

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

GIULIA FERRACIN FERREIRA FONTANA

SUPLEMENTAÇÃO COM LECITINA DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS E
SEU EFEITO NA PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E PARÂMETROS
SANGUÍNEOS

PONTA GROSSA

2025

GIULIA FERRACIN FERREIRA FONTANA

SUPLEMENTAÇÃO COM LECITINA DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS E
SEU EFEITO NA PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E PARÂMETROS
SANGUÍNEOS

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia na Universidade Estadual de
Ponta Grossa –
Área: Produção Animal

Orientadora: Prof.^a Dra. Adriana de Souza Martins
Coorientador: Dr. João Ricardo Alves Pereira

PONTA GROSSA
2025

F679 Fontana, Giulia Ferracin Ferreira
Suplementação com lecitina de soja na dieta de vacas leiteiras e seu efeito na produção, composição do leite e parâmetros sanguíneos / Giulia Ferracin Ferreira Fontana. Ponta Grossa, 2025.
65 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Área de Concentração: Produção Animal), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana de Souza Martins.
Coorientador: Prof. Dr. João Ricardo Alves Pereira.

1. Ácidos graxos. 2. Células somáticas. 3. Consumo. 4. Raça holandesa. I. Martins, Adriana de Souza. II. Pereira, João Ricardo Alves. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Produção Animal. IV.T.

CDD: 636



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

TERMO DE APROVAÇÃO

GIULIA FERRACIN FERREIRA FONTANA

“SUPLEMENTAÇÃO COM LECITINA DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E PARÂMETROS SANGÜÍNEOS”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ponta Grossa, 28 de fevereiro de 2025.

Membros da Banca:

Documento assinado digitalmente
gov.br ADRIANA DE SOUZA MARTINS
Data: 27/04/2025 10:56:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Adriana de Souza Martins – (UEPG)
Presidente

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO DE ALMEIDA
Data: 27/04/2025 15:50:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo de Almeida - (UFPR)
Membro Externo

Prof. Dr. Leandro Lipinski - (UEPG)
Membro Interno

Documento assinado digitalmente
gov.br LEANDRO CAVALCANTE LIPINSKI
Data: 27/04/2025 12:19:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Agraço a Deus e Nossa Senhora, por realizar tudo o que colocam em meus sonhos, assim como esse etapa que se finaliza.

Ao meu esposo, Guilherme, como é bom olhar para o caminho e saber que você sempre estará lá, me apoiando em cada momento e me dando toda a força necessária, eu te amo.

Agradeço aos meus pais, João e Ivete, por serem minha fortaleza e sempre acreditarem em mim. E a minha irmã, Giovana, o meu porto seguro em qualquer momento, qualquer palavra é mínima para descrever esse amor.

À minha querida orientadora, Adriana Martins. Que privilégio ter cruzado o seu caminho, tantos conhecimentos adquiridos e tantas oportunidades você me proporcionou, nunca faltando afeto, bondade e empatia.

Agradeço ao Professor João Ricardo pela coorientação durante todo este experimento.

Ao Zootecnista Leopoldo Los, que prontamente nos auxiliou na elaboração da dieta para este experimento.

Agradeço ao Professor Leandro Lipinski por todo auxílio com as análises dos metabólitos sanguíneos.

Às alunas de graduação que foram fundamentais para que esse projeto saísse do papel, Thainá, Karoline, Brunna e Milena. Muito obrigada!

Aos funcionários da Fazenda Escola e todos os alunos do Grupo de Estudos e Pesquisas do Leite (GEP Leite) que sempre estavam dispostos a ajudar.

À empresa Cargill, pelo fornecimento da lecitina de soja.

À Clínica do Leite pela parceria com as análises de ácidos graxos, enriquecendo as informações dessa dissertação.

À APCBRH pela colaboração com as análises químicas do leite.

A todos vocês, meu muito obrigada!

RESUMO

A lecitina de soja é um produto rico em extrato etéreo e possui em sua composição ácidos graxos (AG) e fosfolipídeos. Sua utilização na dieta de vacas em lactação pode trazer benefícios nutricionais e metabólicos, incluindo a regulação do metabolismo lipídico e hepático, além de impactos positivos na produção e composição do leite. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de lecitina de soja como suplemento na dieta de vacas em lactação, verificando seu potencial na produção e composição do leite, no consumo de matéria seca (CMS) e parâmetros sanguíneos. Foram avaliados três níveis de inclusão da lecitina na dieta, totalizando quatro tratamentos: 0% de lecitina (dieta controle); 0,75%; 1,5% e 2,2% de lecitina de soja na matéria seca (MS) da dieta. O delineamento experimental foi um quadrado latino duplo 4x4, sendo utilizadas oito vacas da raça Holandesa e quatro tratamentos. Para as análises sanguíneas foram colhidas amostras de sangue e analisados os níveis de albumina, colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL), β -hidroxibutirato (BHB), triglicerídeos, hematócrito, proteína plasmática total (PPT), gama-glutamyltransferase (GGT), alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST). Realizou-se a análise de regressão logística para a comparação dos tratamentos. A suplementação com lecitina de soja não teve influência no CMS, porém, o consumo de FDN (CFDN) apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$), enquanto o consumo de extrato etéreo (CEE) apresentou comportamento linear crescente ($P < 0,05$) em resposta à suplementação. Ao analisar a composição do leite, a inclusão de lecitina apresentou efeito quadrático sobre os teores de proteína ($P < 0,05$) e efeito linear sobre os teores de AG *de novo* ($P < 0,05$). Maiores teores de AG *de novo* no leite foram encontrados com a inclusão de lecitina, porém, os teores de gordura do leite foram baixos, sendo observado inversão na relação gordura/proteína. A redução nos níveis sanguíneos de PPT com a suplementação energética foi significativa, porém não suficiente para sugerir uma ação desse composto em atenuar inflamações. Corroborando com os resultados encontrados nos níveis de CCS. De modo geral, a adição de lecitina de soja não causou alterações na produção, composição do leite e parâmetros sanguíneos de vacas em lactação.

Palavras-chave: Ácidos graxos; Contagem de células somáticas; Consumo; Proteína plasmática total; raça Holandesa.

ABSTRACT

Soy lecithin is a product rich in ethereal extract and contains fatty acids (FA) and phospholipids. The inclusion of soy lecithin in the diet of dairy cows can offer nutritional and metabolic benefits, including the lipid regulation and liver metabolism, as well as a positive influence on milk production and composition. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of different levels of soy lecithin in the diet of dairy cows and its potential on milk production and composition, dry matter intake (DMI) and blood parameters. Three levels of dietary lecithin inclusion were evaluated for a total of four treatments: 0% lecithin (control diet); 0.75%; 1.5% and 2.2% soy lecithin in the dry matter (DM) of the diet. The cows were distributed in a 4x4 double latin square experimental design, using eight Holstein cows. For the blood tests, blood samples were taken and the levels of albumin, total cholesterol, high-density lipoprotein (HDL), low-density lipoprotein (LDL), β -hydroxybutyrate (BHB), triglycerides, hematocrits, total plasma protein (TPP), gamma-glutamyltransferase (GGT), alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) were analyzed. Logistic regression analysis was carried out to compare the treatments. Soy lecithin supplementation had no influence on DMI, but NDF intake (NDFI) showed a quadratic behavior ($P < 0.05$), while ethereal extract intake (EEI) showed an increasing linear behavior ($P < 0.05$) in response to supplementation. When analyzing milk composition, the inclusion of lecithin had a quadratic effect on protein concentration ($P < 0.05$) and a linear effect on *de novo* fatty acid concentration ($P < 0.05$). Higher levels of *de novo* FA in milk were found with the inclusion of lecithin, but milk fat levels were low, with an inversion being observed in the fat/protein ratio. The reduction in blood levels of PPT with lipid supplementation was significant, but not sufficient to suggest that this compound acts to attenuate inflammation, corroborating the results found in CCS levels. In general, the inclusion of soy lecithin did not cause changes in production, milk composition and blood parameters of lactating cows.

Key-words: Fatty Acids; Holstein breed; Intake; Somatic Cell Count; Total Plasma Protein.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: INSTALAÇÃO DOS ANIMAIS DO EXPERIMENTO NO SETOR DE BOVINOCULTURA DE LEITE DA UEPG.	34
FIGURA 2: COPO COLETOR E MEDIDOR ELETRÔNICO DA SALA DE ORDENHA DO SETOR DE BOVINOCULTURA DE LEITE DA UEPG	38
FIGURA 3: COLETA DE SANGUE DAS VACAS DURANTE O EXPERIMENTO	39
FIGURA 4: ANÁLISES DE COLESTEROL TOTAL REALIZADAS NO ESPECTROFOTÔMETRO BIOPLUS BIO-200 (FOTO A) E SEPARAÇÃO DO SORO SANGUÍNEO PARA ANÁLISE DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS (FOTO B). LABORATÓRIO DO DEPARTAMENTO DE MEDICINA - UEPG.....	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA (% NA MS) DOS INGREDIENTES DAS DIETAS EXPERIMENTAIS	36
TABELA 2 – COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DA LECITINA DE SOJA	36
TABELA 3 – COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS EM % NA MS	37
TABELA 4 – NÍVEIS MÉDIOS PARA EFEITO LINEAR (L), QUADRÁTICO (Q) E CÚBICO (C), DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS), CONSUMO DE MATÉRIA SECA EM RELAÇÃO AO PESO VIVO (CMS/PV), CONSUMO DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO (FDN), FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO (FDA), PROTEÍNA BRUTA, EXTRATO ETÉREO (EE) E CARBOIDRATO NÃO FIBROSO (CNF) SEGUNDO OS NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LECITINA DE SOJA DE VACAS EM LACTAÇÃO	42
TABELA 5 – NÍVEIS MÉDIOS PARA EFEITO LINEAR (L), QUADRÁTICO (Q) E CÚBICO (C), DA PRODUÇÃO DIÁRIA DE LEITE (PL), PRODUÇÃO DE LEITE CORRIGIDA PARA 4% DE GORDURA (PLC4), DOS TEORES DE GORDURA, PROTEÍNA, LACTOSE, SÓLIDOS TOTAIS (ST), NITROGÊNIO UREICO NO LEITE (NUL) E CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS (CCS) EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LECITINA DE SOJA DE VACAS EM LACTAÇÃO	43
TABELA 6 – NÍVEIS MÉDIOS DESCRITIVOS DE PROBABILIDADE E EQUAÇÕES DE REGRESSÃO PARA EFEITOS LINEAR (L), QUADRÁTICO (Q) E CÚBICO (C) DOS TEORES DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LECITINA DE SOJA NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO.....	45
TABELA 7 – NÍVEIS MÉDIOS DESCRITIVOS DE PROBABILIDADE E EQUAÇÕES DE REGRESSÃO PARA EFEITO LINEAR (L), QUADRÁTICO (Q) E CÚBICO (C) DOS NÍVEIS SANGÜÍNEOS DE HEMATÓCRITOS, PROTEÍNA PLASMÁTICA TOTAL (PPT) E ALBUMINA, SEGUNDO OS NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LECITINA DE SOJA DE VACAS EM LACTAÇÃO	46
TABELA 8 – NÍVEIS MÉDIOS PARA EFEITO LINEAR (L), QUADRÁTICO (Q) E CÚBICO (C) DAS CONCENTRAÇÕES SANGÜÍNEAS DE COLESTEROL TOTAL, HIGH-DENSITY LIPOPROTEIN (HDL), LOW-DENSITY LIPOPROTEIN (LDL) TRIGLICÉRIDOS E CORPOS CETÔNICOS EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LECITINA DE SOJA DE VACAS EM LACTAÇÃO	47

LISTA DE ABREVIATURAS

BEN – Balanço energético negativo
MS – Matéria seca
HDL – Lipoproteína de alta densidade
LDL – Lipoproteína de baixa densidade
AST – Aspartato aminotransferase
GGT – Gama-glutamil transferase
ALT – Alanina aminotransferase
PPT – Proteína plasmática total
AG – Ácido graxo
CMS – Consumo matéria seca
AGNE – Ácido graxo não esterificados
FDN – Fibra em detergente neutro
CNF – Carboidratos não fibrosos
CLA – Ácido linoleico conjugado
ACC - Acetil-coA carboxilase
FAS - Ácido graxo sintase
UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa
FESCON - Fazenda Escola Capão da Onça
DEL – Dias em lactação
ST – Sólidos totais
NUL – Nitrogênio ureico no leite
CCS – Contagem de células somáticas
MM – Matéria mineral
PB – Proteína bruta
EE – Extrato etéreo
FDA – Fibra em detergente ácido

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: SUPLEMENTAÇÃO COM LECITINA DE SOJA NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO	10
1.1 INTRODUÇÃO.....	10
1.2 HIPÓTESES.....	11
1.3 OBJETIVO GERAL	11
1.3.1 Objetivos Específicos	11
1.4 SÍNTESE DOS COMPONENTES DO LEITE	11
1.5 PICO DE LACTAÇÃO.....	13
1.6 METABÓLITOS SANGUÍNEOS	14
1.7 SUPLEMENTAÇÃO COM FONTES DE CARBOIDRATOS NÃO FIBROSOS (CNF).....	15
1.8 SUPLEMENTAÇÃO LIPÍDICA.....	16
1.9 LECITINA DE SOJA.....	18
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 2 – SUPLEMENTAÇÃO COM LECITINA DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E PARÂMETROS SANGUÍNEOS	32
2.1 INTRODUÇÃO	32
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.3 ANÁLISE DO CONSUMO DE MS E DOS NUTRIENTES	37
2.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE	38
2.5 ANÁLISE DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS.....	39
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
2.7 RESULTADOS.....	42
2.8 DISCUSSÃO.....	48
2.9 CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	54

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: SUPLEMENTAÇÃO COM LECITINA DE SOJA NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

A produção de leite tem mostrado notáveis avanços, como previsto por Britt *et al.* (2018), em relação ao melhoramento genético, instalações, sistemas de ordenha robotizadas, nutrição aprimorada e manejo mais eficiente dos rebanhos. Estes fatores contribuem com a maior produtividade dos animais e, entre eles, a nutrição desempenha um importante papel. Atualmente, o estado do Paraná possui um perfil de animais, em média, 12.000 kg de leite em uma lactação de 305 dias (Associação Paranaense de Bovinos da Raça Holandesa, APCBRH). Neste sentido, a formulação de dietas visa atender os requerimentos de manutenção, lactação, prenhez e crescimento, bem como disponibilizar nutrientes para a síntese dos componentes do leite (Palmquist e Jenkins, 2017). Além disso, deve proporcionar boa relação custo/benefício ao produtor.

O início da lactação é caracterizado pelo baixo consumo de matéria seca (CMS) e alta demanda energética para produção de leite. Portanto, a alimentação de vacas leiteiras também tem a função de atenuar a duração e a intensidade do balanço energético negativo (BEN) nesta fase. Esta condição é responsável por desencadear severos distúrbios metabólicos, os quais irão impactar diretamente na vida produtiva e reprodutiva dos animais durante todo o ciclo de produção (Cardoso *et al.*, 2020). Desta forma, o aumento na concentração energética da dieta torna-se uma estratégia viável.

A suplementação lipídica vem sendo empregada como uma importante estratégia para atender à crescente demanda na pecuária leiteira: a alta produtividade dos animais e os períodos críticos que ocorrem durante a lactação. Segundo Aires *et al.* (2020) a adição de fontes lipídicas na dieta é uma estratégia positiva para elevar a densidade energética, já que apresentam um conteúdo energético 2,25 vezes maior em relação aos carboidratos e proteínas. Além disso, promovem bons resultados na mitigação de desordens metabólicas no período de transição das vacas leiteiras, como por exemplo a cetose (De Souza e St-Pierre; Lock, 2019).

A lecitina de soja, classificada como o principal subproduto da fabricação de óleo vegetal de soja, é composta por fosfolipídios (50%), triglicerídeos (35%) e glicolipídios (10%) (Fontoura *et al.*, 2021). Tem sido amplamente utilizada como um suplemento na nutrição animal, contribuindo com o aumento da digestibilidade dos nutrientes, melhoria da função hepática dos animais, redução dos impactos das doenças metabólicas no período de transição,

aumento da produção e melhora no perfil lipídico do leite (Chen *et al.*, 2020). No entanto, a resposta à suplementação de lecitina pode variar em função de diversos fatores como nível de inclusão, fase da lactação, consumo, ambiente, entre outros.

1.2 HIPÓTESES

Considerando os desafios enfrentados por vacas leiteiras de alta produção durante a lactação, entre eles a redução do consumo de matéria seca e uma alta exigência metabólica, a suplementação com lecitina de soja irá atender às exigências energéticas, contribuindo para um pico de lactação mais alto e prolongado. Ainda, a lecitina pode reduzir os riscos de cetose, aumentando a produção de leite e melhorando sua composição.

