

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TIMOTHEO SOUZA SILVEIRA

SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DE LEITE E SÓLIDOS E DO PERFIL DE  
ÁCIDOS GRAXOS EM REBANHOS LEITEIROS DO PARANÁ

CURITIBA

2022

TIMOTHEO SOUZA SILVEIRA

SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DE LEITE E SÓLIDOS E DO PERFIL DE  
ÁCIDOS GRAXOS EM REBANHOS LEITEIROS DO PARANÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Almeida

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Silveira, Timotheo Souza

Sazonalidade da produção de leite e sólidos e do perfil de ácidos graxos em rebanhos leiteiros do Paraná/ Timotheo Souza Silveira. – Curitiba, 2022.

1 recurso online: PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.  
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Almeida

1. Leite - Produção. 2. Sazonalidade. 3. Leite - Composição. I. Almeida, Rodrigo de. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -  
40001016082P0

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **TIMOTHEO SOUZA SILVEIRA** intitulada: **Sazonalidade da produção de leite e sólidos e do perfil de ácidos graxos em rebanhos leiteiros do Paraná**, sob orientação do Prof. Dr. RODRIGO DE ALMEIDA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 05 de Julho de 2022.

Assinatura Eletrônica

18/07/2022 00:01:04.0

RODRIGO DE ALMEIDA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

06/07/2022 17:14:57.0

MARCOS INÁCIO MARCONDES

Avaliador Externo (WASHINGTON STATE UNIVERSITY (WSU))

Assinatura Eletrônica

06/07/2022 22:02:13.0

SIMONE GISELE DE OLIVEIRA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

06/07/2022 14:59:21.0

FRANCISCO DE PALMA RENNÓ

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil  
CEP 80035-050 - Tel: (41) 99283-3742 - E-mail: ppgz@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 202938

**Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaocassinaturas.jsp> e insira o código 202938**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -  
40001016082P0

**ATA Nº092022**

## **ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DOUTORADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ZOOTECNIA**

No dia cinco de julho de dois mil e vinte e dois às 13:30 horas, na sala Sala de reuniões do Departamento de Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias da UFPR, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de tese do doutorando **TIMOTHEO SOUZA SILVEIRA**, intitulada: **Sazonalidade da produção de leite e sólidos e do perfil de ácidos graxos em rebanhos leiteiros do Paraná**, sob orientação do Prof. Dr. RODRIGO DE ALMEIDA. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: RODRIGO DE ALMEIDA (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), MARCOS INÁCIO MARCONDES (WASHINGTON STATE UNIVERSITY (WSU)), SIMONE GISELE DE OLIVEIRA (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), FRANCISCO DE PALMA RENNÓ (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de doutor está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, RODRIGO DE ALMEIDA, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

CURITIBA, 05 de Julho de 2022.

Assinatura Eletrônica  
18/07/2022 00:01:04.0  
RODRIGO DE ALMEIDA  
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica  
06/07/2022 17:14:57.0  
MARCOS INÁCIO MARCONDES  
Avaliador Externo (WASHINGTON STATE UNIVERSITY (WSU))

Assinatura Eletrônica  
06/07/2022 22:02:13.0  
SIMONE GISELE DE OLIVEIRA  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica  
06/07/2022 14:59:21.0  
FRANCISCO DE PALMA RENNÓ  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil  
CEP 80035-050 - Tel: (41) 99283-3742 - E-mail: ppgz@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 202938

**Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 202938**

À Deus toda honra e glória!

Camilla, que sempre está ao meu lado.

Samuel e Davi: seus anos de vida até aqui, são iguais aos deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, Soberano e excelso criador, por ter me guiado e me sustentado durante esse período. Creio que sem ele, não teria alcançado esse objetivo, pois em muitos momentos desistiria e em outros, abriu-se portas para que esse trabalho pudesse ser finalizado.

Agradeço a minha família, em primeiro lugar, minha esposa Camilla, que durante esses 6 anos de casados, 4 anos foram dedicados ao doutorado. Que não me deixou desistir e que em cada momento de estudo e que me ausentei, ficou aguardando ansiosamente esse momento. Sem ela de suporte, não terminaria.

Meus Filhos Samuel e Davi. Quantos dias o Samuel perguntou: “Papa, já terminou o trabalho? Vamos brincar agora?” Por vocês foi possível terminar, pois é a esperança de que muito trabalho os inspire a dias melhores.

Aos meus pais, Geraldo e Liliana, que moldaram meu caráter e que principalmente me deram exemplo de honestidade, fibra, coragem, fé e humildade. Da mesma forma, agradeço imensamente aos meus irmãos Jonathas e Talita, meus cunhados e todos da família que estiveram orando para que as bênçãos de Deus se derramassem para que tudo pudesse ser concluído nesse trabalho. Todos, a seu modo, não mediram esforços para garantir que este sonho fosse possível.

Aos meus sogros, Eltje e Catharina, que foram suporte para a nossa família, cuidando e provendo o que era necessário para que as crianças tivessem carinho e cuidado enquanto estivemos ausentes.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Rodrigo de Almeida, por ter me orientado em todo o processo de doutorado e por ser uma grande referência profissional, de postura e de cumprimento do dever. Não só os livros e artigos fizeram a tese, mas a postura de orientação me fez pensar além da escrita.

Ao meu mentor, professor Marcelo Rodrigues, que em momentos de dúvida, recorro e sempre irei recorrer, sendo meu mentor na carreira de Zootecnia desde 2004.

Aos colegas do Grupo do Leite da UFPR, em especial, a Paloma e Jean Carlos, pelas ajudas que me concederam durante a minha trajetória.

A Polinutri, a quem nomino o Alexandre Siqueira, que apoiou financeiramente as análises de perfil de ácidos graxos, tão importantes para a conclusão deste

trabalho. Desde 2016, temos trabalhados juntos para que a produção de leite em Castro possa ter uma nova forma de pensar.

Ao POOL Leite (Capal, Castrolanda e Frísia), pela cessão de dados que foi peça fundamental para a construção do primeiro trabalho de sazonalidade em tanques de leite. Primeiro trabalho do hemisfério Sul a ser defendido, pelo menos até onde sabemos.

A ABCBRH, que além de cederem os dados, confiaram no trabalho e repassaram esse conhecimento a todos os produtores.

Aos produtores que realizaram parte desse trabalho, em especial ao Hans, Lucas e Reinaldo Figueiredo, que em diversos momentos foram peças fundamentais na engenharia operacional para a pesquisa, me dando suporte na liberação para a coleta de campo em 2021.

“Seu melhor investimento é você mesmo. Não há nada que se compare a isso”

(Warren Buffet, 2013)

## RESUMO

A sazonalidade da produção impacta diretamente as propriedades rurais que enfrentam as variações na oferta e na composição dos alimentos, de produção de leite e do mercado (preços de leite e de insumos). A composição do leite afeta principalmente a rentabilidade do negócio, sendo oportunidade tanto para a indústria como para o produtor. Em fazendas, pode-se otimizar a produção acompanhando principalmente o potencial fisiológico dos animais. Em indústria pode-se ter melhor entendimento do mercado, planejar e maximizar produção, aumentando as margens de lucro. Os objetivos desse trabalho foi verificar os aspectos de sazonalidade da produção de leite de tanques e de animais comparando com os resultados já obtidos em outros países, descrever o perfil de ácidos graxos da gordura do leite em tanques de leite e buscar alternativas para aumento da saúde ruminal e por consequência entender a influência do manejo no perfil das fazendas. Rebanhos da região dos Campos Gerais do Paraná foram escolhidos devido a predominância de mesma raça, maior consistência e homogeneidade em sistemas de produção e similar processo de manejo, tendo fontes similares de produtos para as dietas. Um primeiro banco de dados de tanques de leite foi cedido pelas cooperativas da região e um segundo banco de dados com a produção individual de vacas foi cedido pela ABCBRH. A coleta de dados em 30 propriedades em 4 diferentes estações do ano foi conduzida. Procedimento estatístico de regressão trigonométrica foram usados para avaliação das curvas sazonais para tanques e vacas, sendo este relacionado ao ciclo circadiano baseado na fisiologia da vaca em 12 meses. Procedimentos estatísticos como MIXED e GLIMMIX do SAS, com inclusão de efeitos fixos e aleatórios foram usados para comparar fazendas categorizadas como alta, média e baixa síntese de AG De Novo. Encontramos significância para os ritmos sazonais que corroboram a relação entre ciclo circadiano fisiológico, sendo que nos tanques de leite os picos de concentração de gordura foram em junho, % proteína em maio e % lactose em setembro. Nas amostras de vacas identificamos picos de % proteína em maio, % gordura em junho, kg de proteína e kg de gordura em agosto, % lactose e volume de leite em setembro. Para o perfil de ácidos graxos no leite encontramos potencial sazonal com diferença ao longo das estações. Encontramos diferença entre os grupos para % gordura e % proteína, sendo esses maiores para as fazendas ADN (Alto De Novo) vs. BDN (baixo De Novo). As fazendas ADN apresentaram menor densidade de vacas ( $m^2/vacas$ ) do que as fazendas BDN. Não foram detectadas diferenças entre as fazendas ADN e BDN para matéria seca dietética, proteína bruta, fibra em detergente neutro ou amido. Nossa pesquisa contribui para entendermos melhor os aspectos de sazonalidade e de manejo que impactam a composição de leite. Existe fatores endógenos que impactam a sazonalidade e fatores de manejo que impactam essa regulação. Entender melhor esses aspectos trarão maior otimização e planejamento para produtores e indústria.

Palavras-chave: Sazonalidade de produção. Perfil de ácidos graxos do leite. Produção de leite. Composição do leite. Nutrição de vacas leiteiras.

## ABSTRACT

The seasonality of production has an immediate effect on rural properties that are subject to fluctuations in food and milk output, as well as the market (milk and input prices). The composition of milk and its health implications have a significant impact on the profitability of a business, presenting an opportunity for both the industry and the producer. On farms, productivity may be maximized by focusing primarily on the physiological capacity of animals. Gaining a deeper grasp of the market, planning and optimizing production helps increase profit margins in the business sector. The objectives of this study were to verify the seasonality of milk production at the tank and animal level, comparing the results to those already obtained in other countries; to understand the fatty acid profile of the milk tank with the secondary goal of seeking alternatives to improve ruminal health; and, consequently, to comprehend the impact of management on the farm profiles. Herds from the region of Campos Gerais were selected owing to their larger prevalence of the same breed, more stability and homogeneity in production systems, and similar management procedures, which have similar sources of dietary items. Regional cooperatives supplied a database at the tank-level tier. Holstein breed organization supplied a second database with individual cow productivity. In 2021, data was collected on thirty homes across four distinct seasons. The trigonometric regression statistical method was used to analyze seasonal curves for tanks and cows, which were tied to the circadian cycle based on the cow's physiology over the course of one year. Statistical methods such as MIXED and GLIMMIX from SAS, including fixed and random effects, were used to compare farms categorized as high, medium, or low in GA De Novo synthesis. The maxima of fat content occurred in June, protein in May, lactose in September, and CCS in February, confirming the link between the physiological circadian cycle and the milk tanks. We did not see any seasonality in the CPP of milk tanks. At the farm level, we discovered that the maxima of CCS percent protein, percent fat, protein yield, fat yield, percent lactose, and average output are, respectively, April, May, June, August, August, September, and September. Regarding the fatty acid composition of milk, we discovered a seasonal variation that differs between seasons. We discovered variations between groups for percent fat, percent protein, and AG De Novo, with the variances being bigger for DNA farms compared to BDN farms. ADN farms included fewer cows per unit area (m<sup>2</sup>/cows) than BDN farms. Dietary dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, and starch did not change across DNA and BDN farms. Our research leads to a greater comprehension of the seasonality and management factors that influence milk composition. This regulation is influenced by both endogenous and managerial variables. Producers and the industry will be able to plan and optimize more effectively if they have a deeper understanding of these factors.

