo impacto das fontes lipídicas em alta concentração na dieta (acima de 8% de extrato etéreo com base na MS).

O uso de TMR ensilada apresenta grande potencial para se tornar realidade nas práticas de manejo alimentar das propriedades, principalmente em pequenos rebanhos (número de animais) ou ser destinada a grandes propriedades onde seu uso pode ser adequado ao tamanho

do lote de animais, categorias e exigências de produção. Além disso, os custos de produção desta tecnologia são variáveis de acordo com a flutuação de preços dos ingredientes que serão adotados na confecção da dieta. No entanto, de acordo com a logística de aquisição de insumos e operacionalização eficiente de estocagem, a TMR ensilada pode compor custo baixo no montante do sistema de produção.

Ainda há um longo caminho pela frente em relação às pesquisas feitas com a utilização de fontes lipídicas em rações completas ensiladas, porque ainda existem lacunas quanto aos teores de extrato etéreo que podem realmente ser testados (influência de raças bovinas), possibilidade de identificação de microrganismos mais adaptados ao desafio de fermentação da silagem, influência dos tipos de ácidos graxos nas respostas dos animais entre outras perguntas que ainda possam surgir nesse contexto.

Os resultados encontrados neste tipo de pesquisa poderão permitir, no futuro, o desenvolvimento e comercialização de produtos capazes de contribuir para aumentar a adoção de utilização desta tecnologia (ração completa ensilada) nos mais diferentes sistemas de produção animal, com a finalidade de diminuir tempo de confinamento na terminação de bovinos de corte.