1.3 OBEJTIVO GERAL

Conhecer o potencial da lecitina como suplementação lipídica na dieta de vacas em lactação.

1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a produção de leite de vacas alimentadas com diferentes níveis de lecitina de soja;
- Analisar a composição química do leite de vacas suplementadas com diferentes níveis de lecitina;
- Avaliar o consumo de matéria seca de vacas suplementadas com lecitina de soja;
- Analisar os parâmetros sanguíneos (glicose, lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL), β -hidroxibutirato (BHB), gama-glutamyl transferase (GGT) alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST), proteína plasmática total (PPT) e hematócrito) de vacas alimentadas com a lecitina de soja.

1.4 SÍNTESE DOS COMPONENTES DO LEITE

O leite de vaca é considerado um dos alimentos mais completos nutricionalmente. É composto por água, lactose, gordura, proteína, minerais, ácidos orgânicos, vitaminas, sólidos não gordurosos e sólidos totais (USDA, 2008). Porém, a composição pode ser modificada por meio de várias variáveis como por exemplo manejo, alimentação, raça e genética (Foroutan *et al.*, 2019). Estudos comprovam que o manejo alimentar dentro da propriedade leiteira tem grande impacto na composição do leite (Razzaghi; Ghaffari e Rico, 2023), principalmente nos teores de gordura e proteína (Tyasi; Gxasheka e Tlabela, 2015).

A lactose não sofre grandes alterações em função de manejos nutricionais, porém, é um importante componente do leite quando se fala sobre nutrição do neonato e volume de leite produzido. É um dissacarídeo composto por glicose e galactose, sendo o principal carboidrato encontrado no leite. Para o neonato essa molécula será quebrada e a glicose será a fonte de energia para o recém-nascido. Já para a vaca em lactação, 85% da glicose plasmática circulante é absorvida na glândula mamária para síntese de lactose (Stelwagen, 2011). A síntese deste componente ocorre no complexo de Golgi, por meio da ligação da molécula de glicose com a galactose pelo complexo enzimático lactose sintase e essa enzima é composta por uma das principais proteínas do soro: a α -lactoalbumina (Veiga e Fonseca, 2019).

A lactose está diretamente relacionada com o volume de leite produzido, quanto maior a quantidade de lactose maior será também o volume de leite. Sendo assim, qualquer transtorno metabólico que afete a produção dos ácidos graxos voláteis, principalmente o propionato, oriundos da degradação de carboidratos fibrosos no rúmen, poderá diminuir a produção de glicose, que por consequência irá diminuir a produção de lactose impactando também na produção de leite (Beloti, 2015).

A biossíntese da proteína do leite pode ter origem de basicamente duas fontes: aminoácidos derivados da corrente sanguínea e dos aminoácidos sintetizados nas células secretoras (Akers, 2022). A síntese dessas proteínas do leite ocorre em três etapas principais, segundo Santos e Fonseca (2019): a transcrição no núcleo das células epiteliais e formação de mRNA a partir de genes ativados, passando para a ativação de aminoácidos e ligação ao tRNA e por fim, a tradução que ocorre nos ribossomos. A caseína é a principal proteína do leite, contemplando as α , β , κ e γ -caseínas. As proteínas do soro do leite também fazem parte da composição, entre elas estão a α -lactoalbumina e a β -lactoglobulina (Curlej *et al.*, 2022). Os valores de proteína no leite estão intimamente relacionados com a degradação da proteína no ambiente ruminal e esse processo pode ser afetado por diversos fatores, sendo eles: a taxa de ingestão, a composição química e física da proteína bruta da dieta, a estrutura da molécula de proteína, da atividade microbiana no rúmen, o pH ruminal, o processamento do alimento e até mesmo, a temperatura do ambiente (Berchielli *et al.*, 2016).

Os teores de gordura no leite possuem um grande valor para a indústria de lácteos uma vez que é a fonte para a fabricação de produtos de alto valor agregado. A síntese de gordura no leite pode acontecer a partir de ácidos graxos (AG) oriundos da dieta conhecidos como ácidos graxos pré-formados, da mobilização das reservas corporais do animal e proveniente dos AG sintetizados na glândula mamária, a partir do betahidroxibutirato e do acetato, produzidos durante a fermentação ruminal. Esta via é denominada de síntese *de novo* de ácidos

graxos (Urrutia *et al.*, 2019). Os AG originados da síntese *de novo* constituem cerca de 25% da gordura do leite. Existe uma correlação de 77% entre a proporção dos AG da síntese *de novo* e o aumento da gordura do leite. Sendo assim, como mostrado em um estudo realizado no Canadá e divulgado pela organização Lactanet (2020), quando os níveis de AG *de novo* aumentam, a gordura do leite também tende a aumentar (Benoit *et al.*, 2024).

Os AG constituem uma importante parcela do leite, sendo os mais comuns na composição do leite bovino o ácido palmítico (C16:0), ácido oleico (C18:1), ácido esteárico (C18:0) e ácido mirístico (C14:0) (McCarthy *et al.*, 2018). Os AG C18:0 e C14:0 são considerados saturados, o C18:0 é um AG de cadeia longa e C14:0 um AG de cadeia média; o C16:0 também possui essas características e está relacionado com o aumento da produção de leite, dos teores de gordura e com a melhora na conversão alimentar (Piantoni; Lock e Allen, 2013); o C18:1 também é um AG de cadeia longa, porém, é um AG insaturado. Estudos mostraram que este pode auxiliar na digestibilidade dos AG, aumentando o consumo e, consequentemente, reduzindo o balanço energético negativo (De Souza; Prom; Lock, 2021; Zhong *et al.*, 2019).

1.5 PICO DE LACTAÇÃO

O pico de lactação é o período caracterizado pela maior produção de leite que o animal irá registrar durante a lactação atual e este período corrente entre 45 e 60 dias após o parto (Mello *et al.*, 2014). Após o pico, é fisiológico que os animais reduzam gradualmente sua produção de leite, até que lactação se encerre. Porém, estudos recentes buscam estratégias para que o pico de lactação possua uma maior persistência e que vaca produza mais leite por um período maior (Sehested *et al.*, 2019 e Marshall *et al.*, 2022)

Alguns fatores contribuem para o sucesso no pico da lactação de vacas leiteiras e isto, se inicia com a saúde metabólica do animal até mesmo antes do parto. O período de transição exerce grande impacto no metabolismo desses animais, principalmente na redução da quantidade de alimento consumido durante este período (Redfern; Sinclair e Robinson, 2021).

A redução no consumo de matéria seca (CMS) e o aumento repentino das exigências nutricionais no pós-parto faz com que as vacas entrem em quadro de balanço energético negativo (BEN) (Quin *et al.*, 2018). Essa circunstância aumenta os riscos de doenças metabólicas, sendo a cetose é uma das mais prevalentes no início da lactação (Liang *et al.*, 2017).

A cetose é definida pelo acúmulo de corpos cetônicos na corrente sanguínea, sendo eles o β -hidroxibutirato (BHB), acetoacetato e acetona (Rico e Barrientos-Blanco, 2024).

Devido ao baixo consumo e a alta demanda energética das vacas no início da lactação, uma intensa mobilização de gordura corporal irá acontecer para que seja convertida em ácidos graxos não esterificados (AGNE), gerando uma fonte energética a mais para os animais (Lei e Simões, 2021). Existe um limiar para que essa gordura seja aproveitada como energia pelo fígado, que é por meio do processo de reesterificação dos AG. Este corresponde a associação de três AG com uma molécula de glicerol, levando a formação dos triglicerídeos. Todavia, uma vez que ocorre mobilização exacerbada das reservas corporais, as vias metabólicas sofrem saturação e, como consequência, há o acúmulo de triglicerídeos no tecido hepático. O aumento das concentrações de corpos cetônicos leva a ocorrência de esteatose hepática e cetose (Shen *et al.*, 2021), sobrecarregando o fígado.

A cetose clínica normalmente está associada a valores acima de 3 mmol/l (Borja *et al.*, 2022). Já na cetose subclínica não existem sintomas aparentes e a concentração de BHB na corrente sanguínea é superior a 1,2 e 1,4 mmol/L, sendo a concentração de 0 a 1,2 mmol/L considerada fisiologicamente normal (Brunner *et al.*, 2018).

Em vacas com cetose exacerbada, a imunidade ficará comprometida podendo impactar no pico da lactação (Lacasse *et al.*, 2018). Neste contexto, a nutrição entra como uma ferramenta para aumentar a imunidade dos animais (Cardoso *et al.*, 2020).

1.6 METABÓLITOS SANGUÍNEOS

Os componentes do soro sanguíneo mantêm uma relação intrínseca com a composição química e a digestibilidade dos ingredientes dietéticos. No contexto metabólico de animais ruminantes, a glicose, o colesterol e o BHB são indicadores do metabolismo energético, enquanto a hemoglobina, as globulinas, a albumina e as proteínas totais refletem o metabolismo proteico (Zhang *et al.*, 2022). Já para a avaliação das funções hepática, as enzimas ALT, AST e GGT são os principais indicadores (Mordark *et al.*, 2020).

A enzima ALT é considerada hepato-específica, uma vez que o aumento na sua atividade está relacionado diretamente com uma degeneração ou necrose hepatocelular. O aumento moderado na sua atividade pode estar relacionado com esteatose hepática, porém, valores muito elevados são observados em hepatites tóxicas ou infecciosas, necrose celular, congestão hepática, neoplasias, pancreatites e cirrose (Zhang *et al.*, 2023). A análise da enzima AST tem por propósito detectar o diagnóstico de lesão hepática e, eventualmente, muscular. Esses eventos causam aumento da atividade sérica na degeneração de hepatócitos, músculos esqueléticos e cardíacos (González-Montaña e Alonso, 2021). Por fim, a enzima GGT pode

ser considerada um marcador enzimático sérico importante nas desordens dos sistema hepático (Sutherland *et al.*, 2020).

Ao analisar o perfil lipídico na corrente sanguínea, os indicadores mais de maior ênfase são o colesterol total, os triglicerídeos, LDL e HDL. Em vacas em lactação, a análise do perfil lipídico é muito utilizada no pós-parto em função das altas mobilizações de reservas corporais, características deste período. O LDL é o principal carreador de colesterol no sangue, carreando o colesterol do fígado para os tecidos periféricos. O HDL por sua vez, irá realizar o processo reverso: remover o excesso de colesterol no sangue e levá-lo ao fígado para ser eliminado (Kessler *et al.*, 2014). Valores de referência de HDL para bovinos está entre 40 e 86 mg/dL, já os valores de colesterol total ficam entre 80 e 100 mg/dL (González-Montaña e Silva, 2022).

A análise da concentração das PPT traz informações sobre todas as proteínas presentes no plasma sanguíneo, sendo elas as globulinas e albumina. Sua concentração no plasma está relacionada com a idade do animal, com a gestação, lactação e hormônios circulantes (Alberghina *et al.*, 2011). Altos valores de PPT podem estar relacionados com estado de desidratação dos animais. Por outro lado, valores mais baixos de PPT indicam um quadro de hipoproteïnemia, justificado por alguma deficiência na síntese de albumina ou perdas excessivas da mesma (Bratislav *et al.*, 2024).

O hematócrito, também conhecido como volume globular, equivale à porcentagem de eritrócitos no sangue. Ao ser analisada poderá trazer informações sobre a ocorrência de anemia ou policitemia, e condições do plasma do animal, como icterícia ou hemólise (Campo *et al.*, 2022). Outro fator que pode afetar o resultado desta análise é a hidratação do animal, podendo afetar o volume plasmático (Jo *et al.*, 2024).

A análise da composição sanguínea não apenas possibilita o diagnóstico e a prevenção de distúrbios metabólicos, mas também reflete o estado nutricional do animal, fornecendo uma compreensão mais detalhada e completa das respostas geradas (Rocha de Arruda *et al.*, 2008).

1.7 SUPLEMENTAÇÃO COM FONTES DE CARBOIDRATOS NÃO FIBROSOS (CNF)

A principal fonte de energia na forma de CNF para vacas leiteiras é oriunda do amido, um polissacarídeo. Na dieta de vacas em lactação, a maior parte desse amido é proveniente dos grãos de cereais, sendo o milho o mais utilizado (Hall e Mertens, 2017). O equilíbrio de carboidratos nas dietas de vacas em lactação é fundamental para que esses animais atinjam altos picos de produção. Esse equilíbrio está relacionado basicamente com dois fatores, sendo

eles: os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e os teores de CNF (Poorkasegaran e Yansari, 2014). Os CNF caracterizam-se por apresentar frações rapidamente degradadas no rúmen, sendo as principais o amido, a pectina e os açúcares. A pectina não pode ser digerida por enzimas produzidas pelos ruminantes sendo, portanto, classificada como uma fibra solúvel (Berchielle *et al.*, 2006).

A FDN está relacionada com a fração fibrosa dos alimentos, ou seja, a fração que não é digerida pelos animais e é a grande responsável pela ruminação e saúde ruminal (Oba e Kammes-Main, 2023). Os teores de FDN estão inversamente relacionados com a densidade energética da dieta. Valores excessivos de FDN irão reduzir o consumo e, consequentemente, os animais diminuem a produção (Souza; Ribeiro e Havartine, 2022). Porém, se os valores de FDN estiverem abaixo do recomendado para as vacas em lactação (28 a 30% da MS da dieta), problemas metabólicos podem ser desencadeados, como a acidose ruminal e a queda dos teores de gordura no leite (Khorrami; Khiaosa-Ard e Zebeli, 2021).

A digestão dos carboidratos é a primeira etapa para que sejam utilizados como fonte de energia para os ruminantes. Essa digestão ocorre majoritariamente no rúmen, por meio do processo de fermentação ruminal, devido à ação microbiana. A fração do alimento que passa ilesa por esse processo será digerida até a glicose no intestino delgado, por enzimas de origem pancreática (Owens, 2021). A digestibilidade, a composição física e química, bem como os fatores antinutricionais, são pontos que podem interferir nesta digestão.

Em vista disso, é fundamental que a dieta de vacas em lactação possua uma boa fonte de carboidratos fibrosos. Estes são os responsáveis pela maior porcentagem de energia proveniente da dieta e pela ruminação e saúde ruminal (Klevenhusen e Zebeli, 2021).

1.8 SUPLEMENTAÇÃO LIPÍDICA

Denomina-se lipídios os compostos orgânicos insolúveis em água, e solúveis em solventes orgânicos. A característica que faz os lipídios serem ainda mais energéticos que a classe dos carboidratos é a maior quantidade de átomos de hidrogênio, fornecendo mais energia para as células no processo de oxidação (Silva *et al.*, 2007).

O uso de lipídeos como forma de suplementação para vacas no período de transição vem sendo estudado há muitos anos. Na década de 1990, Grum *et al.* (1996) os pesquisadores acreditavam que a suplementação lipídica possuía uma grande propriedade de repor as reservas corporais de vacas com escore corporal muito baixo, porém, sabe-se que hoje os lipídeos possuem uma tendência em reduzir o escore corporal dos animais pela depressão no

CMS e no aumento da produção de leite. Drackley (1999) levantou a importância do uso de gorduras na dieta para evitar o acúmulo de triglicerídeos no fígado. Desde então, a suplementação lipídica vem sendo utilizada como estratégia para aumentar a densidade energética na dieta desses animais, além de contribuir com a fermentação microbiana e, consequentemente, com o perfil de AG presentes no leite (Baumann *et al.*, 2016).

Além disso, estudos mostraram melhor desempenho reprodutivo e menor incidência de casos de cetose em propriedades leiteiras com o uso de fontes lipídicas na dieta (Vanacker *et al.*, 2022 e Sordillo, 2016). A menor redução do escore corporal das vacas no período do pós-parto, a melhoria do perfil lipídico, o aumento da produção de leite e do teor de sólidos e o aumento no consumo de MS foram algumas das vantagens observadas ao se utilizar suplementos lipídicos na dieta de vacas em lactação (Hu *et al.*, 2023).

Devido a restrições fisiológicas, a inclusão de lipídios na dieta não deve exceder 6,0% da MS (Pitta *et al.* 2018). Com a presença de lipídeos no rúmen, o mecanismo de biohidrogenação será ativado, transformando (parcial ou totalmente) os AG insaturados em saturados. A suplementação lipídica em ruminantes, na maior parte das vezes, proporciona o aumento da concentração de triglicerídeos que, pela ação de enzimas lipolíticas, sofrem a lipólise liberando cadeias de AG livres (Bionaz; Vargas-Belo-Pérez e Busato, 2020). No rúmen, estes ácidos graxos sofrerão a ação das bactérias ruminais, transformando as ligações insaturadas em saturadas, por meio o acréscimo de íons de H. Este processo é denominado biohidrogenação e é conhecido como um mecanismo de defesa dos ruminantes, uma vez que os ácidos graxos insaturados apresentam maior toxicidade aos microrganismos ruminais, impactando negativamente na flora ruminal e, consequentemente, no processo de ruminação e digestão da fibra (Yang *et al.*, 2022).