Keywords: Seasonality. Milk fatty acids. Milk production. Milk composition. Cow nutrition.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ROTAS DE BIOHIDROGENAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS ATRAVÉS DE MICRORGANISMOS RUMINAIS ....	49
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DA BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL DO ÁCIDO LINOLÉICO E FORMAÇÃO DO CLA TRANS-10 CIS-12 NO RÚMEN .....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS EM RELAÇÃO A GEOGRAFIA BRASILEIRA .....	82
GRÁFICO 2 - DETALHAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DADOS.....	82
GRÁFICO 3 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE GORDURA OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.....	89
GRÁFICO 4 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.....	90
GRÁFICO 5 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.....	91
GRÁFICO 6 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.	91
GRÁFICO 7- MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO UREICO OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.	92
GRÁFICO 8 - AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE GORDURA AO LONGO DOS ANOS. ....	95
GRÁFICO 9 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 À 2019.....	95
GRÁFICO 10 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO TANQUE AO LONGO DO ANO. ....	96
GRÁFICO 11 - AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE PROTEÍNA AO LONGO DOS ANOS.....	97
GRÁFICO 12 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019 .....	98
GRÁFICO 13- CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO TANQUE AO LONGO DO ANO .....	98
GRÁFICO 14- AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE SÓLIDOS TOTAIS AO LONGO DOS ANOS .....	100

GRÁFICO 15 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 À 2019 .....	100
GRÁFICO 16 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS (ST). DO TANQUE AO LONGO DO ANO .....	101
GRÁFICO 17- AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE LACTOSE AO LONGO DOS ANOS .....	102
GRÁFICO 18 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 À 2019 .....	102
GRÁFICO 19- CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE DO TANQUE AO LONGO DO ANO .....	103
GRÁFICO 20 - AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUL AO LONGO DOS ANOS. ....	104
GRÁFICO 21 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE NUL EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 À 2019.....	105
GRÁFICO 22 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE NUL DO TANQUE AO LONGO DO ANO .....	106
GRÁFICO 23 - TEMPERATURAS MÉDIAS MÁXIMAS OBSERVADAS AO LONGO DOS MESES DO ANO NO PERÍODO DE 2013 A 2019.....	135
GRÁFICO 24 – TEMPERATURAS MÉDIAS MÁXIMAS OBSERVADAS DE 2013 A 2019. ....	135
GRÁFICO 25 - AMPLITUDES E MÉDIAS DAS PRODUÇÕES DE LEITE POR VACA AO LONGO DOS ANOS. ....	137
GRÁFICO 26 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA PRODUÇÃO MÉDIA DE LEITE DAS VACAS AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.....	137
GRÁFICO 27 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA PRODUÇÃO MÉDIAS DE LEITE. ....	138
GRÁFICO 28 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE GORDURA NO LEITE EM VACAS.....	139

GRÁFICO 29 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA NO LEITE DE VACAS AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.....	140
GRÁFICO 30 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE. ....	140
GRÁFICO 31 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE RENDIMENTO DE GORDURA NO LEITE DE VACAS.....	141
GRÁFICO 32 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA RENDIMENTO DE GORDURA DAS VACAS EM LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.....	142
GRÁFICO 33 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA RENDIMENTO DE GORDURA DO LEITE. ....	143
GRÁFICO 34 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA NO LEITE DE VACAS.....	144
GRÁFICO 35 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DE VACAS AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.....	145
GRÁFICO 36 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO LEITE. ....	145
GRÁFICO 37 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE RENDIMENTO DE PROTEÍNA NO LEITE DE VACAS.....	147
GRÁFICO 38 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA RENDIMENTO DE PROTEÍNA DAS VACAS EM LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.....	147
GRÁFICO 39 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA RENDIMENTO DE PROTEÍNA DO LEITE. ....	148
GRÁFICO 40 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE NO LEITE DE VACAS.....	149
GRÁFICO 41 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE EM VACAS AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.....	149
GRÁFICO 42 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE NO LEITE DE VACAS.....	150

GRÁFICO 46 - REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA APLICADA A TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA AO LONGO DOS ANOS.....	151
GRÁFICO 47 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CURVA DE TEMPERATURA COMPARADA COM A PRODUÇÃO DE LEITE MÉDIA DE VACAS. ....	152
GRÁFICO 48 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CURVA DE TEMPERATURA COMPARADA COM A CONCENTRAÇÃO DE GORDURA NO LEITE DE VACAS.....	152
GRÁFICO 49 - RELAÇÃO DA CURVA DE GORDURA DO LEITE COM A DATA DA COLETA DE DADOS A CAMPO.....	167
GRÁFICO 50 - GRÁFICO DE DISPERSÃO E CORRELAÇÃO DE AG <i>DE NOVO</i> (G/100G DE AG) POR % DE GORDURA NO LEITE.....	183
GRÁFICO 51 - GRÁFICO DE DISPERSÃO E CORRELAÇÃO DE AG <i>DE NOVO</i> (G/100G DE GORDURA) COM % DE GORDURA. ....	184
GRÁFICO 52 - CORRELAÇÕES ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE E GRUPOS DE AG POR LOCAL DE ORIGEM. ....	185
GRÁFICO 53 - PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE NOVO POR 100 GRAMAS DE AG AO LONGO DO ANO SEPARADOS POR ESTAÇÕES .....	194
GRÁFICO 54 - AG <i>DE NOVO</i> EM GRAMAS POR 100 GRAMAS DE LEITE AO LONGO DO ANO.....	195
GRÁFICO 55 - AG <i>DE NOVO</i> POR QUILOGRAMA DE LEITE PRODUZIDO AO DIA AO LONGO DO ANO.....	195
GRÁFICO 56 - CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE AO LONGO DO ANO CORRIGIDO PARA O PERÍODO E GRUPO DE AG DN.....	196
GRÁFICO 57 - CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO LEITE AO LONGO DO ANO CORRIGIDO PARA O PERÍODO E GRUPO DE AG DN.....	197
GRÁFICO 58 - CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE DO LEITE AO LONGO DO ANO CORRIGIDO PARA O PERÍODO E GRUPO DE AG DN.....	198
GRÁFICO 59 - PRODUÇÃO DE LEITE DIVIDIDOS EM AG <i>DE NOVO</i> E SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	203
GRÁFICO 60 - GRUPOS DE AG <i>DE NOVO</i> E SUA RELAÇÃO COM AS ESTAÇÕES PARA ENERGIA LÍQUIDA NA LACTAÇÃO.....	210

GRÁFICO 61 - GRUPOS DE AG DE NOVO E SUA RELAÇÃO COM AS ESTAÇÕES PARA PDR.....	211
GRÁFICO 62 - GRUPOS DE AG DE NOVO E SUA RELAÇÃO COM AS ESTAÇÕES PARA %EE .....	212
GRÁFICO 63 - FDNfe da TMR ao longo do ano .....	215
GRÁFICO 64 - DISPERSÃO DOS VALORES DE FDNFE DA TMR POR %GORDURA DO LEITE .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
GRÁFICO 65 - VALORES DE %EE DE SILAGEM AO LONGO DOS PERÍODOS DE COLETA POR GRUPOS.....	217
GRÁFICO 66 - AMIDO FECAL AO LONGO DO ANO RELACIONADO POR GRUPO DE AG DE NOVO .....	218

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS OBSERVADOS AO LONGO DOS MESES. ....	133
QUADRO 2 - MÉDIAS DE TEMPERATURA MÁXIMA DISTRIBUÍDAS AO LONGO DOS MESES NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ DE 2013 A 2019.....	134
QUADRO 3 - QUADRO DE DESCRIÇÃO DAS FAZENDAS AO LONGO DAS ESTAÇÕES.....	169
QUADRO 4 - RELAÇÃO DAS MÉDIAS DE TODOS OS COMPONENTES DO LEITE OBSERVADOS DE ÁCIDOS GRAXOS .....	226
QUADRO 5 - CORRELAÇÃO ENTRE AG DE NOVO E OS PRINCIPAIS ÍNDICES COLETADOS.....	227

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DOS PRINCIPAIS ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE.....	45
TABELA 2 - ESTIMATIVA DE TEMPO DE ALIMENTAÇÃO E DESCANSO DE VACAS EM LACTAÇÃO. ....	57
TABELA 3 - APRESENTAÇÃO DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA BÁSICA APÓS TRATAMENTO. ....	84
TABELA 4 - MÉDIAS DOS COMPONENTES AO LONGO DOS ANOS. ....	87
TABELA 5 - AVALIAÇÃO DAS MÉDIAS OBSERVADAS AO LONGO DOS MESES. .....	88
TABELA 6 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA EM TANQUES DE LEITE. ....	94
Tabela 7 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA EM TANQUES DE LEITE. ....	96
TABELA 8 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS (ST) EM TANQUES DE LEITE. ....	99
TABELA 9 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE EM TANQUES DE LEITE.....	101
TABELA 10 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE NITROGENIO UREICO EM TANQUES DE LEITE. ....	103
TABELA 11 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS OBTIDOS. ....	131
TABELA 12 - TABELA COM MÉDIAS OBSERVADAS E PREDITAS USANDO O MODELO.....	136
TABELA 13 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA PRODUÇÃO DE LEITE DE VACAS LEITEIRAS. ....	136
TABELA 14 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE EM VACAS LEITEIRAS.....	138
TABELA 15 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA O RENDIMENTO DE GORDURA DO LEITE (KG/DIA) EM VACAS LEITEIRAS.....	141

TABELA 16 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA A CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO LEITE EM VACAS.....	143
TABELA 17 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA O RENDIMENTO DE PROTEÍNA DO LEITE EM VACAS LEITEIRAS.....	146
TABELA 18 – RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE NO LEITE DE VACAS LEITEIRAS.....	148
TABELA 20 - VALORES DE TEMPERATURA APLICADOS NA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA DA FUNÇÃO COSENO.....	151
TABELA 21 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE TANQUES DE LEITE DOS REBANHOS MONITORADOS. ....	181
TABELA 22 – CORRELAÇÕES ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE E GRUPOS DE AG POR LOCAL DE ORIGEM. ....	186
TABELA 23 - MÉDIAS DE PERFIL DE ÁCDOS GRAXOS EM TANQUES DE LEITE. ....	187
TABELA 24 - INDICES DE INSATURAÇÃO POR ESTAÇÃO DO ANO .....	190
TABELA 25 - INDICES DE SATURAÇÃO COMPARADOS POR GRUPOS DE AG <i>DE NOVO</i> .....	191
TABELA 26 - MÉDIAS DE COMPONENTES DO LEITE CATEGORIZADOS POR AG <i>DE NOVO</i> .....	193
TABELA 27 - DIFERENÇA DAS INFORMAÇÕES COLETADAS ENTRE OS GRUPOS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE SINTESE <i>DE NOVO</i> . ....	200
TABELA 28 - REFERENCIAS DAS FAZENDAS VISITAS E DE SEUS SISTEMAS PRODUÇÃO E MANEJO .....	202
TABELA 29 - AVALIAÇÃO DE PRODUÇÃO DE LEITE ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO. ....	203
TABELA 30 - MÉDIAS DE COMPOSIÇÃO DO LEITE DENTRO DE GRUPOS DE AG <i>DE NOVO</i> E SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	204
TABELA 31 - AVALIAÇÃO DE PONTOS DE MANEJO ENTRE GRUPOS DE AG DE NOVO .....	205

TABELA 32 - RELAÇÃO FREQUENCIA DE TRATOS E EMPURROS DE DIETA COM TIPOS DE SISTEMA .....	207
TABELA 33 - RELAÇÃO DE PARÂMETROS NUTRICIONAIS E GRUPOS DE PERFIL DE AG. ....	208
TABELA 34 - DIETAS COLETADAS E SUA RELAÇÃO AO LONGO DO TEMPO.	209
TABELA 35 - RESULTADOS DAS MÉDIAS DE INCLUSÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES ENTRE OS GRUPOS DE AG <i>DE NOVO</i> . ....	213
TABELA 36 - RESULTADO BROMATOLOGICO DAS SILAGENS POR GRUPO DE AG DE NOVO .....	214
TABELA 37 - ANALISE BROMATOLOGICA DAS SILAGENS EM DIFERENTES PERÍODOS DO ANO .....	216

## Lista de abreviaturas OU siglas

FAA - Food Anticipation Activity

SNC - Sistema Nervoso Central

DMH - Hipotálamo dorsomedial

HSF1 - Fator de choque térmico

RNA - Ácido ribonucleico

THI - Índice de temperatura e umidade

AGNE - Ácidos graxos não esterificados

PVN - Núcleo paraventricular

DGL - Degradação da gordura do leite

FDN - Fibra em detergente neutro

FDA - Fibra em detergente ácido

PB - Proteína Bruta

MS - Matéria Seca

EE - Extrato Etereo

NAHMS - Setor de monitoramento e saúde animal Americano

DGAT - Diglicerídeo aciltransferase

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	26
1.1. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL .....	28
CAPÍTULO I .....	31
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	32
2.1. O CICLO CIRCADIANO E SUA RELAÇÃO COM A SAZONALIDADE .....	32
2.2. O RELÓGIO BIOLÓGICO E A SINCRONIZAÇÃO COM AS ESTAÇÕES .....	33
2.3. RITMOS CIRCADIANOS E OS FATORES DE METABOLISMO – SEU IMPACTO NO MANEJO.....	38
2.4. MUDANÇAS SAZONAIS NO COMPORTAMENTO E METABOLISMO DA ALIMENTAÇÃO.....	38
2.5. MÉTODOS PARA QUANTIFICAR A SAZONALIDADE .....	41
2.6. A BIOLOGIA DA SÍNTESE DE GORDURA DO LEITE .....	44
2.6.1. Síntese de Gordura do Leite .....	44
2.6.2. Fermentação ruminal.....	46
2.6.3. Estágio de Lactação e Status Energético.....	48
2.7. EFEITO DA DIETA NA COMPOSIÇÃO DO LEITE .....	49
2.7.1. Lipídios Dietéticos .....	49
2.7.2. Carboidratos fermentáveis .....	51
2.7.3. Tamanho de partícula da forragem .....	52
2.7.4. Suplementos dietéticos e aditivos .....	54
2.8. EFEITO DO MANEJO NA COMPOSIÇÃO DO LEITE .....	56
2.8.1. Comportamento alimentar de vacas em lactação .....	56
2.8.2. Comportamento de Ruminação de Vacas Leiteiras .....	58
2.8.3. Densidade das vacas .....	58
2.8.4. Restrição alimentar .....	60
2.8.5. Frequência de alimentação .....	61
2.8.6. Design de instalações .....	61
2.8.7. Estratégia de Alimentação.....	62
2.8.8. Condições de comportamento e rúmen.....	63
2.9. REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA.....	64
CAPÍTULO II .....	77

RITMOS ANUAIS DAS CONCENTRAÇÕES DE GORDURA E PROTEÍNA EM TANQUES DE LEITE .....	78
RESUMO.....	78
FAT AND PROTEIN CONCENTRATION RHYTHMS IN MILK TANKS .....	79
ABSTRACT .....	79
PALAVRAS-CHAVE: ANNUAL RHYTHMS, MILK BULLK TANK, MILK COMPOSITION.....	79
3.1. INTRODUÇÃO .....	80
3.2. METODOLOGIA.....	81
3.3. RESULTADOS .....	86
3.3.1 MÉDIAS DAS COMPOSIÇÕES DO LEITE AO LONGO DOS ANOS. ....	86
3.3.2. APLICAÇÃO DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA.....	93
3.4. DISCUSSÃO .....	106
3.5. CONCLUSÕES .....	111
3.6. REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO II.....	112
CAPÍTULO III .....	124
RITMOS ANUAIS DE PRODUÇÃO DE LEITE E COMPONENTES DE VACAS LEITEIRAS DA RAÇA HOLANDESA EM REBANHOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL	
125	
RESUMO.....	125
ANNUAL RHYTHMS OF HOLSTEIN DAIRY COWS OF SOUTHERN BRAZIL .....	126
ABSTRACT .....	126
4.1. INTRODUÇÃO .....	127
4.2. METODOLOGIA.....	128
4.3. RESULTADOS .....	130
4.3.1 MÉDIAS OBSERVADAS E AVALIAÇÃO QUANTO A TEMPERATURA.....	130
4.3.2 APLICAÇÃO DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA E AVALIAÇÃO DAS CURVAS DE SAZONALIDADE EM VACAS LEITEIRAS. ....	134
4.4. DISCUSSÃO .....	152
4.5. CONCLUSÕES .....	157
4.6. REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO III.....	158
CAPÍTULO IV .....	162
RESUMO.....	163

ABSTRACT .....	164
5.1. INTRODUÇÃO .....	165
5.2. METODOLOGIA.....	166
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	181
5.5. CONCLUSÕES .....	218
5.6. REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO IV .....	219

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

No contexto da evolução e preservação da espécie, quanto ao processo que identificamos como caça e caçador, dentro das características de vivência em um processo de um ecossistema, a capacidade dos organismos de perceber o tempo e coordenar o comportamento e o metabolismo concede uma grande vantagem, principalmente para a sobrevivência. A maximização dos recursos energéticos, prevendo de forma confiável a disponibilidade de alimentos e a atividade predadora, pode ser a diferença entre sobrevivência e morte para muitas espécies. A percepção do ambiente está diretamente ligada a sobrevivência da espécie.

A capacidade de um organismo monitorar a hora do dia permite segregar temporalmente processos fisiológicos incompatíveis e maximizar a eficiência energética, prevenindo ciclos fúteis do metabolismo. Para facilitar a coordenação entre as mudanças temporais no ambiente externo e seu próprio metabolismo intrínseco, os animais desenvolveram ritmos biológicos inerentes. Esses ritmos persistem na ausência de pistas externas e respondem à entrada, ou redefinindo sinais ambientais.

No desenvolvimento e evolução da sociedade, no processo de domesticação dos animais visando a obtenção de alimentos, tendo o predador não sendo mais ameaça, espera-se a diminuição dos processos de alerta. Deve-se por tanto ter uma redução dos processos fisiológicos diretamente ligados a fuga, reprodução, manutenção de reservas de energia e reações adrenérgicas ligadas ao animal. Todavia, a produção de produtos animais sempre enfrentou a sazonalidade, sendo direcionadas aos ciclos produtivos, disponibilidade de alimentos e fatores externos ao relógio fisiológico dos animais, impactando tanto as questões econômicas e relação do homem com o alimento.

A quantificação da variação sazonal no desempenho do rebanho contribui para o planejamento gerencial, a tomada de decisões e o controle de doenças. Apesar do conhecimento atual sobre a sazonalidade nos sistemas de produção leiteira, estudos de gestão e viabilidade econômica muitas vezes negligenciam a sazonalidade em suas análises. Outros autores afirmam claramente a falta de estudos que quantifiquem a sazonalidade em diferentes parâmetros lácteos e

assumam um comportamento não sazonal em sua análise (F. C. Ferreira et al., 2016; Ribeiro et al., 2012)

Os produtores de leite estão bem cientes das mudanças diárias e sazonais na produção de leite. Além disso, as diferenças na produção e composição do leite entre a ordenha matinal e noturna (Asher et al., 2015; Gilbert et al., 1972), e entre diferentes estações do ano (Clements et al., 2005; F. C. Ferreira & Vries, 2015; I. J. Salfer et al., 2020; Williams et al., 2021) têm sido caracterizadas na literatura. No entanto, a padronização e estruturação dessas mudanças tem sido em grande parte inexplorada e não são consideradas nos processos de gestão das leiteiras, tendo grande parte direcionando as variações à fatores como stress calórico, mudanças na disponibilidade de alimentos e fatores que envolvem ao preço tanto de insumos como de venda do leite.

O teor e a composição da gordura do leite variam dentro da raça devido a fatores animais, incluindo genética, estágio de lactação e fermentação ruminal (Palmquist & Beaulieu, 1993; Stanley et al., 2002). Teor de gordura do leite e composição também variam devido a fatores nutricionais como ingestão de grãos, gordura dietética, ingestão de energia, efeitos sazonais e regionais e suplementos de gordura dietética. A nutrição é o fator predominante que afeta o percentual de gordura do leite e o perfil de FA leite (Bauman & Lock, 2006).

A possibilidade da associação entre teor de gordura e proteína do leite do tanque a granel (Barbano et al., 2014) e velocidade de prever a composição de AG usando espectroscopia de infravermelho médio transformada de Fourier (FTIR) estimulou o interesse na composição de AG de tanque de leite. Woolpert et al. (2016 & 2017) descobriram que fazendas com maior teor de gordura do tanque e teor de AG de novo tinham cochos de alimentação maiores, menor densidade de estocagem e alimentados com TMR duas vezes ao dia.

Se os efeitos de sazonalidade do leite interferem na fisiologia animal que impactam os teores de gordura e proteína do leite, juntamente com os fatores de manejo e nutrição, como seria esse comportamento ao longo do ano e como separar os impactos de um manejo nutricional dos aspectos próprios da fisiologia alinhados no processo de produção de leite ao mercado. Quais poderiam ser as melhores condições de produção de gordura e proteína para maximizar a nutrição, produção de componentes e manejo alimentar?

Nielsen et al. (2010) usaram uma indicadores de reprodução para encontrar a política ideal de reposição em rebanhos leiteiros. A ênfase nesse estudo foi dada à construção de um modelo voltado para questões de reprodução não abordando o efeito de efeitos de produção e nutrição. A associação entre desempenho reprodutivo e lucratividade é resultado de efeitos sobre a produção de leite, novilhas de reposição disponíveis e taxas de descarte voluntário e involuntário (Olynk & Wolf, 2008) Seria possível uma associação dos modelos de decisão baseados em aspectos da maximização da produção dos componentes do leite, otimização dos aspectos engenhos e de melhorias no uso da sazonalidade da reprodução. Um modelo de simulação de cadeia de Markov pode ser uma técnica útil para aproximar a estrutura do rebanho (de Vries, 2004) Vários fatores biológicos e econômicos devem ser considerados para tomar decisões e muitas não são utilizadas da forma correta ou de forma a maximizar a rentabilidade (Bailey et al., 2005a).

Desenvolver uma melhor compreensão dos ritmos biológicos que regem a síntese do leite pode revelar oportunidades para melhorar a eficiência da produção leiteira. Por isso, a pesquisa realizada para esta tese buscou examinar os fatores nutricionais e ambientais que afetam ritmos de produção de leite ao longo do ano, fatores que afetam o perfil de ácidos graxos do leite em tanque de propriedades e conduzir discussões para melhorar o processo de planejamento da produção de leite, sólidos, reprodução e consumo alimentar buscando a maximização da rentabilidade do produtor de leite.

## 1.1. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

Asher, A., Shabtay, A., Brosh, A., Eitam, H., Agmon, R., Cohen-Zinder, M., Zubidat, A. E., & Haim, A. (2015). "Chrono-functional milk": The difference between melatonin concentrations in night-milk versus day-milk under different night illumination conditions. *Chronobiology International*, v.32, p.1409–1416. <https://doi.org/10.3109/07420528.2015.1102149>.

Bailey, K. W., Jones, C. M., & Heinrichs, A. J. (2005). Economic returns to Holstein and Jersey herds under multiple component pricing. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.2269–2280.

Barbano, D. M., Melilli, C., & Overton, T. R. (2014). Advanced use of FTIR spectra of milk for feeding and health management. In N. Y. Syracuse (Ed.), *Proc. Cornell Nutrition Conf.*, p.105–113.

Bauman, D. E., & Lock, A. L. (2006). Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. *Proc. Tri-State Dairy Nutr*, p.1–14.

Clements, A. C. A., Pfeiffer, D. U., & Hayes, D. (2005). Bayesian spatio-temporal modelling of national milk-recording data of seasonal-calving New Zealand dairy herds. *Prev. Vet. Med.*, v.71, p.183–196.

de Vries, A. (2004). Economics of delayed replacement when cow performance is seasonal. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.2947–2958. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73426-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73426-8).

Ferreira, F. C., Gennari, R. S., Dahl, G. E., & Vries, A. de. (2016). Economic feasibility of cooling dry cows across the United States. *J. Dairy Sci.*, v.99, p.9931–9941. <https://doi.org/10.3168/JDS.2016-11566>.

Ferreira, F. C., & Vries, A. de. (2015). Effects of season and herd milk volume on somatic cell counts of Florida dairy farms. *J. Dairy Sci.*, v.98, p.4182–4197. <https://doi.org/10.3168/JDS.2014-8695>.

Gilbert, G. R., Hargrove, G. L., & Kroger, M. (1972). Diurnal variations in milk yield, fat yield, milk fat percentage, and milk protein percentage of Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.*, v.56, p.409–410. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(73\)85187-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(73)85187-2).

Nielsen, L. R., Jørgensen, E., Kristensen, A. R., & Østergaard, S. (2010). Optimal replacement policies for dairy cows based on daily yield measurements. *J. Dairy Sci.*, v.93, p.75–92. <https://doi.org/10.3168/JDS.2009-2209>.

Olynk, N. J., & Wolf, C. A. (2008). Economic analysis of reproductive management strategies on US commercial dairy farms. *J. Dairy Sci.*, v.91, p.4082–4091.

Palmquist, D. L., Denise Beaulieu, A., & Barbano, D. M. (1993). Feed and Animal Factors Influencing Milk Fat Composition. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.1753–1771. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77508-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77508-6).

Ribeiro, E. S., Galvão, K. N., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. P. (2012). Economic aspects of applying reproductive technologies to dairy herds. *Anim. Reprod.*, v.1, p.370–387.

Salfer, I. J., Bartell, P. A., Dechow, C. D., & Harvatine, K. J. (2020). Annual rhythms of milk synthesis in dairy herds in 4 regions of the United States and their relationships to environmental indicators. *J. Dairy Sci.*, v.103, p.3696–3707. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17362>.

Stanley, C. C., Williams, C. C., Jenny, B. F., Fernandez, J. M., Bateman, H. G., Nipper, W. A., Lovejoy, J. C., Gantt, D. T., & Goodier, G. E. (2002). Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2335–2343. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74313-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74313-0).

Williams, M., Murphy, C. P., Sleator, R. D., Ring, S. C., & Berry, D. P. (2021). Genetic and nongenetic factors associated with lactation length in seasonal-calving, pasture-based dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.104, p.561–574. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2020-18941>.

Woolpert, M. E., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Melilli, C., Chase, L. E., Grant, R. J., & Barbano, D. M. (2016). Management, nutrition, and lactation performance are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on northeastern US dairy farms. *J. Dairy Sci.*, v.99, p.8486–8497. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10998>.

Woolpert, M. E., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Melilli, C., Chase, L. E., Grant, R. J., & Barbano, D. M. (2017). Management practices, physically effective fiber, and ether extract are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on Holstein dairy farms. *J. Dairy Sci.*, v.100, p.5097–5106. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12046>.

## CAPÍTULO I

### REVISÃO DE LITERATURA SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DE LEITE E FATORES QUE IMPACTAM O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. O CICLO CIRCADIANO E SUA RELAÇÃO COM A SAZONALIDADE

Os ritmos biológicos mais bem estudados são os ritmos circadianos, que são definidos como ciclos biológicos de aproximadamente 24 horas. O termo circadiano foi cunhado em 1959 por Franz Halberg e é derivado dos termos latinos *circa*, que significa 'sobre'; e *diēm*, que significa 'dia' (Halberg et al., 1959). No entanto, descrições de ritmos diários tinham sido feitas muito antes. Androsthene, um escriba de Alexandre, o Grande, descobriu padrões diários de movimentos de folhas de tamarindo (*Tamarindus indica*) no século IV a.C. (Moore-Ede, 1982). Outro pesquisador botânico no século XVII, Jean-Jacques d'Ortois de Mairan, relatou a possibilidade da relação das movimentações das folhas com algo endógeno, sendo considerado o ritmo diário natural das folhas na floração de *Mimosa pudica* (Salfer, 2019). Esta descoberta foi revisitada quase 100 anos depois por Alphonse de Candolle, que observou que o ritmo do movimento vegetal também persistiu sob luz constante, e que o período de movimento da folha era ligeiramente menor que 24 horas (Coquillat, 1947).

Daan (2000) em sua revisão sobre o progresso da fisiologia circadiana, relatou o estudo de Collin Pittendrigh e Aschoff que juntos estabeleceram que os ritmos biológicos são endógenos, o que significa que eles são autossustentados através de mecanismos fisiológicos no animal, os ritmos são livres, o que significa que eles podem persistir sem estímulos externos, e que são adaptáveis, o que significa que eles são ajustáveis às mudanças no ambiente. Ao mesmo tempo, foram propostos ritmos biológicos em escalas de tempo maiores ou inferiores a 24 horas. Ainda segundo Daan (2000), Aschoff em 1955 sugeriu pela primeira vez que mudanças sazonais no comportamento, como hibernação ou migração, podem ser devido a um ritmo endógeno "circannual".