Quando existe uma ingestão alta de AG, o processo de biohidrogenação pode ser prejudicado, podendo impactar na formação dos isômeros cis 9, trans 11 - CLA. Moléculas de trans-10 cis 12 18:2 são formadas em maior concentração, impactando diretamente na depressão da gordura do leite, uma vez que este isômero é um potente inibidor das enzimas responsáveis pela síntese de lipídeos na glândula mamária, sendo elas a acetil-coA carboxilase (ACC) e a ácido graxo sintase (AGS). Logo, haverá redução da produção de gordura no leite (Mu *et al.*, 2021 e Cabiddu *et al.*, 2019).

Resumidamente, a justificativa de se utilizar suplementos ricos em lipídeos na dieta de vacas leiteiras é a de aumentar a densidade energética com menor quantidade de alimento consumido, além de aumentar a produção de leite, reduzir a incidência de cetose e de outras desordens metabólicas, reduzir o estresse calórico e melhorar a reprodução (Cottica *et al.*,

2019). Diante do exposto, a lecitina de soja é uma alternativa como fonte suplementar de lipídios, a ser utilizada na dieta de vacas em lactação.

1.9 LECITINA DE SOJA

A lecitina de soja é o principal subproduto da fabricação de óleo vegetal de soja. É obtida na indústria por meio do processo de degomagem e é composta de fosfolipídios (50%), triglicerídeos (35%) e glicolipídios (10%), além de possuir carboidratos, pigmentos, carotenóides e outros micro compostos em sua composição (Wojtas et al., 2020). Os principais ácidos graxos presentes na lecitina de soja são o ácido linoléico (C18:2), o C18:0, C18:1 e o C16:0.

A lecitina de soja é considerada um suplemento lipídico e, por ser mais energética que os carboidratos (Silva et al., 2007), pode satisfazer de maneira mais completa a demanda energética da vaca no pós-parto, com menor ingestão de alimentos. Com isso, evita-se a mobilização de reservas corporais, diminuindo a possibilidade de um quadro de cetose. A redução da mobilização de reservas corporais previne o acúmulo de AGNE no plasma sanguíneo. Estudos comprovaram que estes ácidos promovem disfunção imunológica nos animais, impactando em BEN prolongado, prejudicando a produção de leite e a reprodução (Vanacker et al., 2022 e Sordillo, 2016).

Entre os fosfolipídios presentes na estrutura da lecitina pode-se citar a fosfatidilcolina, fosfatidilinositol, fosfatidiletanolamina como sendo os mais importantes. Os fosfolipídeos são responsáveis pela propriedade emulsificante da lecitina. Suas moléculas possuem uma parte polar hidrofílica e outra apolar lipofílica. Esta última é responsável pela capacidade de redução da tensão interfacial entre uma mistura de óleo e água (Nieuwenhuyzen, 1976).

O poder emulsificante é importante na alimentação de ruminantes uma vez que auxilia na manutenção da micela, na hidrólise dos lipídios e, posteriormente, na absorção pelos enterócitos no intestino. A limitação de emulsificação de ácidos graxos no intestino é uma das causas da redução da digestibilidade destes compostos e a baixa digestão de ácidos graxos pelos ruminantes. Devido à sua propriedade de emulsificação e de composição, a lecitina é utilizada na suplementação de vacas leiteiras favorecendo a função hepática. Portanto, contribui com o aumento na produção de leite, com a fertilidade e com a reprodução desses animais (Marchesini *et al.*, 2012).

Os ácidos graxos presentes na lecitina possuem um papel fundamental no aumento da densidade energética da dieta de vacas em lactação (De Nardi *et al.*, 2012). Mesmo com um consumo de MS mais baixo, os animais consomem quantidade suficiente de energia para que

não haja mobilização excessiva das reservas corporais, desencadeando o quadro de cetose. Essa situação irá contribuir de forma positiva com a produção de leite e com os teores de sólidos, que comprovaram que as estratégias dietéticas para aumentar a produção de gordura do leite concentraram-se principalmente no fornecimento dos AG C16:0 e C18:0, por meio de produtos suplementares como o ácido palmítico, ácido esteárico e ácido oleico (Rico et al., 2017; De Souza; Preseault e Lock, 2018).

Os impactos da suplementação com lecitina de soja na dieta de vacas leiteiras também podem ser observados nos metabólitos sanguíneos. Estudos científicos têm revelado o impacto da lecitina de soja sobre a regulação do colesterol e no metabolismo das lipoproteínas. Wilson; Merservey; Nicolosi (1998) e Leblanc *et al.* (2003) observaram que a suplementação com lecitina de soja está associada à diminuição dos níveis plasmáticos de LDL e com o aumento da síntese de HDL pelo fígado. Esses achados foram reforçados por estudos complementares, como os realizados por Lin *et al.* (2004) e LeBlanc *et al.* (2003), que indicaram que a lecitina pode influenciar diretamente na regulação do colesterol hepático. Os autores destacaram que a lecitina contribui para reduzir o excesso de LDL e estimula a síntese de HDL no fígado, facilitando a eliminação do colesterol por meio da bile ou sua conversão em sais biliares. Essas evidências ressaltam o potencial da lecitina de soja na modulação dos lipídios sanguíneos e na influência sobre outros metabólitos circulantes.

Estudos realizados com a lecitina de soja como aditivo alimentar para vacas leiteiras não são amplamente difundidos, porém, Lee *et al.* (2019) constataram que sua utilização foi capaz de aumentar a produção de leite e a eficiência alimentar em vacas em lactação, mostrando a necessidade e a importância de mais estudos relacionados ao assunto. Diante do exposto, verifica-se a importância dos estudos sobre fontes lipídicas na dieta de vacas leiteiras.

REFERÊNCIAS

AIRES, A. R.; ROCHA, R. X.; MORESCO, R. N.; MENEGAT, C.; BERTO, T.; LEAL, M. L. R. Efeito da suplementação de colina protegida no perfil metabólico e intervalo entre parto e concepção de vacas leiteiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, p. 553-559, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/1678-4162-10078>>.

AKERS, M. R. Lactation and Mammary Gland: Milk Component Biosynthesis. **First Edition, Iowa State**, 2022.

ALBERGHINA D.; GIANNETTO C.; VAZZANA I.; FERRANTELLI V.; PICCIONE G. Reference Intervals for Total Protein Concentration, Serum Protein Fractions, and Albumin/Globulin Ratios in Clinically Healthy Dairy Cows. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 23, p. 111-114, 2011. Disponível em <<https://doi.org/10.1177/10406387110230011>>.

ANDJELIĆ, B.; DJOKOVIC, R.; CINCOVIC, M.; BOGOSAVLIEVIC-BOSKOVIC, S.; PETROVIC, M.; MLADENOVIC, J.; CUKIC, A. Relationships between milk and blood biochemical parameters and metabolic status in dairy cows during lactation. **Metabolites**, v. 12, n. 8, p. 733, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/metabo12080733>>.

BALES, A. M.; CINZORI, M. E.; LOCK, A. L. Increasing palmitic acid and reducing stearic acid content of supplemental fatty acid blends improves production performance of mid-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 1, p. 278-287, 2024. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2023-23874>>.

BAUMANN, E.; CHOUINARD, P. Y.; LEBEUF, Y.; RICO, D. E.; GERVAIS, R. Effect of lipid supplementation on milk odd-and branched-chain fatty acids in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 6311-6323, 2016. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2015-10746>>.

BELOTI, V. Leite: obtenção, inspeção e qualidade. Londrina, Editora Planta, 2015.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep*, 2006.

BIONAZ, M.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; BUSATO, S. Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 11, p. 1-36, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1186/s40104-020-00512-8>>.

BENOIT, A. C.; DOS SANTOS NETO, J. M.; LOCK, A. L. Mammary gland responses to altering the supply of de novo fatty acid substrates and preformed fatty acids on the yields of milk components and milk fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v. 108, p. 10653-10666, 2024. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2024-24982>>.

BOLLATTI, J. M.; ZENOBI, M. G.; ARTUSSO, N. A.; LOPEZ, A. M.; NELSON, C. D.; BARTON, B. A.; STAPLES, C. R.; SANTOS, J. E. P. Effects of rumen-protected choline on the inflammatory and metabolic status and health of dairy cows during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 4192-4205, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17294>>.

BORJA, K. V.; AMADOR, A. M.; PARRA, S. H. S.; CÁRDENAS, C. F.; NÚÑEZ, L. F. Comparison of two diagnostic methods through blood and urine sample analyses for the detection of ketosis in cattle. **Veterinary World**, v. 15, p. 737, 2022. Disponível em <[10.14202/vetworld.2022.737-742](https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.737-742)>.

BRATISLAV, P.; STOLIC, N.; ZLATKOVÍČ, N.; JEVTIC, A. Analysis of the metabolic profile of Dairy cows. **XIII International Symposium on Agricultural Sciences AgroReS – Book of Proceeding**, 2021.

BRITT, J. H.; CUSHMAN, C. D.; DOBSON, H.; HUMBLLOT, P.; HUTJENS, M. F.; JONES, G. A.; RUEGG, P. S.; SHELDON, I. M.; STEVENSON, J. S. Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 3722-3741, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14025>>.

BRUNNER, N.; GROEGER, S.; RAPOSO, J. C.; BRUCKMAIER, R. M.; GROSS, J. J. Prevalence of subclinical ketosis and production diseases in dairy cows in Central and South America, Africa, Asia, Australia, New Zealand, and Eastern Europe. **Translational Animal Science**, v. 3, p. 84-92, 2019. Disponível <<https://doi.org/10.1093/tas/txy102>>.

CABIDDU, A.; DELGADILLO-PUGA, C.; DECANDIA, M.; MOLLE, G. Extensive ruminant production systems and milk quality with emphasis on unsaturated fatty acids, volatile compounds, antioxidant protection degree and phenol content. **Animals**, v. 9, n. 10, p. 771, 2019.

CAMPOS, R.; VÉLEZ, M.; GARCÍA, K.; CORREA, A.; ORDOÑEZ, A. L. Statistical analysis alternatives to validate hematic parameters in dairy under tropical conditions. **Revista de Ciencias Agrícolas**, v. 39, p. 20-34, 2022.

CARDOSO, F. C.; KALSCHEUR, K. F.; DRACKLEY, J. K. Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 5684-5693, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17271>>.

CHEN, G. J.; ZHANG, R.; WU, J. H.; SHANG, Y. S.; LI, X. D.; QIONG, M.; WANG, P. C.; LI, S. G.; GAO, Y. H.; XIONG, X. Q. Effects of soybean lecithin supplementation on growth performance, serum metabolites, ruminal fermentation and microbial flora of beef steers. **Livestock Science**, v. 240, p. 104121, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104121>>.

COTTICA, S. M.; AMADO, D. A. V.; AGUIAR, S. C. D.; BOEING, J. S.; FRANCO, S. L.; ZEOULA, L. M. e VISENTAINER, J. V. Antioxidant activity and lipid oxidation in milk from cows with soybean oil and própolis extract added to their feed. **Food Sci and Technology**, v.2, p.467-47, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/fst.33817>>.

CURLEJ, J.; ZAJÁC, P. Z.; CAPLA, J.; GOLIAN, J.; BENESOVÁ, L.; PARTIKA, A.; GEHÉR, A.; JAKABOVÁ, S. The effect of heat treatment on cow's milk protein profiles. **Foods**, v. 11, n. 7, p. 1023, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/foods11071023>>.

DE NARDI, R.; MARCHESINI, G.; TENTI, S.; CONTIERO, B.; ANDRIGHETTO, I.; SEGATO, S. Lecithin as a supplement for mid-lactating dairy cows. **Acta Argiculturae Slovenica, Supplement**, v. 3, p. 67-70, 2012.

DE SOUZA, J.; PROM, C. M.; LOCK, A. L. Altering the ratio of dietary palmitic and oleic acids affects nutrient digestibility, metabolism, and energy balance during the immediate postpartum in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 3, p. 2910-2923, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2020-19312>>.

DE SOUZA, J.; STRIEDER-BARBOZA, C.; CONTRERAS, G. A.; LOCK, A. L. Effects of timing of palmitic acid supplementation during early lactation on nutrient digestibility, energy balance, and metabolism of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 274-287, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2018-14977>>.

DE SOUZA, J.; PRESEAULT, C. L.; LOCK, A. L. Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 1, p. 172-185, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13460>>.

DRACKLEY, J. K. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier?. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 2259-2273, 1999. Disponível em <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75474-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3)>.

FONTOURA, A. B. P.; RICO, J. E.; DAVIS, A. N.; MYERS, W. A.; TATE, B. N.; GERVAIS, R.; MCFADDEN, J. W. Effects of dietary deoiled soy lecithin supplementation on milk production and fatty acid digestibility in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 1823-1837, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18797>>.

FOROUTAN, A.; GUO, A. C.; VAZQUEZ-FRESNO, R.; LIPFERT, M.; ZHANG, L.; ZHENG, J.; BADARAN, H.; BUDINSKI, Z.; MANDAL, R.; AMETAJ, B. N.; WISHART, D. S. Chemical composition of commercial cow's milk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, p. 4897-4914, 2019. Disponível em <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jafc.9b00204>>.

GONZÁLEZ-MONTAÑA, J.R.; ALONSO, P. Metabolic Profiles in Ruminants. **Proceedings Books – International Veterinary Sciences Congress**, p. 3, 2021.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. **ePub rev., atual. e ampl.** Porto Alegre, 2022. ISBN 978-65-00-43160-5.

GRUM, D. E.; DRACKLEY, J. K.; YOUONKER, R. S.; LACOUNT, D. W.; VEENHUIZEN, J. J. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 1850-1864, 1996. Disponível em < [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76553-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76553-0)>.

GRUMMER, R. R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2820-2833, 1995. Disponível em < <https://doi.org/10.2527/1995.7392820x>>.

HALL, M. B.; MERTENS, D. R. A. 100-year review: carbohydrates—characterization, digestion, and utilization. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 10078-10093, 2017. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13311>>.

HU, L.; SHEN, Y.; ZHANG, H.; MA, N.; LI, Y.; XU, H.; WANG, M.; CHEN, P.; GUO, G.; CAO, Y.; GAO, Y.; LI, J. Effects of dietary palmitic acid and oleic acid ratio on milk production, nutrient digestibility, blood metabolites and milk fatty acids profile of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 107, p. 4370-4380, 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23801>>.

JO, J. H.; NEJAD, J. G.; KIM, H. R.; LEE, H. G. Effect of seven days heat stress on feed and water intake, milk characteristics, blood parameters, physiological indicators, and gene expression in Holstein dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 123, p. 103929, 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2024.103929>>.

KESSLER, E. C.; GROSS, J. J.; BRUCKMAIER, R. M.; ALBRECHT, C. Cholesterol metabolism, transport, and hepatic regulation in dairy cows during transition and early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 9, p. 5481-5490, 2014. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7926>>.

KHORRAMI, B.; KHIAOSA-ARD, R.; ZEBELI, Q. Models to predict the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cows based on dietary and cow factors: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 7761-7780, 2021. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19890>>.

KLEVENHUSEN, F.; ZEBELI, Q. A review on the potentials of using feeds rich in water-soluble carbohydrates to enhance rumen health and sustainability of dairy cattle production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, p. 5737-5746, 2021. Disponível em < <https://doi.org/10.1002/jsfa.11358>>.

LACASSE, P.; VANACKER, N.; OLLIER, S.; STER, C. Innovative dairy cow management to improve resistance to metabolic and infectious diseases during the transition period. **Research in Veterinary Science**, v. 116, p. 40-46, 2018. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.06.020>>.

LACTANET. The importance of the novo group in your fatty acid profile. 2020. Disponível em < <https://lactanet.ca/en/the-importance-of-the-de-novo-group-in-your-fatty-acid-profile/>>.

LE, N. T. T.; CAO, V. D.; NGUYEN, T. N. Q.; LE, T. T. H.; TRAN, T. T.; THI, T. T. H. Soy lecithin-derived liposomal delivery systems: Surface modification and current applications. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, p. 4706, 2019. Disponível em < <https://doi.org/10.3390/ijms20194706>>.