A sazonalidade pode ser definida como comportamento regular e previsto observado em dados ao longo do tempo, geralmente correspondente a estações ou outros períodos do calendário (Fisman, 2007; Sargeant et al., 1998). As estações podem ser definidas de acordo com as características climáticas (meteorológicas) ou com base nas datas de equinócios e solstícios (astronômicas) (Salfer et al., 2018)

A sazonalidade tem sido relatada na produção leiteira, assim como no desempenho no crescimento animal (McAloon et al., 2016), desempenho reprodutivo (Ferreira, 2013; Pszczola et al., 2009; Valeanu et al., 2015), produção de leite (Ferreira & Vries, 2015), composição e qualidade do leite (Zeinhom et al., 2016), incidência de doenças (Pérez-Cabal & Alenda, 2014; Sayers et al., 2015), mortalidade de vacas (Reimus et al., 2017; Vitali et al., 2009) e gestão ambiental (Huang & Guo, 2018). Vários mecanismos podem contribuir para a variação sazonal da produção leiteira.

Apesar dos diversos estudos que analisaram a sazonalidade na produção leiteira, não há consenso sobre como a sazonalidade é descrita e medida. Um bom método para descrever a sazonalidade seria flexível o suficiente para capturar o comportamento periódico da variável em estudo, para capturar o momento do ano do pico e do nadir; também permitiria o ajuste de covariáveis, como dias avançados no leite em determinados períodos do ano devido ao padrão de parto do rebanho.

Se temos então as afirmações de que a sazonalidade tem relação com as estações do ano e as estações do ano tem relação com as características endógenas, diretamente relacionamos a sazonalidade com o ciclo endógeno, que por sua vez se relaciona com a fisiologia animal concernente ao ciclo circadiano.

## **2.2. O RELÓGIO BIOLÓGICO E A SINCRONIZAÇÃO COM AS ESTAÇÕES**

O processo denominado em inglês *Entrainment*, que traduzindo diretamente seria arrastamento, ou o termo mais próximo alinhamento, é o processo de sincronização endógena do relógio biológico com a condição externa ou a condição climática (envolvendo temperatura, luminosidade, pressão, umidade e concentração de oxigênio). A relação desse processo com o meio ambiente é chamada de Zeitgebers (termo alemão para "doador de tempo"), e confere informações sobre o "tempo ambiental" aos osciladores circadianos para sincronizar o relógio interno de um organismo (Hut et al., 2013).

A partir dessa definição concluímos que todos os organismos possuem ritmos endógenos que lhes permitem responder aos sinais de "tempo do

ambiente”, que podem diferir ligeiramente dentro das 24 horas. Quando os Zeitgebers estão ausentes, o ritmo é dito ser “*free running*”, o que significa que ele expressa seu período endógeno. A duração do período de *free running*, também chamado de tau ( $\tau$ ), difere entre espécies e até mesmo indivíduos. Os humanos, por exemplo, têm um período médio de *free running* de 24,2 h (Czeisler et al., 1999).

Como estimuladores ambientais de tempo, Zeitgebers, teríamos a luz, temperatura e alimentação. Identificando esses fatores como os já mencionados acima no processo de sazonalidade, no que citamos a existência desses indicadores como pontos indicativos para a sazonalidade da produção verificada em animais de produção. Se a relação entre a produção de leite, ou de outros produtos de relação direta com as estações do ano, estaria aqui os principais mecanismos de ação para as mudanças fisiológicas nos relógios de produção dos animais de produção.

A luz é o Zeitgeber com maior impacto conhecido nas condições do relógio biológico e seu impacto no Sistema Nervoso Central (SNC). A luz é detectada pelo olho e transmitida ao SNC através de duas vias separadas. As células bastonetes e cones são os principais fotorreceptores visuais da retina. Depois de reagir às diferenças de luminosidade, eles sinalizam ao SNC através de células ganglionares na retina, definindo seu relógio circadiano (Drouyer et al., 2007). Foster et al. (1991) demonstraram que os camundongos que possuem a mutação *rd/rd*, que causa degeneração de células nos olhos e cegueira completa, responderam positivamente aos mecanismos de claro-escuro, sugerindo que um fotorreceptor adicional estava envolvido neste processo biológico circadiano.

Mais tarde foi descoberto que a foto-pigmento não visual melanopsina poderia gerar uma ligação com o relógio biológico do SNC através da excitação de células globulares intrinsecamente fotossensíveis de retina (ipRGCs) (Panda et al., 2002). A exposição de ipRGCs à luz causa foto isomerização da proteína melanopsina, levando a uma cascata de sinalização de proteína G que causa despolarização celular e aumenta a taxa de disparo nervoso (Hattar et al., 2002). Os ipRGCs são enviados diretamente ao SNC através do trato retinohipotalâmico, transmitindo sinais de luz diretamente para o relógio do SNC. Panda (2003) confirmou a independência da oscilação circadiana das células

dos olhos usando camundongos rd/rd, bem como camundongos sem melanopsina (Opn4) e camundongos com ambas as mutações. Eles descobriram que a resposta a luminosidade ocorreu em cepas de camundongos com exclusões únicas, mas não ocorreu na ausência de ambos os sistemas receptores. Além de estabelecer duas vias separadas para as respostas circadianas, este estudo concluiu que, ao contrário de aves, répteis, peixes e invertebrados que podem detectar luz extraocular na glândula pineal ou fotorreceptores do cérebro profundo, os mamíferos requerem fotorreceptores oculares para esse tipo de resposta fisiológica.

A temperatura ambiental é uma sugestão comum de mudanças drásticas na fisiologia do animal. Algumas plantas e algas podem mudar sua fisiologia com pequenas mudanças de 1 a 2°C de temperatura ao longo do dia (Rensing & Ruoff, 2002). Em mamíferos, os ritmos circadianos da temperatura corporal podem mudar nos tecidos periféricos sem alterações na sua fisiologia do SNC, o que sugere que exposições a pequenas mudanças durante o dia não afetariam o processo fisiológico, mas que exposições durante longos períodos de estresse térmico poderiam ser drasticamente perceptíveis as alterações (Hansen, 2019).

Brown et al. (2002) verificaram que sensores que geram a mudança nos ritmos circadianos dos animais poderiam estar presentes em células de fibroblasto de ratos e responderiam a mudanças de temperatura de 4°C. Saini et al. (2012) mais tarde revelaram resultados semelhantes, mas revelaram que apenas uma mudança de temperatura de 1°C é suficiente para respostas a mudança do relógio. Esses autores também revelaram que a entrada de temperatura dependia do fator de choque térmico 1 (HSF1). Além do HSF1, proteínas de ligação de RNA indizíveis a frio (CIRPs) ligam a temperatura corporal ao relógio circadiano.

Ciclos de temperatura corporal afetam a regulação de locais de poliadenilação pela CIRP, afetando assim a estabilidade das RNAs-alvo (Ki et al., 2015). Enquanto os tecidos periféricos parecem responder à temperatura, o SNC possui mecanismos para resistir ao feedback da temperatura corporal no relógio central. Buhr et al. (2010) descobriram que a comunicação entre as regiões dorsomedial e ventrolateral do SNC via canais de cálcio do tipo L impede que a temperatura reinicie o relógio SNC.

Por fim, o estudo de Shehab-El-Deen et al. (2010) já demonstrava a influência do ritmo circadiano dos parâmetros metabólicos sanguíneos associados ao estresse térmico de verão em vacas leiteiras. Todas as vacas apresentaram frequência respiratória e temperatura retal significativamente maiores, coincidindo com valores mais altos de THI. Concentrações de glicose menores coincidiram com concentrações aumentadas de AGNE e foram altamente correlacionadas negativamente. As maiores concentrações de ureia e colesterol total foram registradas nos momentos mais quentes do dia.

Esses resultados indicam que houve uma variação circadiana na glicose, AGNE, ureia e colesterol resultando na condição metabólica mais desfavorável durante o momento mais quente do dia.

Alterações fisiológicas durante períodos de estresse térmico (Baumgard & Rhoads, 2012; Tao & Dahl, 2013), desempenho reprodutivo prejudicado (Rensis et al., 2015; Schüller et al., 2016) e aumento da incidência de doenças (Olde Riekerink et al., 2007; Sanders et al., 2009; Strickland et al., 2005) são alguns exemplos de mudanças que contribuem para a sazonalidade observada nos sistemas de produção leiteira. Neste caso, trata-se de mudanças e exposições prolongadas e que impactariam por um período maior o ciclo como um todo.

Os ritmos circadianos em mamíferos também podem ser iniciados e modificados pela ingestão de nutrientes. Observações do comportamento dos ratos revelaram um aumento da atividade locomotora nas 2 a 4 horas anteriores à alimentação (Richter, 1922; Woolpert, 2016) Esses padrões que geram a atividade de antecipação da alimentação (Food Anticipation Activity - FAA) foram mais tarde verificadas persistências por até 3 a 4 dias após a remoção completa dos alimentos (Stephan, 2002). Embora o ciclo escuro claro seja o Zeitgeber predominante para a entrada de ritmos comportamentais, pode ocorrer uma alteração nas forças que impactam o ciclo e os ritmos alimentares teriam maior influência no comportamento do relógio durante condições de disponibilidade restrita de alimentos.

Stokkan et al. (2001) verificaram que ações de restrição alimentar mudam expressões no fígado e pulmão, mas não afetam o SCN que age na mudança do ciclo circadiano. Portanto, a ação de mudança do ciclo circadiano irá diretamente ser impactado de forma proporcional pelo conteúdo energético da

ração. Ficaria de forma direta que uma alimentação altamente palatável e de alta energia em um horário específico a cada dia é suficiente para mudar o ciclo, mesmo que a disponibilidade de alimentos não seja restrita (Mistlberger, 1994).

Inicialmente, a glândula suprarrenal foi o alvo preferencial das pesquisas, considerada como origem das oscilações envolvendo a alimentação, tendo como papel os glicocorticoides que fazem a antecipação alimentar. Porém em um estudo que verificava a ação da adrenalectomia foi possível verificar que não existe a influência direta nos ciclos circadianos através da FAA (Stephan, 2002).

Várias regiões do sistema nervoso central têm sido exploradas por seu potencial papel como iniciador dos ciclos alimentares. O hipotálamo ventromedial (VMH), uma região envolvida em sinalização de saciedade e termorregulação pode ter uma relação direta com as mudanças do ciclo circadiano. Experimentos mais recentes mostraram que não existe correlações entre lesões de VMH e alterações nos ciclos circadianos da alimentação (Gooley et al., 2006). O núcleo paraventricular (PVN) é uma região do cérebro envolvida na regulação do apetite e estresse, porém lesões no PVN não conseguem reduzir o comportamento dos ciclos alimentares (Mistlberger & Rusak, 1988).

O hipotálamo dorsomedial (DMH) pode ser a localização das atividades para mudança do ciclo circadiano pela alimentação, mas os resultados ainda são inconsistentes. Inicialmente foi explorado como candidato por causa de seus papéis previamente descobertos na regulação do comportamento alimentar, resposta ao estresse e envolvimento nos ritmos circadianos de liberação de cortisol (Chou et al., 2003). Gooley et al. (2006) observaram que a restrição alimentar sincroniza os ritmos diários das atividades do DMH até o momento da oferta da alimentação. Além disso, a expressão rítmica de *Per1* e *Per2* é induzida no DMH durante a alimentação restrita (Mieda et al., 2006).

Poderíamos ter esse como um grande candidato para que as ações do DMH sejam a base principal para mudanças no ciclo circadiano através da alimentação. No entanto, Landry et al. (2006) não conseguiram observar mudanças e nem paralisar os ritmos diários após a lesão parcial ou completa do DMH. Esses resultados foram posteriormente corroborados por estudos que comprovaram a incapacidade de isolar acionamentos de ritmos circadianos através de regiões específicas do cérebro pela alimentação de outros tipos de estímulos como comportamento, temperatura corporal, temperatura corporal e

sinalizações por glicocorticoides específicos para mudanças hormonais (Moriya et al., 2009).

### **2.3. RITMOS CIRCADIANOS E OS FATORES DE METABOLISMO – SEU IMPACTO NO MANEJO**

Devido aos muitos fatores que podem contribuir para o padrão sazonal observado em diferentes aspectos da produção leiteira, mecanismos sazonais relacionados ao comportamento observado podem ser difíceis de identificar empiricamente, o que justifica estudos de sazonalidade (Salfer et al., 2019).

Ao analisarmos fatores ligados a gestão, que podem ser relacionados diretamente com mudanças de reprodução em caráter intencional (DeVries et al., 2005; DeJarnette et al., 2007), visam incremento do desempenho reprodutivo, ou mesmo em mudanças voltadas ao atendimento de cotas econômicas ou de mercado, culminando em concentração de partos durante um período mais favorável do ano economicamente, podendo contribuir para um padrão observado diferente das ações fisiológicas esperadas.

Porém, essas características observadas momentaneamente, a longo prazo tendem a estabelecer novamente o padrão previsto.

### **2.4. MUDANÇAS SAZONAIS NO COMPORTAMENTO E METABOLISMO DA ALIMENTAÇÃO**

No inverno, a redução da luz solar e as temperaturas frias levam à dormência na maioria das plantas. Esse processo de mudança circadiana que envolve mais de um fator de entrada para ação fisiológica também é verificado nos mamíferos. A redução de disponibilidade alimentar, diretamente com as mudanças no meio ambiente são gatilhos de entrada para as mudanças fisiológicas e esses animais alteram o seu metabolismo para se preparar para o inverno, principalmente na escassez de alimentos.

Na produção de leite intensiva, questões relacionadas à disponibilidade de alimentos no inverno foram resolvidas através de sistemas de armazenamento como ensilagem, produção de feno e produção de ração. Pensando na sazonalidade da produção de forragens e os ritmos relacionados as disponibilidades de alimentos, ainda temos alguma relação e relevância nos

processos fisiológicos, ou seja, ainda é possível que os mecanismos de ações que geram mudanças metabólicas através do meio ambiente possam estar presentes.

Se existe relação nas condições de crescimento e disponibilidade de nutrientes nas plantas através de mudanças fisiológicas, por elas próprias estarem em sistema que não estão adaptados como os sistemas intensivos de produção de leite, as consequências disto poderiam afetar a fisiologia da vaca através desse reconhecimento.

A digestibilidade da maioria das forrageiras diminui com as altas temperaturas do verão por causa do aumento da lignificação de talos. Nesta visão, poderíamos aproveitar esse conhecimento para começar a otimizar os processos de produção de leite?

A disponibilidade de alimentos fora dos sistemas intensivos de produção apresenta uma variação sazonal significativa, principalmente quando tratamos de animais selvagens, que precisam caçar e passam longos períodos sem disponibilidade de alimentos.

Recentemente, Ueda et al. (2016) relataram que o tamanho das partículas ruminais e reticulares foram maiores no outono do que na primavera, com uma relação recíproca de concentração de ácidos graxos voláteis dentro do fluido ruminal, sugerindo que os níveis de ingestão independente das questões de qualidade tiveram uma variação ao longo do ano.

Outros trabalhos demonstraram que existe um processo independente da qualidade da forragem na ingestão de matéria seca. Essa variação apresentada principalmente em trabalhos ligados a bovinos de corte em confinamento, sugerem a seleção de cocho para uma maior ingestão de ração em relação a forragem no outono e na primavera (Mujibi et al., 2010). Juntos, esses resultados podem indicar que bovinos de corte têm um ritmo anual de ingestão alimentar que se comporta de acordo com as estações do ano e que vêm a corroborar com os indícios que a longo prazo a sazonalidade fisiológica é factível.

A leptina pode ser um fator responsável pelas mudanças sazonais na ingestão das vacas leiteiras. Leptina é um hormônio produzido pelo tecido adiposo que age como um sinal de saciedade. As ovelhas exibem mudanças sazonais na leptina, com maior concentração ocorrendo em agosto em relação a janeiro (Henry et al., 2010).

Rousseau et al. (2003) descobriram que o efeito da leptina no tecido adiposo de hamsters (*Phodopus sungorus*) é afetado pelo fotoperíodo. Esse efeito de leptina com o fotoperíodo poderia ter uma relação com hormônios como a melatonina. No entanto, administrar melatonina exógena parece não ter efeito sobre os ritmos anuais das concentrações de leptina plasmática, sugerindo que os efeitos de fotoperíodo na concentração de leptina podem ser independentes da melatonina (Mustonen et al., 2005).

Apesar da intrigante amplitude de evidências que correlacionam a ingestão sazonal da dieta à secreção de leptina, os mecanismos que regem essa relação não foram explorados.

Nas últimas décadas uma grande quantidade de pesquisas sobre o efeito do fotoperíodo na produção de leite foi realizada, constatando que um maior período de luz aumenta a ingestão de matéria seca, a produção de leite e o ganho de peso de bovinos leiteiros (Peters et al., 1978, 1981). Dahl et al. (1997) observaram que ao expor vacas leiteiras a um longo fotoperíodo (18h de luz: 6h escuro), houve aumento da produção de leite e concentrações de IGF-1 circulante em comparação com o natural período de fotoperíodo no inverno com <13 horas de luz.

Por outro lado, a exposição a um fotoperíodo de curto dia em vacas não lactantes durante o período seco melhorou a produção de leite na lactação subsequente (Miller et al., 2000). Essas respostas de produção são provavelmente devido aos efeitos de fotoperíodo na sinalização de prolactina.

Apesar de muitas espécies demonstrarem ritmos sazonais orientados por fotoperíodos na ingestão de ração e metabolismo em mamíferos, há poucos estudos determinando se esses ritmos podem ser mantidos em condições constantes. Brinklow & Loudon (1990) estabeleceram que o cervo vermelho (*Cervus elaphus*) exhibe ritmos sazonais de entrada para alimentação mesmo quando colocado em constantes ciclos escuros de 18h:6h e alimentado ad libitum. Com base nesses estudos, possivelmente existe um ritmo circadiano anual de ingestão alimentar que deve estar relacionado diretamente aos ritmos anuais endógenos de prolactina.

A prolactina desempenha um papel na ingestão de ração, bem como no início e manutenção da lactação em vacas leiteiras (Bauman & Currie, 1980; Lawrence et al., 2000; Teyssot et al., 1981). O processo de liberação da

prolactina tem relação direta a resposta à melatonina, tendo a sua liberação a partir da glândula pituitária, garantido que a concentração da prolactina é mantida de acordo com os níveis de um ritmo pré-definido, mesmo que seja mantido um fotoperíodo constante (Martinet et al., 1992).

O sinal que direciona a liberação sazonal da prolactina com base em informações de fotoperíodo ainda não foi identificado, mas existe uma proteína "tuberalina", que hipoteticamente é estimuladora da liberação de prolactina (Foster & Kreitzman, 2009).

## **2.5. MÉTODOS PARA QUANTIFICAR A SAZONALIDADE**

Uma boa gama de métodos para estudar e quantificar a sazonalidade está disponível na literatura (Christensen et al., 2011; Fisman, 2007; Hakko, 2000). No entanto, a escolha de um método depende da variável que está sendo estudada. Resumidamente, esses métodos podem ser agrupados em três classes: comparação de casos agregados em períodos de tempo discretos, modelos geométricos e modelos lineares generalizados (Salfer et al., 2018).

Idealmente, para medir a sazonalidade, deveríamos ter um número que pode ser comparável entre os estudos, não é sensível ao momento do ano em que os valores máximos e mínimos da variável são encontrados e é independente do tamanho da amostra (Christiansen et al., 2012; Sargeant et al., 1998; Stolwijk et al., 1999). Isso permitiria a comparação entre estudos de sazonalidade, identificação de fatores de risco precisos subjacentes ao comportamento sazonal observado (Altizer et al., 2006) e análise de viabilidade econômica de tecnologias e práticas de gestão em um sistema sazonal.

Além dos ritmos circadianos, muitos organismos desenvolveram um sistema de tempo para coordenar a fisiologia ao longo do ano. Este sistema usa sinais ambientais, principalmente o fotoperíodo, ou comprimento da luz do dia, para sincronizar a fisiologia do organismo com as mudanças sazonais no clima.

As mudanças de temperatura sazonais ocorrem devido ao ângulo de  $23,5^\circ$  do eixo da Terra, que faz com que a quantidade de radiação solar que atinge diferentes hemisférios da superfície da Terra mude ao longo do ano (Foster & Kreitzman, 2009). Essas mudanças de temperatura são reforçadas pelo albedo. O albedo de uma superfície é a relação da energia refletida sobre a

incidente, ou seja, a capacidade das superfícies refletirem a radiação incidente sobre elas. Seria como a quantidade de reflexão da luz solar pela superfície da Terra de volta ao espaço.

Albedo é maior perto dos pólos da Terra porque o gelo reflete a maior quantidade de luz solar, enquanto a água reflete menos energia solar do que a terra (Sellers et al., 1997). Outras mudanças anuais, como fluxos de ventos e correntes oceânicas, ciclos de marés e ciclos de chuva criam climas sazonais adicionais para os organismos anteciparem (Namias, 1976).

Muitos animais exibem ritmos circadianos anuais regulando inúmeros processos fisiológicos, incluindo crescimento, reprodução, metabolismo e comportamento. Por exemplo, aves migratórias apresentam engorda e atividade noturna coincidindo com a migração da primavera e do outono. Esses comportamentos persistem sob ciclos constantes de luz e podem ser modificados alterando fotoperíodo (Gwinner, 1996).

Muitos mamíferos, incluindo cavalos, ovelhas e hamsters exibem ritmos de fertilidade (Gerlach & Aurich, 2000). Além disso, muitos mamíferos e aves conservam energia no inverno através da hibernação (Geiser & Ruf, 1995). Em modelos de laboratório, a alimentação restrita ao tempo pode mudar os ritmos fisiológicos modificando o padrão diário da expressão genética do relógio molecular (Stokkan et al., 2001).

Em muitas fazendas leiteiras modernas de grande escala, as salas de ordenha estão operando 24 h/d, levando as vacas a serem ordenhadas a todas as horas do dia e da noite. No entanto, a alimentação de todas as vacas é geralmente realizada dentro do mesmo período do dia. Diferenças na relação entre alimentação e tempo de ordenha entre vacas individuais podem causar diferenças na sinalização de produção das glândulas mamárias (Salfer et al., 2018).

Alterar o tempo de infusão de ácidos graxos e proteínas também influenciou os ritmos diários da glicose plasmática, ácidos graxos não esterificados e concentrações de nitrogênio ureico (Salfer et al., 2018). O fígado de vacas leiteiras é responsável por produzir boa parte da glicose usada pelo animal através da gliconeogênese. Além disso, o tecido adiposo e o muscular são órgãos metabólicos importantes para vacas leiteiras. Atualmente, os relógios fisiológicos nesses tecidos são pouco caracterizados, e uma melhor

compreensão deles e a sua relação com o metabolismo poderia revelar oportunidades para melhorar a eficiência das vacas leiteiras.

Outro aspecto inexplorado da biologia circadiana em vacas leiteiras são os ritmos circadianos do microbioma de rúmen. Como ruminantes, as vacas leiteiras dependem da fermentação microbiana para atender às suas necessidades nutricionais. Compreender os ritmos diários do metabolismo microbiano e sua relação com a vaca poderia permitir novas estratégias nutricionais, promissoras para melhorar a eficiência das vacas leiteiras.

Embora caracterizar os ritmos anuais da síntese do leite seja um importante passo inicial, devemos realizar mais trabalhos científicos para entender melhor esses ritmos e desenvolver metodologias para utilizar melhor esse potencial ou modificá-los para maximização da produção.

Em todas as espécies, há pesquisas limitadas examinando os mecanismos que regem os ritmos anuais devido ao longo custo e tempo necessário para a realização de experimentos.

Um estudo conduzido por (Lim et al., 2021) demonstrou a influência do fotoperíodo na produção de leite, principalmente sendo aplicado a cross-ventilation (adicionar maiores informações). Este estudo discutiu os efeitos da intensidade e do período de luz na produção e composição do leite, hormônios relacionados ao estresse e índices bioquímicos em vacas. Os animais expostos a 50 e 100 Lux apresentaram maior produção de leite do que as de outros grupos. Além disso, o grupo exposto a 100 Lux apresentaram maior nível de gordura, proteína e sólidos totais no leite. O nível de melatonina no leite aumentou significativamente à medida que a intensidade da luz aumentou.

Os resultados sugerem que a diferença de fotoperíodo e intensidade de luz pode atuar como estímulo externo ao padrão rítmico (metabólitos) envolvido na alteração da função hormonal, produção e composição do leite.

Com base em todos esses estudos relatados, seria possível a utilização de modelos matemáticos para realizar processos acelerados de efeito de ano com iluminação controlada permitindo que todo um ciclo anual seja comprimido em cerca de 3 meses? Essa abordagem poderia ser usada para entender melhor os ritmos anuais que regem a produção de leite? Além disso, se os mecanismos que causam esses ritmos se tornarem mais bem compreendidos, estratégias de

iluminação poderiam ser desenvolvidas para modificá-los e potencialmente melhorar a produção de leite.

## **2.6. A BIOLOGIA DA SÍNTESE DE GORDURA DO LEITE**

### **2.6.1. Síntese de Gordura do Leite**

O leite de vacas leiteiras varia em teor de gordura, local de síntese desta gordura (glândula mamária, dietético ou lipomobilização) e composição em ácidos graxos. Normalmente, a raça Jersey tem a maior porcentagem de gordura, enquanto a raça Holandesa tem o menor percentual de gordura, mas uma produção de leite diária maior, podendo ter uma relação de efeito de diluição causando um rendimento de gordura maior ao longo da lactação. O teor e a composição da gordura do leite variam dentro da raça devido a fatores animais, incluindo genética, estágio de lactação e fermentação ruminal (Palmquist et al., 1993; Stanley et al., 2002). Teor de gordura do leite e composição também variam devido a fatores nutricionais como ingestão de grãos, gordura dietética, ingestão de energia, consumo de amido e sua degradabilidade ruminal, consumo de fibra efetiva, práticas de manejo alimentar, efeitos sazonais e suas interações.

Aproximadamente 98% da porção lipídica de leite é composta de triglicerídeos (Neville & Picciano, 1997). Os triglicerídeos são compostos por três ácidos graxos (AG) esterificados a uma molécula de glicerol. Embora mais de 400 diferentes AG tenham sido identificados no leite bovino, cerca de 20 AG compõem a maioria (Jensen, 2002a). Os AG na gordura do leite podem ser amplamente agrupados em três categorias: De Novo, mistos e pré-formados.

Ácidos graxos De Novo são de cadeia curta e média (C4 a C14) e são sintetizados exclusivamente na glândula mamária. Ácidos graxos pré-formados ( $\geq$  C18) são absorvidos da dieta ou mobilizadas a partir de reservas de gordura corporal (tecido adiposo) na vaca. Ácidos graxos mistos (C16:0 e C16:1) podem se originar de AG pré-formados ou da síntese De Novo, com cerca de 40 a 50% de C16:0 decorrente da síntese De Novo (Loften et al., 2014).