LEBLANC, M.; BRUNET, S.; BOUCHARD, G.; LAMIREAU, T.; YOUSEF, I. M.; GAVINO, V.; LÉVY, E.; TUCHWEBER, B. Effects of dietary soybean lecithin on plasma lipid transport and hepatic cholesterol metabolism in rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 14, p. 40-48, 2003. Disponível em < [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00253-X](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00253-X)>.

LEE, C.; MORRIS, D. L.; COPELIN, J. E.; HETTICK, J. M.; KWON, I. H. Effects of lysophospholipids on short-term production, nitrogen utilization, and rumen fermentation and

bacterial population in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 3110-3120, 2019. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15777>>.

LEI, M. A. C.; SIMÕES, J. Invited review: ketosis diagnosis and monitoring in high-producing dairy cows. **Dairy**, v. 2, p. 303-325, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/dairy2020025>>.

LIANG, D.; ARNOLD, L. M.; STOWE, C. J.; HARMON, R. J.; BEWLEY, J. M. Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1472-1486, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11565>>.

LIN, Y.; MEIJER, G. W.; VERMEER, M. A.; TRAUTWEIN, E. A. Soy protein enhances the cholesterol-lowering effect of plant sterol esters in cholesterol-fed hamsters. **The Journal of Nutrition**, v. 134, p. 143-148, 2004. Disponível em <<https://doi.org/10.1093/jn/134.1.143>>.

MARCHESINI, G.; SEGATO, S.; STEFANI, A.; TENTI, S.; DORIGO, M.; GERARDI, G.; BERNARDINI, D.; ANDRIGHETTO, I. Lecithin: A by-product of biodiesel production and a source of choline for dairy cows. **Italian Journal of Animal Science**, v. 11, p. e37, 2012. Disponível em < <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e37>>.

MARSHALL, N. E.; ABRAMS, B.; BARBOUR, L. A.; CATALANO, P.; CHRISTIAN, P.; FRIEDMAN, J. E.; THORNBURG, K. L. The importance of nutrition in pregnancy and lactation: lifelong consequences. **American journal of obstetrics and gynecology**, v. 226, p. 607-632, 2022.

MCCARTHY, M. M.; OVERTON, T. R.; MECHOR, D.; BAUMAN, D. E.; JENKINS, T. C.; NYDAM, D. V. Field study to investigate the associations between herd-level risk factors for milk fat depression and bulk tank milk fat percent in dairy herds feeding monensin. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 4, p. 3118-3125, 2018. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13932>>.

MELLO, R. R. C.; FERREIRA, J. E.; DE MELLO, M. R. B. Persistência na lactação em bovinos. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 10, p. 18-22, 2014.

MEZZETTI, M.; CATTANEO, L.; PASSAMONTI, M. M.; LOPREIATO, V.; MINUTI, A.; TREVISI, E. The transition period updated: A review of the new insights into the adaptation of dairy cows to the new lactation. **Dairy**, v. 2, p. 617-636, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/dairy2040048>>.

MORDAK, R.; KUPCZYNSKI, R.; KUCZAJ, M.; NIZANSKI, W. Analysis of correlations between selected blood markers of liver function and milk composition in cows during late lactation period. **Annals of Animal Science**, v. 20, n. 3, p. 871-886, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0020>>.

MOTA, M. F.; NETO, A. P.; SANTOS, G. T.; FONSECA, J. F.; CIFFONI, E. M. G. The Transition Period in The Dairy Cow. **Arq. Ciência Veterinária: Umuarama**, v. 9, p. 77-81, 2006.

MU, T.; HU, M.; MA, Y.; FENG, X.; ZHANG, J.; GU, Y. Regulation of key genes for milk fat synthesis in ruminants. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, p. 765147, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3389/fnut.2021.765147>>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. **National Academy Press**, 2007.

OBA, M.; KAMMES-MAIN, K. Symposium review: Effects of carbohydrate digestion on feed intake and fuel supply. **Journal of Dairy Science**, v. 106, p. 2153-2160, 2023. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22420>>.

OWENS, F. N. 356 Anomalies of Carbohydrate Digestion and Metabolism by Ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 99, p. 196, 2021. Disponível em <[10.1093/jas/skab235.355](https://doi.org/10.1093/jas/skab235.355)>.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. A 100-Year Review: Fat feeding of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 10061-10077, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12924>>.

PIANTONI, P.; LOCK, A. L.; ALLEN, M. S. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 7143-7154, 2013. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6680>>.

PITTA, D. W.; INDUGU, N.; VECCHIARELLI, B.; RICO, D. E.; HARVATINE, K. J. Alterations in ruminal bacterial populations at induction and recovery from diet-induced milk fat depression in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 295-309, 2018. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12514>>.

POORKASEGARAN, S.; YANSARI, A. T. Effects of different sources of carbohydrates on intake, digestibility, chewing, and performance of Holstein dairy cows. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.5, p. 1-11, 2014. Disponível em < <https://link.springer.com/article/10.1186/2049-1891-5-6>>.

QIAO, K.; JIANG, R.; CONTRERAS, G. A.; XIE, L.; PASCOTTINI, O. B.; OPSOMER, G.; DONG, Q. The Complex Interplay of Insulin Resistance and Metabolic Inflammation in Transition Dairy Cows. **Animals**, v. 14, p. 832, 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.3390/ani14060832>>.

QUIN, N.; BAYAT, A.R.; TREVISI, E.; MINUTI, A.; KAIRENIUS.; VIITALA, S.; MUTIKAINEN, M.; LESKINEN, H.; ELO, K.; KOKKONEN, T.; VILKKI, J. Dietary supplement of conjugated linoleic acids or polyunsaturated fatty acids suppressed the mobilization of body fat reserves in dairy cows at early lactation through different pathways. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 7954-7970, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14298>>.

RAZZAGHI, A.; GHAFFARI, M. H.; RICO, D. E. The impact of environmental and nutritional stresses on milk fat synthesis in dairy cows. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 83, p. 106784, 2023. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2022.106784>>

REDFERN, E. A.; SINCLAIR, L. A.; ROBINSON, P. A. Dairy cow health and management in the transition period: The need to understand the human dimension. **Research in Veterinary Science**, v. 137, p. 94-101, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.04.029>>.

RICO, J. E.; BARRIENTOS-BLANCO, M. A. Invited Review: Ketone biology: the shifting paradigm of ketones and ketosis in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.107, p. 3367-3388, 2024. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2023-23904>>.

RICO, J. E.; DE SOUZA, J.; ALLEN, M. S.; LOCK, A. L. Nutrient digestibility and milk production responses to increasing levels of palmitic acid supplementation vary in cows receiving diets with or without whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 1, p. 436-446, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.2527/jas.2016.1089>>.

ROCHA DE ARRUDA, D. S.; JOBIM, C. C.; JÚNIOR, M. C.; DOS SANTOS, G. T. Effect of different forages on blood components of Holstein cows. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, 2008. Disponível em <<https://doaj.org/article/69898dbd06f4449dab5cf2b209e4b52b>>.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. Controle da mastite e qualidade do leite: desafios e soluções. **São Paulo**, 2019.

SEHESTED, J.; GAILLARD, C.; LEHMANN, J. O.; MACIEL, G. M.; VESTERGAARD, M.; WEISBJERG, M. R.; KRISTENSEN, T. Extended lactation in dairy cattle. **Animal**, v. 13, p. s65-s74, 2019.

SILVA, M. M. C.; RODRIGUES, M. T.; BRANCO, R. H.; RODRIGUES, C. A. F.; SARMENTO, J. L. R.; QUEIROZ, A. C.; DA SILVA, S. P. Suplementação de lipídios em dietas para cabras em lactação: consumo e eficiência de utilização de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 257-267, 2007. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100030>>.

SHEN, T.; XU, F.; FANG, Z.; LOOR, J. J.; OUYANG, H.; CHEN, M.; JIN, B.; WANG, X.; SHI, Z.; CHU, Y.; LIANG, Y.; JU, L.; SONG, Y.; WANG, Z.; LI, X.; DU, X.; LIU, G. Hepatic autophagy and mitophagy status in dairy cows with subclinical and clinical ketosis. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 4847-4857, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2020-19150>>.

SORDILLO, L. M. Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 4967-4982, 2016. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10354>>.

SOUZA, J. G.; RIBEIRO, C. V.; HARVATINE, K. J. Meta-analysis of rumination behavior and its relationship with milk and milk fat production, rumen pH, and total-tract digestibility in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, p.188-200, 2022. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20535>>.

STELWAGEN, K. Encyclopedia of Dairy Sciences – Second Editon. **Elsevier**, p. 367-372, 2011.

SUTHERLAND, M.; HUDDART, F.; COX, C.; CUTTANCE, E.; SCHUTZ, K. Relationship between gamma-glutamyl transferase (GGT) concentrations and lying behaviour in dairy cattle. **New Zealand Journal of Animal Science and Production**, v. 80, p. 24-28, 2020.

TYASI, T. L; GXASHEKA, M.; TLABELA, C. P. Assessing the effect of nutrition on milk composition of dairy cows: A review. **International Journal Current Science**, v. 17, p. 56-63, 2015.

URRUTIA, N.; BOMBERGER, R.; MATAMOROS, C.; HARVATINE, K. J. Effect of dietary supplementation of sodium acetate and calcium butyrate on milk fat synthesis in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 6, p. 5172-5181, 2019. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16024>>.

VANACKER, N.; HOOPER, H. B.; BLOUIN, R.; LACASSE, P. Effect of intravenous lipid infusion on biomarkers of insulin resistance and immune functions of dry and nonpregnant dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 106, p. 2113-2123, 2023. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22309>>.

VAN NIEUWENHUYZEN, W. Lecithin production and properties. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 53, p. 425-427, 1976. Disponível em < <https://doi.org/10.1007/BF02605737>>.

WILSON, T. A.; MESERVEY, C.M.; NICOLOSI, R. J. Soy lecithin reduces plasma lipoprotein cholesterol and early atherogenesis in hypercholesterolemic monkeys and hamsters: beyond linoleate. **Atherosclerosis**, v. 140, p. 147-153, 1998. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0021-9150\(98\)00132-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9150(98)00132-4)>.

WOJTAS, E.; ZACHWIEJA, A.; PIKSA, E.; ZIELAK-STECIWKO, A.; SZUMNY, A.; JAROSZ B. Effect of soy lecithin supplementation in beef cows before calving on colostrum composition and serum total protein and immunoglobulin G concentrations in calves. **Animals**, v. 10, p. 765, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/ani10050765>>.

YANG, Z.; LIU, S.; XIE, T.; WANG, Q.; WANG, Z.; YANG, H.; LI, S.; WANG, W. Effect of unsaturated fatty acid ratio in vitro on rumen fermentation, methane concentration, and microbial profile. **Fermentation**, v. 8, p. 540, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/fermentation8100540>>.

ZHANG, C.; SHAO, Q.; LIU, M.; WANG, X.; LOOR, J. J.; JIANG, Q.; CUAN, S.; LI, X.; WANG, J.; LI, Y.; HE, L.; HUANG, Y.; LIU, G.; LEI, L. Liver fibrosis is a common pathological change in the liver of dairy cows with fatty liver. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 4, p. 2700-2715, 2023. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22021>>.

ZHANG, M.; BAI, H.; ZHAO, Y.; WANG, R.; LI, G.; ZHANG, G.; ZHANG, Y. Effects of dietary lysophospholipid inclusion on the growth performance, nutrient digestibility, nitrogen utilization, and blood metabolites of finishing beef cattle. **Antioxidants**, v. 11, p. 1486, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/antiox11081486>>.

ZHONG, W.; FAN, B.; CONG, H.; WANG, T.; GU, J. Oleic acid-induced perilipin 5 expression and lipid droplets formation are regulated by the PI3K/PPAR α pathway in HepG2 cells. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 44, n. 8, p. 840-848, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0729>>.

CAPÍTULO 2 – SUPLEMENTAÇÃO COM LECITINA DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E PARÂMETROS SANGUÍNEOS

2.1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da produtividade de vacas leiteiras nas últimas décadas, o período de transição tornou-se ainda mais desafiador para esses animais, uma vez que a vaca terá redução no consumo de matéria seca, ao mesmo tempo em que ocorre o aumento repentino das exigências nutricionais após o parto, em função da alta produção de leite. Isto faz com que as vacas entrem em um quadro de BEN, gastando mais energia do que consomem (Quin *et al.*, 2018). Vacas altamente produtivas tornam-se ainda mais susceptíveis ao BEN nesse período, aumentando os riscos de doenças metabólicas, entre elas a cetose, a síndrome do fígado gorduroso, a hipocalcemia, metrites, retenção de placenta, mastite e deslocamento de abomaso (Mezzetti *et al.*, 2021).

Sendo assim, o uso de dietas assertivas é imprescindível para que as vacas, tanto no período pré-parto quanto no pós-parto, mantenham-se saudáveis e assim permaneçam durante toda lactação. Neste sentido, estratégias nutricionais foram amplamente estudadas com o intuito de amenizar os efeitos para o animal, principalmente em relação ao consumo. Uma delas é a utilização da suplementação lipídica, que tem se mostrado como uma boa alternativa, uma vez que os lipídeos possuem 2,25 vezes mais energia que os carboidratos (Silva *et al.*, 2007), satisfazendo a necessidade energética da vaca no pós-parto com menor quantidade de alimento, evitando assim a mobilização de reservas corporais. Esta suplementação auxilia na prevenção dos quadros de cetose, doença metabólica de alta incidência neste período (Liang *et al.*, 2017).

A lecitina de soja é um produto rico em extrato etéreo e possui em sua composição AG e fosfolipídeos. Este aditivo já é amplamente utilizado na nutrição de aves e suínos, com o propósito de atingir os altos requisitos energéticos para um desenvolvimento rápido, além do fornecimento de ácidos graxos essenciais e vitaminas (Vinãdo *et al.*, 2019). Na nutrição de ruminantes a utilização deste composto ainda não é bem estabelecida e, devido a isso, vem sendo estudada como suplemento na dieta de vacas leiteiras com a função de favorecer à função hepática, contribuindo com a produção de leite, imunidade, fertilidade e reprodução (Marchesini *et al.*, 2012).

O complexo lipídico é composto de lipídios polares, majoritariamente os fosfolipídeos (60%) e lipídios neutros, como os triglicerídeos (Van Nieuwenhuyzen; Tomás, 2008), conferindo à lecitina de soja propriedades emulsificantes. A função emulsificante é importante, uma vez que aumenta a digestibilidade dos nutrientes e, consequentemente, faz com que o animal tenha mais recursos para expressar seu potencial de crescimento, produção, reprodução e saúde (Gutierrez-Oviedo *et al.*, 2024).

Segundo Boerman *et al.* (2015), a emulsificação melhora a digestibilidade de ácidos graxos, caso esta seja a etapa limitante para a absorção desses compostos, uma vez que a digestibilidade dos ácidos graxos diminui com o aumento de sua concentração no intestino delgado.

Os fosfolipídeos possuem outras funções cruciais para os animais e uma delas está relacionada com a imunidade. Os AG presentes nas moléculas de fosfolipídeos têm a capacidade de modificar a resposta imune relacionada com os leucócitos, macrófagos, neutrófilos e células *natural killer* (glóbulos brancos capazes de eliminar células já infectadas no organismo) (Bronzo *et al.*, 2020). A ação dos AG sobre a resposta imune pode ocorrer basicamente sob quatro formas: inibição do metabolismo do ácido araquidônico, indução dos mediadores anti-inflamatórios, modificação dos lipídeos intracelulares e ativação dos receptores nucleares anti-inflamatórios (Andersen, 2022).

O desenvolvimento de um sistema imune eficiente, principalmente no período de transição de vacas leiteiras, irá contribuir para a redução de doenças metabólicas, assegurando uma melhor e mais produtiva lactação (Vlasova e Saif, 2021). Este é um ponto essencial, tendo em vista que problemas que acometem os animais no início da lactação podem trazer consequências para a lactação inteira, como a redução na produção de leite e impacto no desempenho reprodutivo (Mavangira; Sordillo, 2018).

Os estudos realizados com a lecitina de soja como aditivo alimentar para bovinos de leite são escassos. Lee *et al.* (2019) constataram que sua utilização causou aumento na produção de leite e melhorou a eficiência alimentar de vacas em lactação. Em um estudo realizado por Abel-Caines; Grant e Morrison (1998), verificou-se alterações na composição lipídica do leite ao suplementarem vacas com lecitina de soja e casca de soja. Houve aumento na concentração de C18:2, demonstrando que a lecitina é uma fonte promissora para ser utilizada na dieta de vacas em lactação, indicando a necessidade de mais estudos relacionados ao assunto.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação com lecitina de soja na alimentação de vacas em lactação sobre a produção e composição do leite e sobre os parâmetros sanguíneos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética e Uso de Animais – CEUA (nº do protocolo 23.000017438-0) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e realizado na Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON), pertencente à UEPG. Foram utilizadas 8 vacas da raça Holandesa, com peso médio de $698 \pm 63,4$ kg, dias em leite (DEL) médio de $60 \pm 39,2$ e em média duas lactações ± 1 lactação. As vacas foram distribuídas em dois quadrados latinos 4×4 , sendo quatro tratamentos e oito repetições (vacas) por tratamento.