A proporção dos AG mais comuns no leite bovino varia, mas geralmente aparece como mostrado na Tabela 1 (adaptada do Jensen, 2002). Palmítico (C16:0) e ácido oleico (C18:1 cis-9) são os AGs predominantes encontrados no

leite bovino (22 - 35 e 20 - 30%, respectivamente). Entre 18 e 28% dos AG no leite bovino são sintetizadas De Novo na glândula mamária (Jensen, 2002a).

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DOS PRINCIPAIS ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE.

Número de carbonos e de insaturações	Nome comum	Médias em %
C4:0	Butírico	2–5
C6:0	Caproico	1–5
C8:0	Caprílico	1–3
C10:0	Cáprico	2–4
C12:0	Láurico	2–5
C14:0	Mirístico	8–14
C15:0	Pentadecanoico	1–2
C16:0	Palmítico	22–35
C16:1	Palmitoleico	1–3
C17:0	Margárico	0,5–1,5
C18:0	Esteárico	9–14
C18:1	Oleico	20–30
C18:2	Linoleico	1–3
C18:3	Linolênico	0,5–2

FONTE: Adaptado de Jensen (2002).

Acetato, glicose e butirato são os principais substratos necessários para a síntese De Novo na glândula mamária. A glicose oriunda da gliconeogênese a partir do propionato é convertida em agentes redutores (Vernon & Flint, 1983). O primeiro passo limitador das taxas de síntese de AG é a conversão de acetil-CoA para malonil-CoA, catalisada por acetil-CoA carboxilase. Em seguida, a AG sintase catalisa uma sequência com 7 reações, cada uma das quais adiciona uma unidade de dois carbonos à cadeia. Acetato e butirato originários da fermentação ruminal são os principais blocos de construção para síntese De Novo (Ha & Kim, 1994).

Ácidos graxos de cadeia longa são derivados de ácidos graxos não esterificados (AGNE) ligados à albumina sérica ou contida em quilomícrons circulantes (Neville & Picciano, 1997a). Os AG pré-formados e AG De Novo entram no citoplasma das células epiteliais mamárias, através das proteínas de ligação ou são ativados para síntese de triglicerídeos por acetil-CoA. As gotículas micro lipídicas são sintetizadas no retículo endoplasmático, fundem-se para formar gotículas lipídicas citoplasmáticas e são envoltas pela membrana apical

para formar o glóbulo de gordura que é secretado no leite (Neville & Picciano, 1997a).

### 2.6.2. Fermentação ruminal

O rúmen é um ambiente cuidadosamente regulado e sua principal função é fermentar material vegetal consumido por animais ruminantes. A fermentação ruminal é realizada por vastas populações de microrganismos. Os ácidos graxos voláteis (AGV) são produtos da fermentação microbiana no rúmen e são a principal fonte de energia para ruminantes (Bergman, 1990). Os AGV primários são acetato, propionato e butirato.

Geralmente, o acetato é produzido através da fermentação de carboidratos estruturais como celulose e hemicelulose, enquanto a fermentação de amido produz propionato, portanto dietas que contêm uma maior proporção de forragem estão associadas a maiores proporções de acetato em relação a propionato (Dijkstra, 1994). Acetato e butirato são AGV não glicogênicos e são principalmente fontes de síntese de AG (Morvay et al., 2011). Em uma meta-análise de 20 estudos publicados, Seymour et al. (2005) demonstraram que o teor de gordura do leite está positivamente correlacionado ao acetato de rúmen ( $r = 0,31$ ) e negativamente correlacionado ao propionato ( $r = -0,25$ ) e ao butírico ( $r = -0,11$ ).

O propionato contribui com 65% a 80% da glicose utilizada pela vaca leiteira (Morvay et al., 2011; Reynolds, 2003). A oferta de propionato foi negativamente correlacionada com o teor de gordura do leite, mas correlacionada positivamente com o teor de proteína do leite (Dijkstra, 1994).

Acreditava-se originalmente que o aumento da oferta de acetato e butirato invariavelmente aumentaria o teor de gordura do leite. Quando o acetato exógeno é suplementado, a gordura do leite nem sempre aumenta significativamente (Davis & Brown, 1970). A literatura mais recente tem relatado que o aumento do percentual molar de acetato está correlacionado com o aumento da gordura do leite; no entanto, o aumento do percentual molar de acetato não reflete com precisão o aumento da gordura no leite (Bauman & Griinari, 2003).

Bauman e Griinari (2003) resumiram 5 estudos que compararam dietas de baixa forragem com dietas controle, com níveis adequados de fibra dietética, e concluíram que o percentual molar de acetato diminuiu significativamente nas dietas de baixa forragem. No entanto, e mais importante, a produção ruminal de acetato (moles/dia) não mudou, e na verdade o percentual de acetato caiu por conta do aumento de propionato. Os autores concluíram que o fornecimento de acetato e butirato não era diferente quando uma dieta de baixa fibra foi alimentada, e que mudanças no teor de gordura do leite não são necessariamente resultado de uma oferta limitada de acetato e butirato (Bauman & Griinari, 2003).

A fermentação ruminal e a produção de AGV são amplamente apoiadas por uma vasta população microbiana de rúmen, composta por bactérias, protozoários, vírus e fungos. As bactérias são abundantes, aproximadamente  $10^{10}$  células por ml de conteúdo ruminal e variam em tamanho de 0,5 a 5  $\mu\text{m}$ . Aproximadamente 75% das bactérias do rúmen estão aderidas às partículas de alimento consumidas e o restante é flutuante. As bactérias do rúmen podem ser agrupadas didaticamente em duas subcategorias: celulolíticas e amilolíticas. Bactérias celulolíticas fermentam principalmente fibras e produzem acetato e butirato, enquanto bactérias amilolíticas fermentam principalmente amido e produzem propionato (Russell, 2002).

Os protozoários são muito maiores em tamanho do que as bactérias (30 a 135  $\mu\text{m}$ ), e embora seus números não excedam muitas vezes  $10^7$  células por ml, eles compõem cerca de metade da biomassa total microbiana (Russell, 2002). Protozoários frequentemente se associam com partículas de concentrados. Apesar dessa associação com produtos com maior proporção de amido, os principais AGV produtos da digestão alimentar por protozoários são acetato e butirato, com traços de propionato (Dijkstra, 1994). Protozoários contribuem de 16 a 37% do AGV total, dependendo da quantidade de ingestão de matéria seca e razão de forragem x concentrado (Dijkstra, 1993). Os fungos no rúmen são difíceis de quantificar, mas estima-se que não representam mais do que 6% da biomassa microbiana total de rúmen (Russell, 2002).

Lactato é outro AGV encontrado e que possui duas origens principais: produzido durante a fermentação da silagem ou é o produto da fermentação rápida de amido. O lactato é um ácido mais forte do que os outros AGV (pKa de

3,9 vs. aproximadamente 4,7, respectivamente). Portanto, seu acúmulo representa um risco maior para acidose ruminal, ou períodos prolongados de pH baixo (Russell, 2002).

A exposição repetida ao pH ruminal baixo é uma condição conhecida como acidose ruminal subaguda ou subclínica, definida como períodos de pH de rúmen moderadamente deprimido, variando de 5,8 a 5,0. A acidose subaguda do rúmen pode prejudicar a fermentação, diminuir a produção de leite, induzir laminite e, em casos mais graves e duradouros, pode causar abscessos hepáticos e pulmonares (Krause & Oetzel, 2006; Stone, 2004).

### **2.6.3. Estágio de Lactação e Status Energético**

A mobilização de gordura para o leite, síntese ou captação, é o maior contribuinte para a demanda energética em vacas leiteiras (Gross et al., 2011). No início da lactação, as vacas experimentam um balanço energético negativo, que é compensado pela mobilização das reservas corporais (Gross et al., 2011a; Palmquist et al., 1993). Ácidos graxos de origem no tecido adiposo são mobilizados e incorporados à gordura do leite como AG pré-formados (Palmquist et al., 1993). Dessa forma AG De Novo apresentam baixa concentração no início da lactação e aumentam substancialmente, atingindo mais de 90% da proporção máxima na 8ª semana de lactação. Como as vacas alcançam o equilíbrio energético e a mobilização do tecido adiposo não é mais necessária para apoiar a produção de leite, a proporção AG De Novo aumenta e ocorre a diminuição de AG pré-formados.

Gross et al. (2011) estudaram o efeito do equilíbrio energético nos perfis de AG do leite em vacas lactantes entre as semanas 14 a 16. Um saldo energético negativo foi induzido através de uma restrição alimentar de 3 semanas, onde as vacas eram alimentadas com 49% das necessidades energéticas. O percentual de gordura do leite aumentou, o rendimento de AG De Novo diminuiu e a proporção de AG pré-formados aumentou nas vacas com restrição alimentar em comparação com as vacas do grupo controle. Devido à considerável mobilização do tecido adiposo, o AG C18:1 cis-9 (oleico) aumentou acentuadamente em vacas com restrição alimentar.

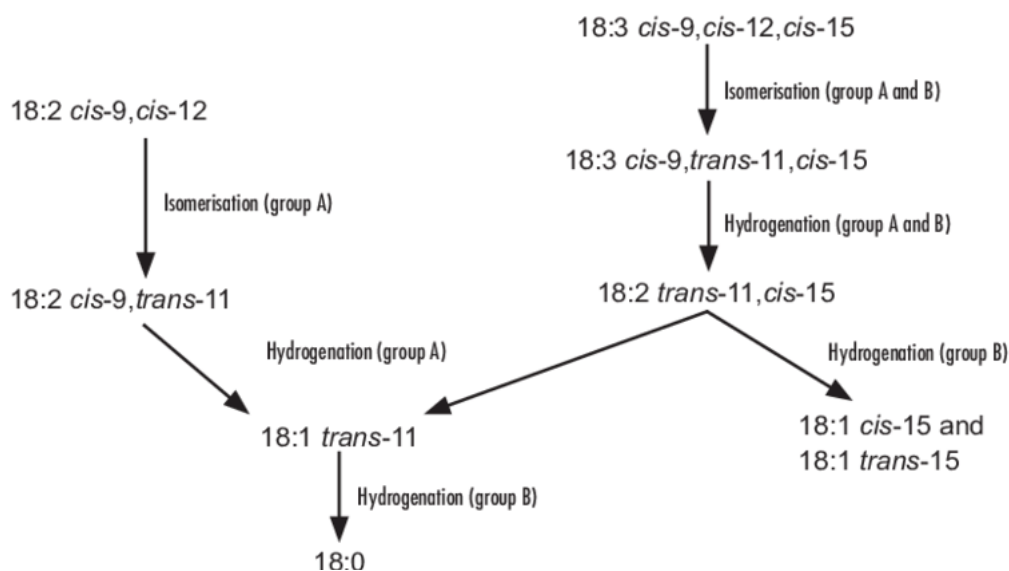
## 2.7. EFEITO DA DIETA NA COMPOSIÇÃO DO LEITE

### 2.7.1. Lipídios Dietéticos

A nutrição é o fator predominante que afeta o percentual de gordura do leite e o perfil de AG do leite (Bauman et al., 2006). O exemplo mais dramático é a síndrome da baixa gordura do leite ou depressão da gordura do leite (DGL). A depressão da gordura do leite ocorre quando a dieta e/ou o manejo alteram o ambiente de fermentação ruminal e quando a dieta contém altos níveis de AG insaturados, o que leva à biohidrogenação parcial dos AG insaturados pelos microrganismos ruminais, pois estes AG insaturados são tóxicos (transtorno biológico ou algo relacionado à isso) para esta microbiota (Bauman & Griinari, 2003).

O mecanismo básico para que ocorra a biohidrogenação está relacionada com a necessidade de manter intacta a parede celular microbiana, sendo necessária a incorporação em membranas celulares para que possa ser mantida a fluidez adequada (Figura 1).

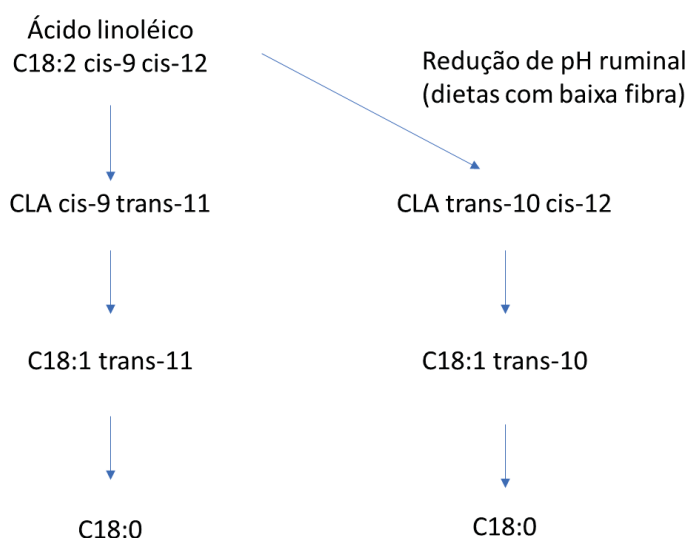
FIGURA 1 - ROTAS DE BIOHIDROGENAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS ATRAVÉS DE MICRORGANISMOS RUMINAIS



FONTE: Jenkins, (2011)

A biohidrogenação pode ocorrer através da via de biohidrogenação normal ou alternativa. A via alternativa de biohidrogenação do rúmen inclui a produção de CLA trans-10 cis-12 (ácido linoleico conjugado) (Figura 2) que está associado à DGL devido à diminuição da síntese de AG De Novo no leite, via depressão das enzimas acetil-CoA carboxilase (ACC) e sintase de ácidos graxos (SAG) (Bauman & Lock, 2006; Harvatine & Bauman, 2011).

FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DA BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL DO ÁCIDO LINOLÉICO E FORMAÇÃO DO CLA TRANS-10 CIS-12 NO RÚMEN



FONTE: Adaptado de Griinari & Bauman (1999)

Atualmente trabalha-se com a hipótese de que outros intermediários de biohidrogenação, como C18:1 trans-10 e C18:2 trans-11, cis-15, também desempenham um papel interativo na DGL. Porém, certamente o CLA trans-10 cis-12 é o principal intermediário com efeito principal na redução do percentual de gordura do leite. O mecanismo pelo qual CLA trans-10 cis-12 causa DGL ainda é uma área ativa de pesquisa. No entanto, a principal hipótese é a de diminuir a expressão de genes relacionados à absorção, transporte e síntese de AG esterificados (Jenkins, 2011).

A suplementação de AG saturados em dietas de vacas leiteiras é uma área de crescente interesse na pesquisa. Ácidos graxos saturados não fornecem substrato para a biohidrogenação ruminal e, portanto, são naturalmente inertes no rúmen (Lock et al., 2013). Vyas et al. (2012) realizaram um estudo em que AG saturados de cadeia curta e média, que em condições metabólicas normais

possuem origem na síntese de AG De Novo, têm o maior potencial para o aumento da síntese de gordura do leite. A pesquisa demonstrou aumento da gordura do leite de 0,17, 0,25 e 0,33 unidades percentuais quando AG de cadeias curta e média (C8-C16) foram adicionadas à dieta, com inclusões de 200, 400 e 600 g/d, respectivamente. No entanto, a produção de leite diminuiu quando suplementados 600 g/d, resultando que o pico ideal de inclusão dessas gorduras ficasse em 400 g/d.

Lock et al. (2013) observaram aumento na porcentagem de gordura do leite de 3,88 para 4,16% e produção de gordura de 1,23 para 1,32 kg/d, sem alteração na produção de leite quando as vacas eram alimentadas com uma dieta contendo um suplemento de gordura com aproximadamente 85% de ácido palmítico (C16:0). O suplemento foi administrado a partir de 2% de ingestão de matéria seca.

Para manter a fluidez dos glóbulos de gordura do leite adequada, os AG são esterificados em triglicerídeos, tendo uma combinação equivalente para que o ponto de fusão esteja sempre menor do que a temperatura corporal da vaca (39°C; Jensen, 2002b). Hansen & Knudsen (1987) relataram um aumento na síntese De Novo quando C16:0 (palmítico) foi adicionado de forma direta em células epiteliais da glândula mamária, devido em parte ao ponto de fusão inferior dos ácidos graxos de cadeia curta. Alternativamente, quando C18:1 (oleico) foi adicionado, a síntese de AG De Novo diminuiu porque o C18:1 foi preferencialmente incorporado na formação de triglicerídeos com o intuito da manutenção da fluidez.

### **2.7.2. Carboidratos fermentáveis**

Vacas leiteiras de alta produção exigem um fornecimento adequado de energia dietética para contrapor as demandas de manutenção, produção de leite e reprodução. Os carboidratos (estruturais e não estruturais) geralmente representam 65 a 70% da composição da dieta consumida por vacas leiteiras de alta produção e a extensão da fermentação de carboidratos é altamente variável (Allen, 1997).

O amido dos grãos de cereais, particularmente do milho, é uma fonte de carboidratos altamente fermentável, porém a fermentabilidade varia devido ao

método de preservação e extensão do processamento. A inclusão de uma alta concentração de carboidratos rapidamente fermentáveis é um fator de risco para a DGL (Jenkins, 2011).

Como já discutimos anteriormente, os aumentos de propionato e lactato estão relacionados diretamente com a redução do pH ruminal, ocasionando geralmente acidose subclínica. No entanto, Oba & Allen (2003) relataram uma diminuição no rendimento da gordura do leite como resposta ao aumento da fermentabilidade do amido em uma dieta de amido elevado (32 vs. 21%), sem diferenças nos valores de pH ruminal. A diminuição da produção de gordura do leite pode ter sido devido ao aumento do propionato, uma vez que as infusões de propionato diminuem o teor de gordura do leite.

O grão úmido de milho (assim como o milho reidratado) aumentam a taxa de fermentação do amido quando comparado ao milho seco moído em até 20% (Oba & Allen, 2003). Dessa forma, observou-se redução de 0,9 g/100g AG De Novo com os principais componentes a partir de C10:0 a C14:0, quando as vacas eram alimentadas com milho de alta umidade em comparação com o milho seco moído. Os AG de origem mista tenderam a aumentar e os AG pré-formados permaneceram inalterados. O leite de vacas alimentadas com milho de alta umidade aumentou a produção de C18:1 trans-10 e CLA cis-9 trans-11 por 1,01 e 0,07 g/100g AG, respectivamente, sugerindo um aumento na biohidrogenação incompleta do rúmen. Os tratamentos também afetaram CLA trans-10 cis-12. No entanto, a depressão da gordura do leite foi relatada em vacas que produzem menos de 40 kg/d de produção de leite corrigida por gordura.

### **2.7.3. Tamanho de partícula da forragem**

As características físicas e a composição química da dieta afetam o tempo gasto mastigando durante a alimentação e a ruminação (Beauchemin, 2018). A mastigação está associada ao aumento da produção de saliva, que contribui para neutralizar os ácidos produzidos pela fermentação ruminal, bem como fornece enzimas que ajudam na digestão. A mastigação também é o principal meio de redução do tamanho das partículas, afeta o transporte de digesta a partir do retículo-rúmen e contribui para a taxa geral de passagem ruminal e a localização da digestão.

Em parte, a mastigação é estimulada pela quantidade de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) na dieta. Acreditava-se originalmente que partículas retidas na peneira de 1,18 mm contribuiriam para a manutenção da digestão ruminal e assim por vários anos o FDN retido nas peneiras superiores a 1,18 mm eram consideradas efetivas, dando origem ao índice de FDNfe.

No entanto, a maioria das pesquisas originais que trabalharam com taxa de passagem foi realizada em ovelhas e assim, em bovinos, partículas  $\geq 4$  mm contribuem para a manutenção da motilidade ruminal. Mertens (2002) recomendou que uma concentração mínima de FDNfe mantém a saúde ruminal e evita a DGL, principalmente devido a uma produção satisfatória mas não excessiva de propionato. No entanto, dietas demasiadamente conservadoras que excedam o FDNfe recomendado, ou que contenham altos níveis de FDN indigestível (FDNi) podem reduzir as taxas de passagem ruminal, limitando a ingestão de matéria seca e reduzindo a produção de leite.

Ao alimentar uma relação forragem-concentrado de 55:45 em matéria seca, a porcentagem de gordura do leite aumentou. No entanto, em uma proporção menor de forragem-concentrado de 35:65, a produção de leite aumentou e a digestibilidade total da fibra e do amido no trato total foi melhorada. A gordura do leite, o tempo de ruminação e o pH médio ruminal aumentaram, e o tempo abaixo do pH 5,8 diminuiu, para as vacas que ingeriram a dieta 60:40 em comparação com a dieta 35:65 (Beaucheman & Yang, 2005).

Caccamo et al. (2014) não encontraram alterações no leite ou na gordura do leite, mas observaram um aumento no percentual de proteína, quando o FDNfe estava entre 16,0 e 21,9 em rebanhos leiteiros comerciais. Proporções de FDNfe acima ou abaixo da faixa relatada resultaram em diminuições no rendimento da proteína. No entanto, o FDNfe deste estudo foi estimado utilizando-se a proporção de partículas retidas na peneira de 1,18 mm ou acima. As recomendações atuais são medir a proporção de partículas retidas na peneira de 4 mm (Salfer et al., 2018), ou na peneira de 8 mm (Zebeli et al., 2012).

Kononoff & Heinrichs (2003) relataram um efeito quadrático de diferentes tamanhos de partícula de alfafa no pH ruminal. No entanto, alterar o tamanho das partículas da silagem de milho não afetou o pH do rúmen. Esses achados estão em conflito com Beaucheman & Yang (2005), que relataram um aumento no tempo total de mastigação (soma do tempo de ruminação mais alimentação)

para vacas que consomem dietas que contém FDNfe mais alto. Neste caso, o FDNi foi alterado pelo aumento do comprimento teórico do corte da silagem de milho em uma dieta à base de silagem de milho. Apesar das diferenças no FDNi, Beaucheman & Yang (2005) não relataram diferenças em pH do rúmen.

Grant et al. (1990) observaram que o fornecimento de silagem de alfafa moída fina (2,0 mm) vs. silagem de alfafa moída (3,1 mm) não afetou a produção de leite, mas diminuiu o percentual de gordura do leite de 3,8% para 3,0%, respectivamente. As vacas que consumiram silagem de alfafa moída fina ruminaram menos, mastigaram menos enquanto comiam, experimentaram uma diminuição do pH de rúmen e produziram menos acetato por unidade de propionato.

#### **2.7.4. Suplementos dietéticos e aditivos**

Quando a porcentagem e a produção de gordura do leite são normais, suplementos nutricionais e aditivos específicos podem afetar o teor, o rendimento e a composição da gordura do leite. Aditivos com o objetivo de tamponar o rúmen, como bicarbonato de sódio e óxido de magnésio, aumentam o pH ruminal, ou pelo menos limitam o seu decréscimo em condições desafiadoras (amido degradável em excesso ou escassez de fibra efetiva).

Em uma meta-análise de 40 publicações, Meschy et al. (2004) relataram que a suplementação de sais tamponados aumentaram a ingestão de matéria seca em 0,5 kg/d, a produção de leite em 0,5 kg/d, o teor de gordura do leite em 0,15% e o pH ruminal. No entanto, os autores observaram que as respostas dependem em grande parte dos períodos que os animais permanecem em acidose subclínica, e as vacas que experimentavam acidoses mais severas eram mais propensas a responder. A melhora no percentual de gordura do leite pode ter sido devido à redução dos intermediários de CLA, frutos da biohidrogenação parcial de AG insaturados.

Cabrita et al. (2009) suplementaram dietas à base de trigo e milho com ou sem bicarbonato de sódio; 6,5 g/kg MS e 4,8 g/kg MS de óxido de magnésio e descobriram que a suplementação com tamponantes resultou em uma biohidrogenação ruminal mais completa, sem efeitos na produção de leite ou no perfil de ácidos graxos do leite, mas com tendência para um aumento na

concentração de ureia plasmática. Os efeitos relatados por Cabrita et al. (2009) podem ser explicados por um aumento do pH de rúmen, que prioriza o processo completo de biohidrogenação realizado pelos microrganismos.

A diminuição na diferença catiônica-aniônica da dieta (DCAD) tem sido pesquisada extensivamente como uma forma de melhorar a saúde das vacas no período de transição, mas também há uma oportunidade de melhorar o desempenho lactacional, aumentando a DCAD. Em uma meta-análise de Hu e Murphy (2004), o aumento da DCAD resultou em aumentos na produção de leite, de gordura e de proteína. No entanto, não houve diferença nos percentuais de gordura e proteína do leite.

Em uma meta-análise de 110 artigos e 157 experimentos, Desnoyers et al. (2009) observaram que a suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* aumentou o pH ruminal, diminuiu a concentração de ácido láctico, aumentou a digestibilidade da dieta, a ingestão de MS, o rendimento do leite e tende a aumentar o teor de gordura do leite, sem efeito no teor de proteína do leite.

A monensina sódica é um aditivo ionóforo que provoca alterações na microbiota ruminal, agindo sobre bactérias gram-positivas resultando em maior produção de propionato, em detrimento do acetato, e diminuição das perdas de fermentação (especialmente metano). Dessa forma a eficiência energética da dieta é aumentada, há um aumento no aporte de glicose (o propionato é o único ácido graxo volátil que pode ser metabolizado em glicose) para a síntese de leite, influenciando na produção devido ao maior número de precursores para a síntese de lactose. De modo geral, a monensina age aumentando a energia metabolizável dos alimentos, além de melhorar a eficiência alimentar ao reduzir a ingestão de matéria seca, mantendo a taxa de ganho de peso (Van Der Werf et al., 1998).

Duffield et al. (2008) utilizando dados de 9.677 vacas em lactação, observaram em uma meta-análise que a monensina aumentou a produção de leite (0,7 kg/d) e reduziu o teor de gordura no leite em 2,5%, entretanto, não houve efeito na produção de gordura. A monensina reduziu os AG de cadeia curta e o C18:0 (esteárico) e aumentou significativamente as concentrações de CLA no leite. O efeito da monensina foi influenciado por diferentes fatores, entre eles, a forma com que a monensina foi suplementada, o estágio da lactação, a dose e a composição da dieta. Animais que receberam dietas com maior

proporção de C18:1 (oleico) associado a monensina apresentaram depressão da gordura do leite mais pronunciada.

Van Der Werf et al. (1998) relataram que a suplementação com monensina (0, 150, 300 ou 450 mg/d) aumentou a produção de leite (35,3; 36,7; 36,4; 37,1 kg/d) entre as semanas 5 e 24 pós-parto. O teor de gordura no leite foi reduzido com a maior dosagem de monensina comparada ao controle (4,56 vs. 4,15%), resultado atribuído ao efeito de diluição, já que os animais produziram 1,8 kg de leite a mais.

Durante a redução da gordura no leite induzida pela dieta, a redução na síntese De Novo é maior do que a redução na secreção de AG pré-formados (Harvatine et al. 2009). Estudos sobre o tempo de recuperação da gordura no leite induzida pela dieta mostraram aumentos progressivos na síntese de gordura no leite, principalmente, relacionados à recuperação da síntese De Novo, mas também uma menor recuperação de gorduras pré-formadas (Rico & Harvatine, 2013). Espera-se que a suplementação com monensina resulte num padrão de fermentação mais gliconeogênico que poderia aumentar a secreção de insulina e a absorção de AG pré-formados e reduzir a mobilização de AG a partir do tecido adiposo (Duffield et al., 2008).