A instalação experimental consistiu em um estábulo de alvenaria semi-coberto, com piso forrado com tapetes de borracha e serragem. A instalação também dispôs de canzils e comedouros individuais, além de dois blebedouros com boia, com capacidade de 250 litros cada (Figura 1).

Figura 1: Instalação dos animais do experimento no Setor de Bovinocultura de leite da UEPG.



Fonte: Autora, 2023.

Foram avaliados três níveis de inclusão da lecitina de soja, além do controle, na alimentação de vacas em lactação, totalizando quatro tratamentos: Lec 0 (controle): sem a inclusão de lecitina de soja no concentrado; Lec 0,75: 0,75% de inclusão de lecitina de soja na dieta total; Lec 1,5: 1,5% de inclusão de lecitina de soja; Lec 2,2: 2,2% de inclusão da lecitina da soja. As vacas foram submetidas a quatro períodos experimentais, com duração de 25 dias cada período, dos quais 20 foram designados para a adaptação dos animais às dietas e 05 dias às coletas de dados, totalizando 100 dias de experimento.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia: após a ordenha da manhã (7h30) e antes da ordenha da tarde (15h00). A alimentação foi fornecida nos comedouros individuais, ficando disponível aos animais por aproximadamente uma hora e meia, durante cada refeição. Após a ordenha da tarde, as vacas foram transferidas para piquetes, com pastagem de capim Tifton-85 (*Cynodon* sp.), sem sombreamento, com bebedouros. As vacas permaneceram nos piquetes até a manhã do dia seguinte. Um dia antes do início do experimento e durante o período experimental foram realizadas roçadas para rebaixar a pastagem, evitando o consumo pelos animais.

A dieta basal foi formulada para atender as exigências nutricionais das vacas em lactação, conforme as diretrizes do NASEM (2021). O concentrado foi formulado utilizando milho moído, farelo de soja, farelo de trigo, ração comercial PEC 20, contendo premix mineral e vitamínico, além da inclusão ou não da lecitina de soja. A silagem de milho foi utilizada como fonte de volumoso. Esta formulação resultou em quatro dietas isoenergéticas e isoproteicas, cuja composição química dos ingredientes está detalhada na Tabela 1. A Tabela 2 refere-se à composição de ácidos graxos da lecitina de soja.

Tabela 1– Composição química (% na MS) dos ingredientes das dietas experimentais

Ingrediente	MS	PB	FDN	FDA	EE
Silagem de milho	34,10	8,2	49,7	26,8	4,7
Milho em grão	80,3	8,8	10,6	2,7	4,1
Farelo de soja	88,8	49,7	9,2	5,6	3,2
Farelo de trigo	87,5	18,5	29	16,2	4,6
Ração PEC 20*	87,1	25,4	26,5	15,8	4,7
Lecitina de soja	92,8	2,73	45,04	32,47	15,95

MS= matéria seca; PB=proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; EE= extrato etéreo. *Ração comercial: milho, farelo de soja, farelo germen milho, casca de soja, cevada, Dried Distiller Grains Solubles (DDGS), bicarbonato de sódio, fosfato monocálcico, calcário cálcico, óxido magnésio, sal comum, premix bovinos lactação Frisia composto por: cobalto, cobre, iodo, manganês, selênio, zinco, cromo, enxofre, vitamina A, vitamina D, vitamina E, biotina, monensina, adsorvente, enxofre 70S, aditivo conservante com ácidos orgânicos, probiótico de levedura. Lec 0= dieta sem adição de lecitina de soja; lec 0,75= dieta com adição de 0,75% de lecitina; lec 1,5= adição de 1,5% de lecitina; lec 2,2= adição de 2,2% de lecitina.

Tabela 2 – Composição em ácidos graxos da lecitina de soja

Ácido Graxos	%
Ácido Cáprico (C10:0)	0,32
Ácido Mirístico (C14:0)	0,12
Ácido Palmítico (C16:0)	9,16
Ácido Palmitoléico (C16:1)	0,10
Ácido Esteárico (C18:0)	11,36
Ácido Oléico (C18:1)	10,61
Ácido Linoléico (C18:2)	23,20
Ácido Aracdônico (C20:1)	2,15

Cargill Agrícola S.A.

Na Tabela 3 encontram-se a composição percentual e química das dietas experimentais.

Tabela 3 – Composição percentual dos ingredientes das dietas experimentais, em % na MS

Ingrediente	Lec 0	Lec 0,75	Lec 1,5	Lec 2,2
Silagem de milho	51,22	51,25	51,24	51,29
Milho em grão	7,42	7,42	7,42	7,43
Farelo de soja	7,50	7,50	7,51	7,51
Farelo de trigo	3,70	2,89	2,15	1,29
Ração PEC 20*	30,13	30,15	30,15	30,17
Lecitina de soja	0	0,75	1,50	2,20
MS (%)	46,55	46,54	46,54	46,53
PB (%)	17,93	17,87	17,81	17,75
FDN (%)	35,12	35,05	35,02	34,96
FDA (%)	17,23	17,48	17,72	17,98
EE (%)	3,81	3,89	3,98	4,07

MS= matéria seca; PB=proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; EE= extrato etéreo. Lec 0= dieta sem adição de lecitina de soja; lec 0,75= dieta com adição de 0,75% de lecitina; lec 1,5= adição de 1,5% de lecitina; lec 2,2= adição de 2,2% de lecitina.

2.3 ANÁLISE DO CONSUMO DE MS E DOS NUTRIENTES

Durante os períodos de coletas (nos cinco dias consecutivos), ao final de cada dia, foram realizadas amostragens dos ingredientes da dieta e das sobras de cada animal, as quais foram pesadas e, em seguida, retiradas amostras de 200 g. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer à -18°C. Antes do início do experimento, analisou-se a composição química dos ingredientes das dietas no laboratório da Esalq.

Para as análises laboratoriais, as amostras de sobras e dos alimentos foram descongeladas e então pesadas e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C durante 72 horas ou até peso constante. Em seguida as amostras foram moídas em peneira com crivos de 1mm para posterior análises químicas. Foram analisados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). O consumo de MS foi determinado descontando-se as sobras da quantidade de ração total fornecida de cada animal, durante 5 dias, em cada período experimental. O

consumo dos nutrientes foi calculado multiplicando-se o teor de nutriente pelo teor de MS da dieta fornecida e das sobras e, em seguida, descontando as sobras do fornecido, por animal e por período.

2.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE

As amostras de leite foram coletadas na ordenha da manhã e da tarde, por meio de copos coletores (Figura 2) e armazenadas em frascos contendo conservante bronopol, devidamente identificados por animal e por período. As amostras foram analisadas para os seguintes parâmetros: teores de proteína, gordura, lactose, sólidos totais (ST) e nitrogênio uréico no leite (NUL), sendo determinadas por meio do espectrofotômetro de infravermelho (B 2300 Combi, BentleyInstruments) (AOAC, 2016).

As análises de CCS foram realizadas por Citometria de Fluxo (Somacount-500, BentleyInstruments), segundo a metodologia de Paula *et al.* (2004). As análises de composição do leite foram realizadas no laboratório da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa – APCPRH e a produção de leite foi determinada por meio de medidores eletrônicos.

Figura 2: Copo coletor e medidor eletrônico na sala de ordenha do Setor de Bovinocultura de Leite da Fazenda Escola da UEPG



Fonte: Autora, 2023.

Para a análise do perfil de AG foi coletado um segundo frasco contendo conservante bronopol com amostra de leite de cada animal. Estas amostras foram devidamente identificadas e enviadas ao laboratório da Clínica do Leite, pertencente à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, e analisadas pelo equipamento CombiFoss7 por Citometria de Fluxo. Os ácidos graxos analisados foram: C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, saturados, insaturados, monoinsaturados, poli-insaturados, ácidos graxos de cadeia curta, de cadeia média, cadeia longa, ácidos graxos de novo, mistos e pré-formados.

2.5 ANÁLISE DOS METABÓLITOS SANGUÍNEOS

A colheita de sangue foi feita uma vez por período e por meio de punção da veia jugular de cada vaca, três horas após a primeira refeição (Artunduaga *et al.*, 2018) utilizando-se tubos BD Vacutainer® SST® II Advance® de 10 mL, um contendo anticoagulante e o outro contendo EDTA K2, com volume de 4 mL (Figura 3). Após a colheita, as amostras foram levadas para o laboratório de cirurgia experimental do Departamento de Medicina da UEPG para análises. Os tubos com anticoagulante foram submetidos à centrifugação sob temperatura de 15 °C, com velocidade angular de 2.500 rotações por minuto (rpm) durante um período de 5 a 10 minutos. Após a centrifugação, o soro obtido foi transferido para tubos *Eppendorfs* de 1 mL, devidamente identificados, sendo armazenados em freezer à -20°C para posterior análise bioquímica.

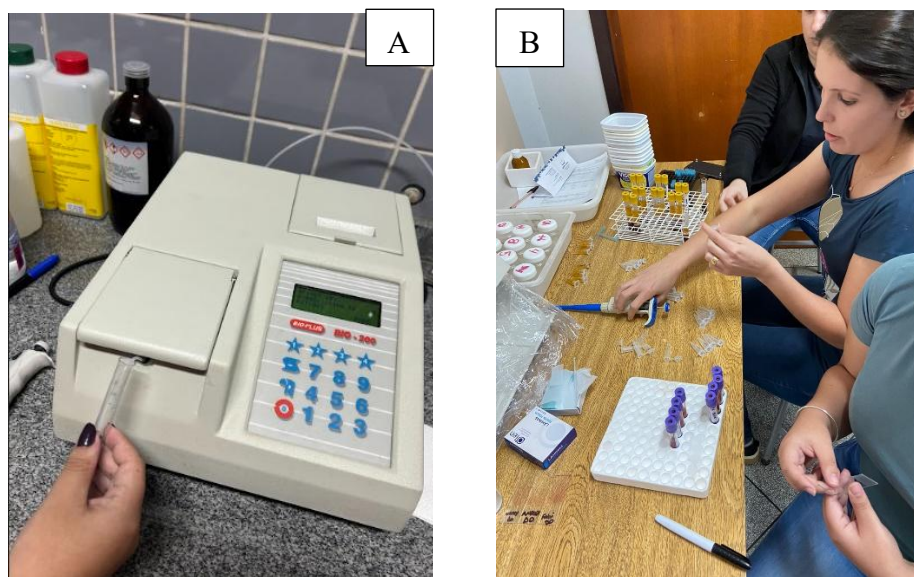
Figura 3: Colheita de sangue das vacas durante o experimento



Fonte: Autora, 2023.

As análises de triglicerídeos, AST, ALT, GGT, albumina, LDL, HDL e colesterol total foram realizadas utilizando o espectrofotômetro Bioplus Bio-200 (Figura 4), seguindo a metodologia descrita nos kit's comerciais disponibilizados. Para essas análises, foi utilizado o soro sanguíneo, separado anteriormente nos tubos de *Eppendorfs*.

Figura 4: Análises de colesterol total realizadas no espectrofotômetro Bioplus Bio-200 (Foto A) e separação do soro sanguíneo para análise dos metabólitos sanguíneos (Foto B).



Laboratório do departamento de Medicina – UEPG. Fonte: Autora, 2023.

Os níveis de triglicerídeos foram quantificados pelo método enzimático colorimétrico, utilizando o kit Triglicérides Liquiform. A análise foi realizada com 1,0 mL de reagente, 0,01 mL de amostra e 0,01 mL de calibrador, incubados em banho-maria a 37 °C por 10 minutos, seguida da leitura espectrofotométrica.

A atividade da AST foi determinada utilizando-se o kit AST/GOT Liquiform, sendo uma reação cinética conduzida com 1,0 mL de reagente de trabalho, consistindo na mistura do reagente 1 com o reagente 2, presentes no kit comercial, e 0,1 mL de amostra. A GGT hepática foi analisada por meio do kit Gama-GT Liquiform, utilizando 1,0 mL de reagente de trabalho, 0,05 mL de amostra e 0,05 mL de calibrador, sendo está de natureza cinética. A ALT foi avaliada pelo kit ALT/GPT Liquiform, empregando 1,0 mL de reagente e 0,1 mL de amostra, seguida da leitura imediata, sendo uma reação cinética.

Para a quantificação da albumina, utilizou-se o teste Albumina LabTest, com 1 mL de reagente e 0,1 mL de amostra que foram homogeneizados. Após um período de 2 minutos, realizou-se a leitura de absorbância, caracterizando uma reação de ponto final.

Os níveis de colesterol HDL foram determinados com o kit Colesterol HDL, utilizando 0,1 mL de sobrenadante, 0,1 mL de padrão e 1,0 mL de reagente, misturados e incubados a 37 °C por 10 minutos, com posterior leitura fotométrica. Esta reação foi de ponto final, ou seja, uma concentração máxima é atingida e permanece estável por um determinado período. Já o colesterol total foi quantificado por meio do kit Colesterol Liquiform. Foram utilizados 0,01 mL de amostra, 0,01 mL de calibrador e 1,0 mL de reagente. A solução foi incubada em banho-maria a 37 °C por 10 minutos, seguida da leitura espectrofotométrica contra o branco, caracterizando uma reação de ponto final. Para a determinação do colesterol LDL, foi calculada a diferença entre os valores medidos de colesterol total e colesterol HDL.

A atividade da AST foi determinada utilizando o kit AST/GOT Liquiform, sendo uma reação cinética conduzida com 1,0 mL de reagente de trabalho, consistindo da mistura do reagente 1 com o reagente 2, presentes no kit comercial, e 0,1 mL de amostra. A GGT hepática foi analisada por meio do kit Gama-GT Liquiform, utilizando 1,0 mL de reagente de trabalho, 0,05 mL de amostra e 0,05 mL de calibrador, sendo esta de natureza cinética. A ALT foi avaliada pelo kit ALT/GPT Liquiform, empregando 1,0 mL de reagente e 0,1 mL de amostra, seguida da leitura imediata, sendo uma reação cinética.

Para a quantificação da albumina, utilizou-se o teste Albumina LabTest, sendo 1 mL de reagente e 0,1 mL de amostra, homogeneizados. Após um período de 2 minutos, realizou-se a leitura de absorbância, caracterizando uma reação de ponto final.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi realizado segundo o delineamento estatístico em quadrado latino duplo, sendo quatro tratamentos e oito repetições (vacas) por tratamento. Os dados foram balanceados para efeito residual de tratamentos (Lucas, 1957), segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + L_j + C_k + e_{ijk}$$

y_{ijk} : valor observado na i -ésima linha e k -ésima coluna para o j -ésimo tratamento;

μ : média geral;

T_i : efeito do i -ésimo tratamento;

L_j : efeito da j -ésima linha;

C_k : efeito da k -ésima coluna;

e_{ijk} : componente do erro aleatório, associado a i -ésimo tratamento, k -ésima coluna e j -ésima linha.

As comparações entre tratamentos foram realizadas por intermédio da soma de quadrados relativos aos efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica (Campos, 1984), com subsequente ajuste das equações de regressão linear. Os coeficientes de determinação (R^2) foram expressos pela razão entre a soma de quadrados dos efeitos e a soma de quadrados dos tratamentos. Adotou-se nível de significância igual a 5%. A análise estatística foi realizada utilizando-se o Programa RStudio, versão 2024.12.0+467. Para a análise estatística dos valores CCS foi considerado o logaritmo na base dez.

2.7 RESULTADOS

Os resultados de consumo de MS (CMS), consumo de MS em relação ao peso vivo (CMS/PV), consumo de FDN (CFDN), de FDA (CFDA), de PB (CPB) e de CNF (CCNF) não apresentaram diferença ($P>0,05$). Por outro lado, o consumo de FDN apresentou comportamento quadrático ($P<0,05$), enquanto o consumo de EE (CEE) apresentou comportamento linear crescente ($P<0,05$) em resposta à suplementação (Tabela 4).

Tabela 4- Níveis médios para efeito linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) do consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (CMS/PV), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE) e carboidratos não fibrosos (CCNF) segundo os níveis de suplementação de lecitina de soja de vacas em lactação

Item	Nível de suplementação				Valor de P			
	0%	0,75%	1,5%	2,2%	L	Q	C	EP
CMS (kg MS/dia)	16,92	18,5	17,26	16,6	NS	NS	NS	0,53
CMS/PV	2,46	2,64	2,49	2,55	NS	NS	NS	0,09
CFDN (kg MS/dia)	4,96	5,93	5,27	5,33	NS	0,02 ¹	NS	0,46
CFDA (kg MS/dia)	2,98	3,39	3,16	3,18	NS	NS	NS	0,20
CPB (kg MS/dia)	2,47	2,93	2,60	2,60	NS	NS	NS	0,20
CEE (kg MS/dia)	0,75	0,82	0,80	0,83	0,02 ²	NS	NS	0,03
CCNF (kg MS/dia)	8,3	8,12	8,01	8,22	NS	NS	NS	0,28

¹P_{máx} = 0,9726/2*0,4106 = 1,18 ($R^2=44,61\%$); ² $R^2= 62,31\%$

O CMS ficou abaixo do esperado para vacas em lactação, apresentando média de 17,32 kg MS/dia. Considerando vacas com produção média de 30 litros de leite/dia, o CMS esperado é de aproximadamente 22,5 kg MS/vaca/dia (NASEM, 2021). O CFDN está de acordo com o

recomendado para vacas em lactação, acima de 25% na MS. No presente estudo, o maior consumo de FDN ocorreu com o nível de inclusão de lecitina de 1,18% ($P < 0,05$). O CEE também mostrou alteração em função da suplementação com lecitina, indicando que quanto mais alta a suplementação lipídica, mais alto será o consumo de EE.

O CPB também foi inferior ao esperado para vacas em lactação com este nível de produção, sendo o ideal de 3 a 4 kg (Rauch *et al.*, 2021). No presente experimento, obteve-se um consumo médio de 2,65 kg de PB/vaca/dia. Já o consumo de amido ficou acima dos valores previamente estabelecidos para vacas em lactação, de 25 a 30% (NASEM, 2021). O percentual de consumo de CNF neste experimento foi, em média, de 46%.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de inclusão de lecitina na dieta sobre a produção de leite, teores de gordura, lactose, NUL e sobre a CCS. No entanto, para a proteína, houve efeito quadrático ($P < 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5 – Níveis médios descritivos de probabilidade e equações de regressão para efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) de produção diária de leite (PL), produção de leite corrigida para 4% de gordura (PLC4) dos teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais (ST), nitrogênio ureico no leite (NUL) e contagem de células somáticas (CCS) em função dos níveis de suplementação de lecitina de soja de vacas em lactação

Item	Nível de suplementação				Valor de P			
	0%	0,75%	1,5%	2,2%	L	Q	C	EP
PL (kg/vaca/dia)	30,28	29,21	29,13	28,97	NS	NS	NS	1,79
PLC4 (kg/vaca/dia)	27,70	22,73	25,19	25,19	NS	NS	NS	1,05
Gordura (%)	3,32	3,14	3,05	3,09	NS	NS	NS	0,30
Proteína (%)	3,11	3,21	3,2	3,14	NS	0,05 ¹	NS	0,10
Lactose (%)	4,63	4,61	4,62	4,56	NS	NS	NS	0,05
ST (%)	11,47	11,90	12,27	11,60	NS	NS	NS	0,44
NUL (mg/dL)	15,42	14,50	15,75	14,40	NS	NS	NS	0,83
CCS (x1000 cels/mL)	256	1332	577	317	NS	NS	NS	100,3

¹ $P_{máx} = 2,697 + 0,13906x - 0,05565x^2 = 1,26$ ($R^2 = 94,18\%$); CV: Coeficiente de variação; NS: não significativo ($P > 0,05$).

O nível de inclusão de lecitina de 1,26% na MS proporcionou o maior teor de proteína no leite. O valor médio de proteína no leite foi de 3,16%, próximo dos padrões estabelecidos para a raça Holandesa, de 3,3% (Bondan *et al.*, 2018). Por outro lado, o teor médio de gordura no leite

foi de 3,15%, abaixo da média estabelecida para a referida raça(3,8%) (Johnston e Devries, 2018), sendo observado uma inversão na relação gordura/proteína nos três níveis de suplementação.

A média encontrada de NUL neste trabalho foi de 15 mg/dL e o limite máximo para vacas em lactação é de 18mg/dL (Merwe, Dugmore e Walsh, 2001). Porém, estudos já mostram que a faixa apropriada de NUL fica entre 8 e 14 mg/dL. Em rebanhos com produção anual acima de 12.000kg o valor pode variar de 10 a 16mg/dL (Zhao *et al.*, 2024). Desta forma, os valores encontrados neste trabalho encontram-se dentro da faixa sugerida na literatura como ideal para vacas em lactação.

Os valores de CCS tiveram alta variação durante o experimento, com média de 620.000 células/mL, indicando algum grau de inflamação na glândula mamária, considerando que vacas com o sistema mamário saudável apresentam valor abaixo de 200.000 células/mL (Schwarz *et al.*, 2020).

Na análise do perfil de ácidos graxos no leite houve efeito ($P<0,05$) da inclusão da lecitina de soja apenas para o ácido graxo *de novo* (Tabela 6).

Tabela 6 – Níveis médios descritivos de probabilidade e equações de regressão para efeitos linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) dos teores de ácidos graxos do leite em função dos níveis de suplementação de lecitina de soja na dieta de vacas em lactação

Item	Nível de suplementação				Valor de P			
	0%	0,75%	1,5%	2,2%	L	Q	C	EP
C14:0 (g/100g)	0,27	0,26	0,29	0,28	NS	NS	NS	0,02
C16:0 (g/100g)	0,87	0,84	0,91	0,93	NS	NS	NS	0,08
C18:0 (g/100g)	0,16	0,20	0,20	0,18	NS	NS	NS	0,03
C18:1 (g/100g)	0,72	0,80	0,69	0,72	NS	NS	NS	0,05
Saturados (g/100g)	1,52	1,51	1,60	1,67	NS	NS	NS	0,18
Insaturados (g/100g)	1,08	1,16	1,07	1,09	NS	NS	NS	0,06
Monoinsaturados (g/100g)	0,74	0,83	0,74	0,77	NS	NS	NS	0,05
Poliinsaturados (g/100g)	0,10	0,10	0,09	0,10	NS	NS	NS	0,01
AG de cadeia curta (g/100g)	0,21	0,21	0,21	0,23	NS	NS	NS	0,03
AG de cadeia média (g/100g)	1,22	1,94	1,29	1,32	NS	NS	NS	0,12
AG de cadeia longa (g/100g)	0,91	1,01	0,91	0,92	NS	NS	NS	0,09
AG da síntese <i>de novo</i> (g/100g)	0,46	0,49	0,51	0,54	0,03 ¹	NS	NS	0,07
AG Mistos (g/100g)	0,77	0,77	0,83	0,87	NS	NS	NS	0,08
AG Pré-formados (g/100g)	1,09	1,17	1,08	1,10	NS	NS	NS	0,08

¹R²= 90,21%; C14:0: Ácido mirístico; C16:0: Ácido palmítico; C18:0: Ácido esteárico; C18:1: Ácido oléico; CV: Coeficiente de variação; NS: não significativo (P>0,05).

Os AG da síntese *de novo* apresentaram comportamento linear crescente (P<0,05) em função dos níveis de inclusão da lecitina na dieta. O valor médio dos AG *de novo* foi de 0,5 g/100g, estando abaixo do recomendado para vacas em lactação, sendo o ideal 0,8g/100g (Woolpert *et al.*, 2016). Em geral, as concentrações dos ácidos graxos no leite encontradas neste trabalho estão abaixo das recomendações descritas no NASEM (2021), exceto os ácidos graxos insaturados, poliinsaturados e os pré-formados, que apresentaram valores inferiores.

Para os metabólitos sanguíneos, as concentrações séricas de hematócrito e albumina não revelaram diferenças (P>0,05) em resposta à suplementação com lecitina, exceto para a

PPT) (Tabela 7). As concentrações séricas de AST, GGT e ALT, também não demonstraram diferenças ($P>0,05$) em resposta à suplementação com lecitina de soja.

Tabela 7 - Níveis médios descritivos de probabilidade e equações de regressão para efeito linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) dos níveis sanguíneos de Hematócritos, Proteína plasmática total (PPT) e albumina, segundo os níveis de suplementação de lecitina de soja de vacas em lactação

Item	Nível de suplementação				Valor de P			
	0%	0,75%	1,5%	2,2%	L	Q	C	EP
Hematócrito (%)	35,37	33,71	34,75	34,12	NS	NS	NS	1,17
PPT (g/dL)	10,17	9,75	9,78	9,76	0,05 ¹	NS	NS	0,19
Albumina	2,90	2,90	2,87	2,87	NS	NS	NS	0,12
GGT (UI/l)	14,12	13,28	13,12	13,62	NS	NS	NS	1.12
ALT (UI/l)	36,62	38,85	39,25	35,12	NS	NS	NS	2.65
AST (UI/l)	92,62	88,57	104,37	94,75	NS	NS	NS	12,60

¹R²= 71,91%; CV: Coeficiente de variação; NS: não significativo ($P>0,05$).

Os valores de referência para o hematócrito em bovinos leiteiros variam de 24% e 46%, com média de 35% (Jain 1993; Kaneko, 2008; Radostits 2000). No presente estudo, a percentagem de hematócrito permaneceu dentro desses limites, com média de 34,12%, indicando que a inclusão de lecitina não interferiu nas concentrações deste metabólito.

A PPT apresentou comportamento linear decrescente ($P<0,05$) com a suplementação. Os níveis ideais de PPT em bovinos variam de 7 a 8,5 g/dL (Kaneko, 1997; Meyer & Harvey, 2004). Neste experimento a média foi de 9,87 g/dL, sendo a concentração de 10,17 g/dL obtida no tratamento controle e 9,76 g/dL obtida no tratamento com maior nível de inclusão.

O resultado médio para os teores de albumina foi de 3,20 mg/dL, estando acima dos valores de referência estabelecidos para ruminantes, com média de 2,90 mg/dL, considerando diferentes fontes e níveis de inclusão de lipídios (Freitas Júnior, 2010). Os valores de GGT e ALT não sofreram alterações ($P>0,05$) com a suplementação com lecitina de soja, porém, ficaram dentro dos valores recomendados para bovinos (Kaneko, 1997; Meyer & Harvey, 2004). Para os valores de AST também não foi observado alteração estatística com a suplementação lipídica ($P>0,05$), entretanto, os seus valores estão acima do recomendado para bovinos, a média encontrada foi de 95 UI/l e em um estudo realizado por Gregory *et al.*, (1999) bovinos sadios não devem ter o parâmetro da AST acima de 50UI/l.

As concentrações séricas de triglicerídeos, colesterol total, HDL, LDL e corpos cetônicos não apresentaram diferenças ($P>0,05$) em resposta à suplementação (Tabela 8).

Tabela 8 - Níveis médios para efeito linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) das concentrações sanguíneas de colesterol total, High-density lipoprotein (HDL), Low-density lipoprotein (LDL) Triglicéridos e β -hidroxibutirato (BHB) em função dos níveis de suplementação de lecitina de soja de vacas em lactação

Item	Nível de suplementação				Valor de P			
	0%	0,75%	1,5%	2,2%	L	Q	C	EP
Triglicerídeos (mg/dL)	16,37	7,57	11,62	18,00	NS	NS	NS	5,39
Colesterol total (mg/dL)	118,37	117,35	116,56	120,06	NS	NS	NS	10,77
HDL (mg/dL)	30,23	31,27	32,36	32,55	NS	NS	NS	1.53
LDL (mg/dL)	88,13	75,32	84,20	88,51	NS	NS	NS	11.95
BHB (mmol/L)	1,00	1,52	1,18	1,37	NS	NS	NS	0,21

CV: Coeficiente de variação; NS: não significativo ($P>0,05$).

Ao analisar o lipidograma das vacas observou-se que não houve alteração ($P>0,05$) de nenhum parâmetro com a suplementação lipídica. Os valores de triglicerídeos, colesterol total e LDL ficaram dentro do recomendado para vacas em lactação, porém, os níveis de HDL ficaram abaixo dos valores de referência, de 40 a 86 mg/dL (Tana, Saraswati e Yuniwarti, 2018).

Os valores de BHB não tiveram significância com a suplementação lipídica ($P>0,05$), com média de 1,26 mmol/L. Todavia, animais com uma média de 60 dias de DEL não deveriam apresentar valores tão altos de BHB, uma vez que a cetose em animais pós-parto tende a se estabilizar depois de 14 dias McArt, Nydam e Oetzel (2012).

2.8 DISCUSSÃO

A ausência de efeito da suplementação com lecitina de soja sobre a produção e a composição do leite pode ter ocorrido em função do baixo CMS (Tabela 4), sendo este abaixo do encontrado em outros estudos com suplementação lipídica (He *et al.*, 2020 e Wang *et al.*, 2023). Fontoura *et al.* (2021) analisaram os efeitos da lecitina de soja desoleificada na dieta de vacas em lactação e constataram que o aumento dos níveis de lecitina reduziu o consumo. Segundo os autores, isso ocorreu devido ao alto teor de AG poli-insaturados da lecitina, que apresentam efeito potencialmente tóxico para as bactérias ruminais, interrompendo a digestão dos nutrientes e, conseqüentemente, reduzindo o consumo, podendo impactar na composição do leite (Conte *et al.*, 2022). Em outro estudo, Fougère, Delavaud e Bernard (2018), ao suplementarem a dieta de vacas em lactação com uma combinação de óleo de milho e de palma, ricos em ácidos graxos saturados e insaturados, também encontraram redução no CMS de até 17%.

Santos Neto *et al.* (2021) não encontraram variação no CMS de vacas e suplementadas com ácidos graxos saturados (presentes na lecitina de soja). No entanto, observaram efeito positivo na produção de leite e no teor de gordura do leite, e concluíram que os animais apresentam melhor resposta à suplementos com AG C16:0, presente na lecitina de soja na concentração de 9,16%.

Desta forma, o baixo consumo pode ter ocorrido devido a ocorrência de estresse térmico dos animais. Durante o período experimental, os animais foram expostos a temperaturas acima de 30°C, chegando a 36°C (SIMEPAR, 2024). Considerando a zona de conforto térmico para vacas da raça Holandesa está entre 5 e 21°C (Huber, 1990), pode-se afirmar que estes animais sofreram estresse térmico. Sendo assim, o estresse pelo calor resultou em redução do consumo. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), o ano de 2023 foi o mais quente das últimas décadas, com média de temperatura de 1,5°C acima das temperaturas já registradas.

O comportamento quadrático no consumo de FDN com a inclusão de lecitina pode estar relacionado ao enchimento ruminal (Tabela 4). Ainda, entre os ingredientes do concentrado utilizados na dieta, a lecitina de soja contém o maior teor de FDN, causando aumento do consumo deste nutriente até a sua limitação física no rúmen. A FDN é um indicador do conteúdo de fibras na dieta de ruminantes e está diretamente relacionada com a ingestão, fermentação ruminal e utilização dos nutrientes por esses animais (Shi *et al.*, 2023). Os referidos autores avaliaram a nutrição de vacas da raça Holandesa alimentadas com diferentes níveis de FDN e verificaram menor CMS em função do aumento no teor de FDN

na dieta e redução na produção de leite. No presente estudo, os níveis de FDN encontram-se dentro do recomendado para vacas em lactação (NASEM, 2021). Isto é de extrema importância, uma vez que a FDN está relacionada com a saúde ruminal, sendo uma das responsáveis pelo equilíbrio do pH no rúmen, juntamente com o tamanho de partículas, mantendo-o saudável, sem prejudicar o processo de ruminação e, conseqüentemente, a ingestão de alimentos (Serva *et al.*, 2021).

O aumento no consumo de EE em função dos níveis de inclusão de lecitina de soja (Tabela 4) confirma a ingestão da lecitina pelos animais, uma vez que esta contém alto teor de EE (15,95%) (Cargill Agrícola, SA). Ao suplementarem vacas em lactação com fontes lipídicas, Wanderley *et al.* (2022) também encontraram aumento do consumo de EE, sendo indicativo da ingestão do suplemento lipídico.

A lecitina de soja é uma fonte rica em lipídeos e dietas acima de 6% de EE podem reduzir o teor de gordura no leite. No presente estudo, o teor de gordura no leite foi baixo em todos os tratamentos e, embora não significativo, verificou-se redução numérica com os níveis de inclusão de lecitina (Tabela 5). Entretanto, o consumo de EE das dietas experimentais não ultrapassaram 5%.

Cabezas-Garcia *et al.* (2021) sugeriram que a diminuição do teor de gordura no leite e a inversão na relação gordura:proteína pode estar relacionada com diversos fatores, tais como o baixo CMS, altos níveis de CNF, inclusão de suplementos lipídicos, além das condições climáticas. Todos os fatores acima citados foram observados durante o experimento. Estes fatores têm influência direta no padrão de fermentação ruminal, comprometendo o teor de gordura no leite. Conforme mencionado, o estresse térmico das vacas causado pelo calor intenso induziu a redução no consumo, especialmente a ingestão de fibras, levando à redução na ruminação e na produção de saliva, aumentando as variações no pH ruminal (González e Campos, 2018).

Mudanças no pH ruminal terão impacto no processo de biohidrogenação dos AG pelas bactérias ruminais, bem como na síntese de gordura na glândula mamária. A síntese de gordura na glândula mamária pode acontecer a partir de três vias, sendo elas: através dos ácidos graxos (AG) oriundos da dieta conhecidos como ácidos graxos pré-formados, caracterizada por ser a primeira via da síntese deste componente, da mobilização das reservas corporais do animal sendo a segunda via de síntese de gordura no leite e a terceira via é proveniente dos AG sintetizados na glândula mamária, a partir do betahidroxibutirato e do acetato, produzidos durante a fermentação ruminal. Esta via é denominada de síntese *de novo* de ácidos graxos (Urrutia *et al.*, 2019).

Em um ambiente ruminal saudável, o ácido linoleico é convertido em ácido cis 9, trans11 - CLA, conhecido como ácido rumênico. Posteriormente, esse metabólito é hidrogenado, transformando-se no isômero trans-11 18:1, o ácido vaccênico. Este ácido ao chegar no ambiente ruminal, os microrganismos adicionam hidrogênio, formando o principal produto da biohidrogenação, o ácido esteárico (C18:0) (Berchielli; Pires; Oliveira, 2006).

Altas concentrações de ácidos graxos na dieta de ruminantes ou condições de pH ruminal mais baixo (pH inferior a 5,8), podem impactar na formação dos isômeros cis 9, trans 11 - CLA. Moléculas de trans-10 cis 12 18:2 são formadas em maior concentração, impactando diretamente na depressão da gordura do leite, uma vez que este composto é um importante inibidor da síntese de gordura na glândula mamária. O alto consumo de CNF encontrado neste trabalho pode ter causado a redução do pH ruminal e, portanto, propiciar uma biohidrogenação incompleta, levando ao aumento do ácido rumênico.

Maiores teores de proteína no leite com a suplementação lipídica foram observados por Angeles-Hernandez *et al.* (2020), com ovelhas leiteiras suplementadas com CLA. Os autores verificaram aumento expressivo na porcentagem de proteína no leite, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho com a inclusão de lecitina (Tabela 5). De acordo com Wu e Huber (1994) a suplementação lipídica pode causar redução dos teores de proteína no leite devido à redução na disponibilidade da glicose, uma vez que esta é utilizada pelos microrganismos ruminais para produção de proteína microbiana. Considerando que a síntese de proteína microbiana é dependente, entre outros fatores, da quantidade de energia disponível (Harun e Sali, 2019) e a lecitina de soja possui alto teor de gordura, é possível que o aumento no teor de proteína encontrado nesse trabalho tenha ocorrido em função do maior aporte de energia disponível no rúmen.

Os ácidos graxos *de novo*, além de estarem relacionados com a produção e com o teor de gordura do leite (NASEM, 2021), são importantes indicadores da saúde ruminal (Gallardo e Teixeira 2023). Sendo assim, quando esta está adequada, os microrganismos ruminais são capazes de sintetizar mais proteína microbiana, produzindo mais leite (Tian *et al.*, 2022). Teores ideais de ácidos graxos *de novo* no leite podem indicar maiores concentrações de gordura e proteína, mais refeições por dia, maior espaçamento de comedouros, menor densidade de animais, maior inclusão de fibra efetiva na dieta e menor inclusão de gordura na dieta. Além disso, podem indicar também que os animais estejam em sua zona de conforto térmico (Grille *et al.*, 2023). Estes indicadores são os mais buscados em uma propriedade leiteira.

No presente estudo, o aumento linear dos AG *de novo* no leite com a inclusão de lecitina na dieta não refletiu no aumento do teor de gordura no leite (Tabela 6). Entre as causas para este resultado estão que os teores de AG *de novo* ficaram abaixo das concentrações ideais para vacas em lactação (em média, 1mg/100g de leite), conforme descrito por Woolpert *et al.* (2016). Este fato pode ser justificado, conforme já mencionado, em função do estresse térmico dos animais durante o período experimental, que causou redução do consumo. Souza, St-Pierre e Lock (2019), constataram que animais suplementados com AG C16:0 e C18:0 tiveram resultados positivos nos teores de AG *de novo*, impactando positivamente no volume de leite produzido e na porcentagem de gordura.

Além do estresse térmico, outras situações podem justificar o baixo CMS e os baixos valores dos ácidos graxos *de novo*, sendo elas: o número de refeições por dia e o pequeno intervalo de tempo de acesso à dieta, sendo um total de 3 horas por dia. Albright (1993) afirma que o ideal seria de 5 a 6 horas destinadas à alimentação.

A lecitina de soja, por ser um importante precursor de colina, tem um efeito importante sobre a imunidade, pois possui a capacidade de reduzir a transcrição de citocinas pró-inflamatórias, como descrito por Zenobi *et al.*, (2020). Além disso, reduz a secreção do fator de necrose tumoral alfa (TNF α) e dos lipopolissacarídeos (LPS) (Garcia *et al.*, 2018). O LPS, por ser um componente pró-inflamatório, está relacionado com valores mais altos de CCS. Desta forma, esperava-se este efeito da lecitina sobre a redução na CCS, entretanto, não houve alteração com a suplementação (Tabela 5), sendo observados altos valores de CCS. Sabe-se que a ocorrência de mastite tem origem de causas multifatoriais, entre elas o clima, a higiene de ordenha, conformação de úbere e tetos, estágio e número de lactações, nível de produção e funcionamento dos equipamentos de ordenha (Santos e Fonseca, 2019).

Na análise dos metabólitos sanguíneos, as PPT constituem indicadores importantes do estado nutricional e da função hepática dos animais. Suas concentrações são influenciadas por diversos fatores, como idade, nutrição e condições de saúde (Hasan e Alsaad, 2018). Os valores ideais de PPT variam de 7 a 8,5 g/dL (Mansilla *et al.*, 2024). No presente estudo, foram observadas concentrações elevadas de proteínas totais (Tabela 7), porém, a inclusão de lecitina causou redução deste parâmetro. A hiperproteinemia pode ser uma alteração causada principalmente por desidratação, processos inflamatórios, infecções ou doenças crônicas em vacas leiteiras (Constable *et al.*, 2021).

Em um estudo realizado por Nasab *et al.* (2019), verificou-se que as propriedades antioxidantes dos lipossomas da lecitina desempenham papel crucial na neutralização de radicais livres. Essa atividade antioxidante depende da concentração de lecitina na dieta. Além

disso, por serem agentes anti-inflamatórios, os lipossomas regulam a resposta inflamatória, facilitando a migração de macrófagos e inibindo a produção de citocinas inflamatórias durante os estágios iniciais de um processo inflamatório. No presente trabalho, o estresse térmico ocorrido durante o período experimental pode ter desencadeado um processo de desidratação nos animais. Entretanto, a redução dos níveis de PPT com a inclusão de lecitina na dieta (Tabela 7) demonstra um indicativo de que a suplementação possa ter auxiliado no controle da desidratação e dos processos inflamatórios.

Os perfis lipídicos do sangue não sofreram variações com a inclusão de lecitina na dieta, assim como as enzimas hepáticas e os níveis de BHB (Tabela 7 e 8). No estudo realizado por Souza *et al.* (2023) avaliando a suplementação de vacas leiteiras da raça Jersey com oleaginosas, os autores também não encontraram diferença nas concentrações dos metabólitos sanguíneos. Os valores de colesterol são importantes parâmetros para avaliar o período de BEN em vacas leiteiras (Wittwer, 2018). Os teores encontrados neste trabalho (Tabela 8), divergiram dos obtidos por Cozzi *et al.* (2011), que consideraram valores ideais de colesterol para vacas Holandesas em lactação, acima de 120 mg/dL. Por outro lado, valores abaixo deste podem indicar um *déficit* energético, neste trabalho os níveis de colesterol sanguíneo ficaram dentro dos valores estabelecidos como referência para bovinos de 80 a 120 mg/dL.

Sevinç *et al.* (2003), ao avaliarem os níveis de lipídeos e lipoproteínas em vacas leiteiras com esteatose hepática concluíram que animais com esteatose moderada e vacas cetóticas apresentaram valores de HDL mais baixos em relação aos níveis normais (40 a 86 mg/dL). Os níveis de HDL encontrados no presente estudo ficaram abaixo do normal para vacas em lactação (Tabela 8). Quando analisados os níveis sanguíneos de BHB das vacas suplementadas com lecitina, presume-se a ocorrência de cetose subclínica (Tabela 8). Segundo Abdelli *et al.*, (2017), a cetose constitui um risco para a saúde do animal, podendo causar queda na produção de leite quando os valores de BHB encontram-se acima de 1,2 a 1,4 mmol/L. Os animais deste estudo, no início do experimento, estavam com DEL médio de 60 dias. Quando o animal desenvolve um quadro de cetose neste período, esta doença metabólica é classificada como secundária (Lei e Simões, 2021), ou seja, é causada por outro fator que promova a redução do consumo que não seja o período do pós-parto.

O baixo consumo de MS, como observado neste estudo, pode causar deficiência de precursores glicogênicos levando ao aumento da mobilização de gorduras corporais e sobrecarga hepática, podendo desencadear um quadro de cetose (Zhang e Ametaj, 2020). Além disso, a cetose suprime a produção de linfócitos e diminui a produção de interferons, definidos por serem citocinas que protegem células de invasões virais, bacterianas ou

protozooótica (Tizard, 2014). Portanto, vacas com cetose podem apresentar quadros de mastite mais severos e prejudicial ao animal, justificando os altos valores de CCS.

Os valores elevados de AST (Tabela 7) também estão relacionados com quadros de cetose, segundo Cao *et al.*, (2017), uma vez que essa enzima, em altos níveis, pode indicar lesão hepática. Em um estudo realizado por Pechová e Nečasová (2018), foi encontrado uma alta correlação positiva entre os valores de BHB e a enzima AST, sendo justificada pela relação entre a cetose e a esteatose hepática, que se desenvolve quando uma alta quantidade ácidos graxos não estratificados é liberada do tecido adiposo e excede a capacidade de oxidação do fígado. Dessa forma, os resultados encontrados sugerem que a suplementação com a lecitina de soja, mesmo com seu potencial em atuar na imunidade em função da presença de colina, não foi efetiva na prevenção de cetose subclínica.

2.9 CONCLUSÕES

Vacas leiteiras suplementadas com lecitina de soja apresentaram maiores teores de proteína e de AG *de novo* no leite, indicando que a lecitina de soja pode contribuir com a saúde ruminal. No entanto, os valores de CCS não sofreram alterações com a inclusão de lecitina na dieta. Os teores de gordura do leite foram baixos em todos os níveis de suplementação. Desta forma, verifica-se que, em situações de baixo consumo de MS, a suplementação lipídica pode potencializar a redução nos níveis de gordura do leite e, consequentemente, a inversão na relação gordura/proteína. Diante do exposto, os efeitos positivos da suplementação com lecitina de soja na dieta de vacas leiteiras são dependentes, dentre outros fatores, das condições de ambiente, especialmente do conforto térmico dos animais.

REFERÊNCIAS

ABEL-CAINES, S. F.; GRANT, R. J.; MORRISON, M. Effect of soybean hulls, soy lecithin, and soapstock mixtures on ruminal fermentation and milk composition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 462-470, 1998. Disponível em <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75598-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75598-5)>.

ABDELLI, A.; RABOISSON, D.; KAIDI, R.; IBRAHIM, B.; KALEM, A.; IGUER-OUADA, M. Elevated non-esterified fatty acid and β -hydroxybutyrate in transition dairy cows and their association with reproductive performance and disorders: A meta-analysis. **Theriogenology**, v. 93, p. 99-104, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.030>>.

ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 485-498, 1993. Disponível em <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77369-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77369-5)>.

ANDERSEN, C. J. Lipid metabolism in inflammation and immune function. **Nutrients**, v. 14, p. 1414, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/nu14071414>>.

ANGELES-HERNANDEZ, J. C.; ALBERTO, R. V.; KEBREAB, E.; APPUHAMY, J. A. R. N.; DOUGHERTY, H. C.; CASTELAN-ORTEGA, O.; GONZALEZ-RONQUILLO, M. Effect of forage to concentrate ratio and fat supplementation on milk composition in dairy sheep: A meta-analysis. **Livestock Science**, v. 238, p. 104069, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104069>>.

ARTUNDUAGA, M. A. T.; LIMA, J. A. M.; AZEVEDO, R. A.; LANA, Â. M. Q.; FORTES, R. V.; FARIA, B. N.; COELHO, S. G. Diferentes fontes energéticas durante o período de transição de vacas primíparas e os seus efeitos sobre metabólitos sanguíneos e hormônios. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, p. 1691-1695, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5059>>.

BENOIT, A. C.; DOS SANTOS NETO, J. M.; LOCK, A. L. Mammary gland responses to altering the supply of de novo fatty acid substrates and preformed fatty acids on the yields of

milk components and milk fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v. 107, p. 10653-10666, 2024. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2024-24982>>.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de Ruminantes*. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. 616 p.

BOERMAN, J. P.; FIRKINS, J. L.; ST-PIERRE, N. R.; LOCK, A.L. Intestinal digestibility of long-chain fatty acids in lactating dairy cows: A meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 8889-8903, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2015-9592>>.

BONDAN, C.; FOLCHINI, J. A.; NORO, M.; QUADROS, D. L.; MACHADO, K. M.; GONZÁLEZ, F. H. D. Milk composition of Holstein cows: a retrospective study. **Ciência Rural**, v. 48, p. e20180123, 2018. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180123>>.

BRASIL, MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76 de 26 de novembro de 2018. **Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. Diário Oficial da União, seção**, v. 1, 2018.

BRONZO, V.; LOPREIATO, V.; RIVA, F.; AMADORI, M.; CURONE, G.; ADDIS, M. F.; CREMONESI, P.; MORONI, P.; TREVISI, E.; CASTIGLIONI, B. The role of innate immune response and microbiome in resilience of dairy cattle to disease: the mastitis model. **Animals**, v. 10, p. 1397, 2020. Disponível em < <https://doi.org/10.3390/ani10081397>>.

BURCH, A. M.; PINEDA, A.; LOCK, A. L. Effect of palmitic acid-enriched supplements containing stearic or oleic acid on nutrient digestibility and milk production of low-and high-producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 8673-8684, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2020-19913>>.

CABEZAS-GARCIA, E. H.; GORDON, A. W.; MULLIGAN, F. J.; FERRIS, C. P. Revisiting the relationships between fat-to-protein ratio in milk and energy balance in dairy cows of

different parities, and at different stages of lactation. **Animals**, v. 11, p. 3256, 2021. Disponível em < <https://doi.org/10.3390/ani11113256>>.

CAO, Y.; ZHANG, J.; YANG, W.; XIA, C.; ZHANG, H. Y.; WANG, Y. H.; XU, C. Predictive value of plasma parameters in the risk of postpartum ketosis in dairy cows. **Journal of Veterinary Research**, v. 61, p. 91-95, 2017. Disponível em < DOI:10.1515/jvetres-2017-0011>.

CONSTABLE, P. D.; TREFZ, F. M.; SEN, I.; BERCHTOLD, J.; NOURI, M.; SMITH, G.; GRÜNBERG, W. Intravenous and oral fluid therapy in neonatal calves with diarrhea or sepsis and in adult cattle. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 603358, 2021. Disponível em < <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.603358>>.

CONTE, G., DIMAURO, C., DAGHIO, M., SERRA, A., MANNELLI, F., MCAMMOND, B. M.; VAN HAMME, J. D.; BUCCIONI, A.; VITI, C.; MANTINO, A.; MELE, M. Exploring the relationship between bacterial genera and lipid metabolism in bovine rumen. **Animals**, v. 16, p. 100520, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100520>>.

COZZI, G.; RAVAROTTO, L.; GOTTARDO, F.; STEFANI, A. L.; CONTIERO, B.; MORO, L.; BRSCIC, M.; DALVIT, P. **Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows: Effects of parity, stage of lactation, and season of production.** **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 3895-3901, 2011. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2010-3687>>.

DE SOUZA, J.; ST-PIERRE, N. R.; LOCK, A. L. Altering the ratio of dietary C16: 0 and cis-9 C18: 1 interacts with production level in dairy cows: Effects on production responses and energy partitioning. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 9842-9856, 2019. Disponível <<https://doi.org/10.3168/jds.2019-16374>>.

DOS SANTOS NETO, J. M.; DE SOUZA, J.; LOCK, A. L. Nutrient digestibility and production responses of lactating dairy cows when saturated free fatty acid supplements are included in diets: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 12628-12646, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2021-20699>>.

FONTOURA, A. B. P.; RICO, J. E.; DAVIS, A. N.; MYERS, W. A.; TATE, B. N.; GERVAIS, R.; MCFADDEN, J. W. Effects of dietary deoiled soy lecithin supplementation on milk production and fatty acid digestibility in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 1823-1837, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18797>>.

FOUGÈRE, H.; DELAVAUD, C.; BERNARD, L. Diets supplemented with starch and corn oil, marine algae, or hydrogenated palm oil differentially modulate milk fat secretion and composition in cows and goats: A comparative study. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 8429-8445, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2018-14483>>.

FREITAS JÚNIOR, J. E. D.; RENNÓ, F. P.; SILVA, L. F. P.; GANDRA, J. R.; MATURANA FILHO, M.; FODITSCH, C.; VENTURELLI, B. C. Parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras suplementadas com diferentes fontes de gordura. **Ciência Rural**, v. 40, p. 950-956, 2010.

GALLARDO, W. B.; TEIXEIRA, I. A. Associations between Dietary Fatty Acid Profile and Milk Fat Production and Fatty Acid Composition in Dairy Cows: A Meta-Analysis. **Animals**, v.13, 2023. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/ani13132063>>.

GARCIA, M. L. K.; MAMEDOVA, B.; BARTON, B. J.; BRADFORD. Choline regulates the function of bovine immune cells and alters the mRNA abundance of enzymes and receptors involved in its metabolism in vitro. **Front. Immunol**, v.9, p. 2448, 2018. Disponível em <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.02448>.

GONZÁLEZ, F. H. D.; CAMPOS, R. Indicadores metabólico-nutricionais do leite. **Doze leituras em bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: LACVet, v. 2, p. 14-29, 2018.

GREGORY, L.; BIRGEL JUNIOR, E. H.; MIRANDOLA, R. M. S.; ARAÚJO, W. P.; BIRGEL, E. H. Reference values of the enzymatic activities of the aspartate aminotransferase and gamma glutamyltransferase of Jersey breed. The influence of age and sexual factors, and of the infection by the bovine leukosis virus. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, p. 515-522, 1999. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0102-09351999000600001>>.

GRILLE, L.; ESCOBAR, D.; MÉNDEZ, M. N.; ADRIEN, M. D. L.; OLAZABAL, L.; RODRÍGUEZ, V.; DAMIÁN, J. P. Different Conditions during Confinement in Pasture-Based Systems and Feeding Systems Affect the Fatty Acid Profile in the Milk and Cheese of Holstein Dairy Cows. **Animals**, v. 13, p. 1426, 2023. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/ani13081426>>.

GUTIERREZ-OVIEDO, F. A.; RICHARDS, A. T.; JAVAID, A.; YOU, M.; ZANG, Y.; SENEVIRATHNE, N. D.; MCFADDEN, J. W. Effects of abomasal infusion of soybean or sunflower phospholipids on nutrient digestibility and milk production in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 107, p. 9145-9154, 2024. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2023-24369>>.

HARUN, A.Y.; SALI, K. Factors affecting rumen microbial protein synthesis. **Open Journal of Veterinary Medicine**, v. 4, p. 27-35, 2019.

HASAN, S. D.; ALSAAD, K. M. Evaluation of clinical, hematological, blood coagulation and some biochemical parameter changes in clinically infected cattle with bovine viral diarrhea. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science**, v. 11, p. 64-70, 2018. Disponível em <doi: 10.9790/2380-1103026470>.

HE, Y.; ZHONG, R.; CHENG, L.; YOU, P.; LI, Y.; SUN, X. Effects of the supplementation of lysophospholipids through pelleted total mixed rations on blood biochemical parameters and milk production and composition of mid-lactation dairy cows. **Animals**, v. 10, p. 215, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/ani10020215>>.

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. Piracicaba, SP, 1990. In: **Bovinocultura Leiteira**, 1990. Piracicaba: FEALQ, 1990, p: 33-48.

HULSEN, J. Cow Signals. Netherlands Cow Signals learn and earn, 2016.

JAIN, N. C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia, 1993. pp. 417.

JOHNSTON, C.; DEVRIES, T. J. Short communication: Associations of feeding behavior and milk production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 3367–3373, 2018. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13743>>.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.9). **Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.

LEE, C.; MORRIS, D. L.; COPELIN, J. E.; HETTICK, J. M.; KWON, I. H. Effects of lysophospholipids on short-term production, nitrogen utilization, and rumen fermentation and bacterial population in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 3110-3120, 2019. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15777>>.

LEI, M. A. C.; SIMÕES, J. Invited review: ketosis diagnosis and monitoring in high-producing dairy cows. **Dairy**, v. 2, p. 303-325, 2021. Disponível em < <https://doi.org/10.3390/dairy2020025>>.

LIANG, D.; ARNOLD, L. M.; STOWE, C. J.; HARMON, R. J.; BEWLEY, J. M. Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1472-1486, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11565>>.

LUCAS, H. L. Extra-period Latin-square change-over designs. **Journal of Dairy Science**, v. 40, p. 225-239, 1957. Disponível em <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(57\)94469-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(57)94469-7)>.

MANSILLA, F. I.; FICOSECO, M. C. A.; MIRANDA, M. H.; VILLAR, M. D. U.; VIGNOLO, G. M.; NADER-MACÍAS, M. E. Effect of probiotics on the growth, blood profile, and nutritional-metabolic profile of feedlot cattle. **Academia Biology**, v. 2, 2024. Disponível em <doi.org/10.20935/AcadBiol7287>.

MARCHESINI, G.; SEGATO, S.; STEFANI, A.; TENTI, S.; DORIGO, M.; GERARDI, G.; BERNARDINI, D.; ANDRIGHETTO, I. Lecithin: A by-product of biodiesel production and a source of choline for dairy cows. **Italian Journal of Animal Science**, v. 11, p. e37, 2012. Disponível em < <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e37>>.

MAVANGIRA, V.; SORDILLO, L.M. Role of lipid mediators in the regulation of oxidative stress and inflammatory responses in dairy cattle. **Research in veterinary science**, v. 116, p. 4-14, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.08.002>>.

MCART, J. A. A.; NYDAM, D. V.; OETZEL, G. R. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 5056-5066, 2012. Disponível em <[10.3168/jds.2012-5443](https://doi.org/10.3168/jds.2012-5443)>.

MCWILLIAMS, C. J.; SCHWANKE, A. J.; DEVRIES, T. J. Is greater milk production associated with dairy cows who have a greater probability of ruminating while lying down? **Journal of Dairy Science Communications**, v. 3, p. 66-71, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0159>>.

MEYER, D.J.; HARVEY, J.W. **Veterinary laboratory medicine: interpretation & diagnostic**. 2.ed. Philadelphia: Sauders, p. 2004. 351.

MEZZETTI, M.; CATTANEO, L.; PASSAMONTI, M. M.; LOPREIATO, V.; MINUTI, A.; TREVISI, E. The transition period updated: A review of the new insights into the adaptation of dairy cows to the new lactation. **Dairy**, v. 2, p. 617-636, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/dairy2040048>>.

NASAB, M. E.; TAKZAREE, N.; SAFFARI, P. M.; PARTOAZAR, A. Maryam Eskandari et al. In vitro antioxidant activity and in vivo wound-healing effect of lecithin liposomes: a comparative study. **Journal of Comparative Effectiveness Research**, v. 8, p. 633-643, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.2217/cer-2018-0128>>.

NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 8th rev. ed. Washington DC: The National Academies Press. 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.17226/25806>>.

NAWAZ, H.; LI, M. Effect of supplemental fat on dry matter intake, nutrient digestibility, milk yield and milk composition of ruminants. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 53, 2011. Disponível em <doi: 10.21162/PAKJAS/16.4781>.

O'DONNELL-MEGARO, A. M.; CAPPER, J. L.; WEISS, W. P.; BAUMAN, D. E. Effect of linoleic acid and dietary vitamin E supplementation on sustained conjugated linoleic acid production in milk fat from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 7299-7307, 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2012-5802>>.

ONU. Organização das Nações Unidas. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/257750-onu-confirma-que-2023-bate-recorde-de-temperatura-global#:~:text=Desde%201980%2C%20cada%20década%20tem,acima%20da%20era%20pré-industrial.> Acesso em: 12 de dezembro de 2024.

PAULA, M. C.; RIBAS, N. P.; MONARDES, H. G.; ARCE, J. E.; ANDRADE, U. V. C. Contagem de células somáticas em amostras de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1303–1308, 2004. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000500023>>. PECHOVÁ, A.; NEČASOVÁ, A. The relationship between subclinical ketosis and ruminal dysfunction in dairy cows. **Annals of Animal Science**, v. 18, p. 955-971, 2018. Disponível em < <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0038>>.

QUIN, N.; BAYAT, A.R.; TREVISI, E.; MINUTI, A.; KAIRENIUS.; VIITALA, S.; MUTIKAINEN, M.; LESKINEN, H.; ELO, K.; KOKKONEN, T.; VILKKI, J. Dietary supplement of conjugated linoleic acids or polyunsaturated fatty acids suppressed the mobilization of body fat reserves in dairy cows at early lactation through different pathways. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 7954-7970, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14298>>.

RADOSTITS O.M., BLOOD D.C., GAY C.C... Mastitis. In: **Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses**. 9th ed. London, Baillière Tindall. 2000. pp.603-700

RANAWEERA, K. K. T. N.; KURUKULASURIYA, M. S.; PRIYANKARAGE, N.; MANGALIKA, U. L. P. **International Journal of Research in Agricultural**, v. 4, p. 2348-3997, 2017.

RAUCH, R.; MARTÍN-TERESO, J.; DANIEL, J. B.; DIJKSTRA, J. Dietary protein oscillation: Effects on feed intake, lactation performance, and milk nitrogen efficiency in

lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 10714-10726, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2021-20219>>.

SCHWARZ, D.; SANTACHI, D. E.; DUROCHER, J.; LEFEBVRE, D. M. Evaluation of the new differential somatic cell count parameter as a rapid and inexpensive supplementary tool for udder health management through regular milk recording. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 181, p. 105079, 2020. Disponível <<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105079>>.

SERVA, L.; MAGRIN, L.; ANDRIGHETTO, I.; MARCHESINI, G. The relationship between dietary particle size and undegraded neutral detergent fibre in lactating dairy cows: a prospective cohort observational study. **Animal Feed Science and Technology**, v. 279, p. 115017, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115017>>.

SEVINC, M.; BAŞOĞLU, A.; GÜZELBEKTAŞ, H.; BOYDAK, M. Lipid and lipoprotein levels in dairy cows with fatty liver. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 27, p. 295-299, 2003. Disponível em <<https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol27/iss2/2>>.

SILVA, M. M. C.; RODRIGUES, M. T.; BRANCO, R. H.; RODRIGUES, C. A. F.; SARMENTO, J. L. R.; QUEIROZ, A. C.; DA SILVA, S. P. Suplementação de lipídios em dietas para cabras em lactação: consumo e eficiência de utilização de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 257-267, 2007. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100030>>.

SIMEPAR. Sistema de tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. **Primavera de 2023 bastante chuvosa e quente**. 2023. Disponível em: <http://simepar.br/prognozweb/simepar/timeline/noticias>. Acesso em: 12 de dezembro de 2024.

SHI, R.; DONG, S.; MAO, J.; WANG, J.; CAO, Z.; WANG, Y.; CAO, Z.; WANG, Y.; LI, S.; ZHAO, G. Dietary neutral detergent fiber levels impacting dairy cows' feeding behavior, rumen fermentation, and production performance during the period of peak-

lactation. **Animals**, v. 13, p. 2876, 2023. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/ani13182876>>.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. AC. *Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos – 3ª Edição*. Viçosa, 2002.

SOUZA, A. P. B. D.; SCHAFHAUSER, J.; SCHEIBLER, R. B.; FLUCK, A. C.; RIZZO, F. A.; NÖRNBERG, J. L.; VARGAS, D. P.; LOURENÇO, L. A. Supplementation with lipid sources in diets for Jersey cows in the first third of lactation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, p. 03149, 2023. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03149>>.

TANA, S.; SARASWATI, T. R.; YUNIWARTI, E. Y. Hematology and Blood Chemistry Status of Most Frequently Consumed Ruminants in Community. **Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education**, v. 10, p. 341-347, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v10i2.12714>>.

TIAN, Z.; ZHANG, Y.; ZHANG, H.; SUN, Y.; MAO, Y.; YANG, Z.; LI, M. Transcriptional regulation of milk fat synthesis in dairy cattle. **Journal of Functional Foods**, v. 96, p. 105208, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105208>>.

TIZARD, I. R. *Imunologia veterinária*, 9ª edição. Rio de Janeiro, Elsevier, 2014.

VAN DER MERWE, B. J.; DUGMORE, T. J.; WALSH, K. P. The effect of flavophospholipol (Flavomycin®) on milk production and milk urea nitrogen concentrations of grazing dairy cows. **South African Journal of Animal Science**, v. 31, p. 101-106, 2001. Disponível em <[10.4314/sajas.v31i2.3835](https://doi.org/10.4314/sajas.v31i2.3835)>.

VAN NIEUWENHUYZEN, Willem; TOMÁS, Mabel C. Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. **European journal of lipid science and technology**, v. 110, p. 472-486, 2008. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/ejlt.200800041>>.

VIÑADO, A.; CASTILLEJOS, L.; RODRIGUEZ-SANCHEZ, R.; BARROETA, A. C. Crude soybean lecithin as alternative energy source for broiler chicken diets. **Poultry Science**, v. 98, p. 5601-5612, 2019. Disponível em < <https://doi.org/10.3382/ps/pez318> >.

VLASOVA, A.N.; SAIF, L.J. Bovine immunology: Implications for dairy cattle. **Frontiers in immunology**, v. 12, p. 643206, 2021. Disponível em < <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.643206> >.

WANDERLEY, A. M.; ÍTAVO, L. C. V.; SANTOS, G. T. D.; ÍTAVO, C. C. B. F.; DIAS, A. M.; DIFANTE, G. D. S.; GURGEL, A. L. C.; CUNHA, C. S.; MATEUS, R. G.; CARDOSO, C. A. L.; OLIVEIRA, M. V. M. D. Sources of polyunsaturated fatty acids from oilseeds in dairy cows diets can alter yield of and fatty acid profile in milk. **Food Science and Technology**, v. 42, p. e119021, 2022. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/fst.119021> >.

WANG, Z.; WANG, Q.; TANG, C.; YUAN, J.; LUO, C.; LI, D.; XIE, T.; SUN, X.; ZHANG, Y.; YANG, Z.; GUO, C.; CAO, Z.; LI, S.; WANG, W. Medium chain fatty acid supplementation improves animal metabolic and immune status during the transition period: A study on dairy cattle. **Frontiers in Immunology**, v. 14, p. 1018867, 2023. Disponível em < <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1018867> >.

WESTERN, M. M.; DE SOUZA, J.; LOCK, A. L. Milk production responses to altering the dietary ratio of palmitic and oleic acids varies with production level in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 11472-11482, 2020. Disponível em < <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18936> >.

WITTWER, F. Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. **Doze leituras em bioquímica clínica veterinária**, v. 6, p. 58-73, 2018.

WOOLPERT, M. E.; DANN, H. M.; COTANCH, K. W.; MELILLI, C.; CHASE, L. E.; GRANT, R. J.; BARBANO, D. M. Management, nutrition, and lactation performance are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on northeastern US dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 8486-8497, 2016. Disponível < <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10998> >.

WU, Z.; HUBER, J. T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 39, p. 141-155, 1994. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/0301-6226\(94\)90180-5](https://doi.org/10.1016/0301-6226(94)90180-5)>.

ZHANG, G.; AMETAJ, B. N. Ketosis an old story under a new approach. **Dairy**, v. 1, p. 5, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/dairy1010005>>.

ZHAO, X.; ZHENG, N.; ZHANG, Y.; WANG, J. The role of milk urea nitrogen in nutritional assessment and its relationship with phenotype of dairy cows: A review. **Animal Nutrition**, v. 20, p. 33-41, 2024. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.08.007>>.

ZENOBI, M. G., R.; GARDINAL, J. E.; ZUNIGA, L. K.; MAMEDOVA, J. P.; DRIVER, B. A.; BARTON, J. E. P.; SANTOS, C. R. Effect of prepartum energy intake and supplementation with ruminally protected choline on innate and adaptive immunity of multiparous Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 2200–2216, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17378>>.