## **2.8. EFEITO DO MANEJO NA COMPOSIÇÃO DO LEITE**

Bach et al. (2019) demonstraram os efeitos do manejo alimentar no desempenho de vacas leiteiras, monitorando 47 fazendas comerciais que praticavam dietas similares e com genética semelhante. A produção de leite variou de 20,6 a 33,8 kg/d, e fatores de manejo, como a idade ao primeiro parto, ordem de lactação, presença ou ausência de seleção alimentar, densidade de vacas no barracão e se a dieta foi ou não empurrada, explicou 56% da variação observada na produção de leite não atribuída à nutrição.

Estratégias de manejo que restringem o repouso (número de horas deitada) e modificam o comportamento, como a sobrepopulação, podem afetar parcialmente a fermentação no rúmen devido a mudanças no tempo gasto com alimentação e ruminação (Batchelder, 2000).

### **2.8.1. Comportamento alimentar de vacas em lactação**

As vacas apresentam um padrão diurno de comportamento alimentar, com a maior parte da alimentação ocorrendo durante o dia e no início da noite, e alimentação menos frequente ocorrendo à noite e durante a madrugada (DeVries et al., 2003). A primeira grande refeição (ou trato) ocorre na maioria das fazendas no início da manhã, e muitas vezes o tempo coincide com o retorno das vacas da ordenha. Curiosamente, DeVries & Von Keyserlingk (2005) observaram que vacas aumentam o tempo total de alimentação diária em 12% quando alimentadas 6 h após a ordenha em comparação com imediatamente após a ordenha. No entanto, este estudo não encontrou diferença na produção de leite.

As vacas descansam enquanto estão deitadas por aproximadamente 50% do seu dia (Tabela 2). No entanto, o tempo que uma vaca passa em ócio varia substancialmente. Em um estudo com 45 fazendas, Ito et al. (2009) descobriram que o tempo ocioso individual da vaca variou de 4 h até 19,5 h (o tempo médio foi de 11 h/dia). Essa variação poderia ser explicada por diversos fatores dentro da fisiologia, além de fatores de manejo e nutricionais. Porém, aponta-se que a variação está relacionada principalmente a interações sociais dentro do barracão e condições de superlotação, manejo de alimentação e condições ambientais, sendo os fatores nutricionais (qualidade e ingredientes) os de menor impacto na mudança de comportamento desses animais.

TABELA 2 - ESTIMATIVA DE TEMPO DE ALIMENTAÇÃO E DESCANSO DE VACAS EM LACTAÇÃO.

Atividade	Horas/dia
Comendo	3 a 5 (de 9 a 14 idas ao cocho por dia)
Ocioso ou descanso	12 a 14
Interação social	2 a 3
Ruminação	7 a 10
Bebendo água	0,5
Atividades de manejo	2,5 a 3,5

FONTE: Adaptado de (Grant & Albright, 2001)

Quando as vacas não recebem recursos adequados (espaço de cocho e instalações livres) e devem escolher entre o tempo gasto descansando ou comendo, as vacas darão prioridade ao tempo de descanso (Metz, 1985;

Munksgaard et al., 2005; Woolpert et al., 2016). Como resultado, o tempo gasto com alimentação diminuirá. Fatores de manejo que limitam o acesso das vacas aos recursos, ou a motivam diferencialmente a comer, podem afetar o comportamento alimentar e de repouso. Essas mudanças de comportamento podem influenciar substancialmente a dinâmica de fermentação e o pH ruminal (French & Kennelly, 1990), e por sua vez podem afetar a síntese De Novo de AG na glândula mamária (Woolpert et al., 2016).

### **2.8.2. Comportamento de Ruminação de Vacas Leiteiras**

A ruminação é a principal forma de redução do tamanho das partículas ingeridas em ruminantes (Woolpert et al., 2017). A ruminação está associada ao aumento na produção de saliva, que ativa o processo de fermentação ruminal e contribui com bicarbonato para manter a atividade microbiana em pH ótimo. As vacas gastam entre 7 e 10 h por dia em ruminação (Grant & Albright, 2001). Em geral, as vacas ruminam 66 minutos por dia para cada quilograma de FDN consumido (Allen, 2014).

Os efeitos biológicos da ruminação já foram descritos e retornam a esse tópico devido a sua grande influência na relação entre manejo e as condições de saúde do rúmen. A saúde do rúmen tem uma relação direta com acidose ruminal, mobilização de gordura, aumento de ritmos circadianos, ou mesmo, indicação de modificações no manejo (Woolpert et al., 2017).

### **2.8.3. Densidade das vacas**

Uma pesquisa do USDA, do setor de monitoramento e saúde animal (NAHMS) sobre fazendas leiteiras constatou que 58% das fazendas estavam superlotadas na linha de alimentação (definido como menos de 0,60 m/vaca de cocho) e 43% forneceram menos de uma cama por vaca (Woolpert et al., 2016). *Free-stalls* superlotados ou linhas de cocho com alta densidade, resultam em comportamento anormal, aumentando a competição para alimentação, mudam o comportamento animal e definem novas estratégias de uso de tempo dentro das relações existentes no convívio entre os animais dentro dos barracões.

Essas mudanças comportamentais afetam a distribuição de tempo das vacas e influenciam diretamente o tempo de alimentação, tempo de ruminação e tempo de descanso (Grant & Albright, 2001, citado por Woolpert et al., 2017), com particular impacto nas primíparas, que tipicamente são mais leves e mais submissas.

A estratégia de aumentar a densidade de vacas de 75% a 300% resultou em uma redução no tempo de alimentação e um aumento de comportamentos agressivos na linha de cocho, principalmente pela disputa de alimento. Avaliando esse impacto, Huzzey et al. (2006) identificaram que as relações sobre as mudanças são curvilíneas, tendo um ponto ótimo de densidade no número de animais na relação competitiva por alimento.

No entanto, Hill et al. (2009) não relataram diferença no tempo de alimentação, mas uma diminuição no tempo de descanso quando as vacas estavam com densidade de 142%, em comparação com 100%. Relataram uma redução de 0,2% na gordura do leite quando as vacas estavam em 142% em comparação com 100%.

A sobrepopulação ou densidade excessiva também aumenta a taxa de consumo de dieta e aumenta o tamanho da ingestão, com intervalo menor de momentos de consumo ao longo do dia. Quando as camas não estão disponíveis, devido ao excessivo número de animais, as vacas passam mais tempo em pé, e essa redução no tempo em ócio e descanso, diminui o tempo total de ruminação diária (Batchelder, 2000). A relação entre o tempo de ócio, descanso e ruminação, é algo que deve ser considerado, principalmente devido aos processos que envolvem a saúde ruminal.

Krawczel et al. (2012) utilizando diferentes taxas de densidade dentro do *free-stall*, alojaram vacas a taxas de 100, 113, 131 ou 142% por períodos de duas semanas e relataram aumento nas atividades agressivas para obtenção de alimento e uma diminuição no tempo ocioso nas densidades mais altas. Essas alterações comportamentais não foram acompanhadas por alterações na produção ou composição do leite. No entanto, durações mais curtas de maior densidade podem não refletir os efeitos prolongados da alta densidade.

É provável que a diferença na composição do leite nestes dois estudos está relacionada apenas a dieta aplicada nos estudos, não tendo relação direta ao manejo, provavelmente pelo curto período em análise. Woolpert et al. (2016)

relataram o trabalho de Campbell (2015) que comparou a densidade de 100% e 142% e dietas com e sem palha em um delineamento fatorial 2 x 2. Encontraram uma interação significativa entre dieta e densidade populacional na porcentagem de gordura do leite e uma tendência para o rendimento da gordura do leite. O pH ruminal médio tende a ser maior quando as vacas estavam alojadas com 100% da densidade, e o tempo gasto abaixo de um pH de 5,8 aumentou quando as vacas estavam com densidade de 142%. No entanto, não houve efeito da densidade nos perfis de ácidos graxos do leite.

#### **2.8.4. Restrição alimentar**

As consequências do excesso de animais podem ser aumentadas por não permitir o acesso físico à alimentação durante o dia. A alimentação 5% acima da ingestão de ração prevista é recomendada para garantir que as vacas tenham acesso adequado à alimentação por 24 h/d (Woolpert et al., 2017). Uma pesquisa realizada com fazendas leiteiras no oeste dos Estados Unidos constatou que um número crescente de nutricionistas tendeu a diminuir a margem de 5% de sobras, possivelmente na tentativa de reduzir os custos com alimentação (Silva et al., 2014). Essa estratégia alimentar aumenta a probabilidade de não disponibilidade de dieta por longos períodos de tempo ao longo do dia.

Schutz et al., (2006) descobriram que 3h de restrição alimentar por dia mudaram o comportamento normal de alimentação e aumentaram a motivação para procurar alimentos. Collings et al. (2011) estudou a interação entre restrição alimentar (10 h/d) e superlotação (1:1 ou 2:1 vacas:camas) e descobriu que as vacas superlotadas e restritas à alimentação apresentaram um aumento de 25% na frequência de idas ao cocho nas duas primeiras horas pós o trato. Além disso, em comparação com 6h de restrição alimentar, as vacas irrestritas produziam 3,6 kg a mais de leite e passavam mais tempo deitadas e presentes na linha de cocho.

A restrição alimentar por meio da redução da margem de sobras também pode aumentar o comportamento de seleção de partículas (Sova et al., 2013). Vacas geralmente buscam seleção contra partículas longas, o que reduz o FDN na porção da dieta que consomem (Leonardi & Armentano, 2003).

Sova et al. (2013) descobriram que um aumento na seleção percentual de 2 pontos percentuais está associado a uma redução de 0,9 kg/d na produção de leite, devido, em parte, ao fato de que o perfil de nutrientes da dieta está sendo alterado pelo ato de seleção e porque a seleção ocorre quando as vacas experimentam um aumento na concorrência e falta de acesso à alimentação.

#### **2.8.5. Frequência de alimentação**

A oferta de dieta fresca promove o comportamento normal de alimentação; maior duração e frequência de presença no cocho. A estimulação diária de mais tratos e mais aproximações da dieta no cocho podem promover a saúde do rúmen e reduzir o risco de acidose ruminal (DeVries & Von Keyserlingk, 2005). No entanto, uma pesquisa em Minnesota determinou que 70% das fazendas monitoradas tratavam as vacas em lactação uma única vez ao dia (Endres & Espejo, citados por Woolpert et al., 2016).

As vacas alimentadas duas vezes por dia vs. uma vez por dia passam mais tempo comendo e ruminando, e diminuem o comportamento de seleção (Sova et al., 2013). Rottman et al. (2014) demonstraram um aumento de 0,22% a 0,45% no percentual de gordura do leite quando as vacas eram alimentadas quatro vezes por dia em comparação com uma vez por dia. Hart et al. (2014) compararam 1x, 2x e 3x tratos diários, com a oferta ocorrendo quando as vacas retornaram de cada uma de suas três ordenhas. As vacas alimentadas 3x/dia apresentaram maior ingestão de MS, mas os tratamentos não tiveram efeito no tempo de descanso ou na produção de leite. É provável que a oferta duas vezes por dia otimize o tempo de repouso, as condições de rúmen e a produção de leite, e talvez ainda maior frequência de alimentação, além de dois tratos diários, não seja necessária.

#### **2.8.6. Design de instalações**

A maioria das pesquisas recentes de comportamento alimentar tem sido conduzida em instalações *free-stall* com dietas fornecidas como TMR. Quase 60% das vacas leiteiras em lactação nos EUA estão alojadas em instalações

do tipo *free-stall*, porque operações maiores são mais propensas a abrigar vacas neste tipo de sistema, otimizando os processos de oferta de alimento, de equipamentos e principalmente a redução de custo de mão de obra (Woolpert et al., 2017). Em uma instalação *tie-stall*, as vacas têm acesso a alimentação até 24 h/d desde que a dieta esteja disponível no cocho. Por design, o sistema *tie-stall* fornece um cocho por vaca e o espaço disponível para a vaca é geralmente igual à largura da cama. O acesso contínuo à alimentação em uma instalação *tie-stall* resulta em mais refeições consumidas por dia em comparação com vacas abrigadas em *free-stall* alimentadas no cocho com 0,76 m por vaca, embora o tempo total de alimentação não tenha sido afetado (Woolpert et al., 2017).

A diferença nas refeições consumidas é provavelmente devido ao ambiente não competitivo de um *tie-stall* vs. o ambiente mais competitivo de um *free-stall*, mesmo quando o espaço de alojamento excede as recomendações. Apesar disso, as limitações de conforto e bem-estar impostas pelo sistema *tie-stall*, faz com que este sistema de produção seja alvo frequente de críticas, e provavelmente seus dias estão contados na América do Norte e na Europa Ocidental, pelo menos no que concerne a novos projetos.

### **2.8.7. Estratégia de Alimentação**

O objetivo de fornecer uma TMR é atender às exigências nutricionais com uma alimentação consistentemente mista. Uma TMR consiste em uma mistura uniforme de forragens e concentrados que são entregues à vaca como uma mistura. A alimentação de componentes, por outro lado, tenta atender às necessidades nutricionais das vacas, fornecendo ingredientes separados, ou "componentes" da dieta uma ou várias vezes por dia. A alimentação dos componentes pode incluir silagem de milho, pré-secado de gramíneas ou leguminosas, feno picado e/ou rações na sala de ordenha (robôs ou sistemas de alimentação em salas de ordenha). A alimentação de componentes é mais comumente praticada em instalações de *tie-stall* ou em sistemas automatizados (AMS) onde as vacas são alimentadas individualmente durante todo o período, ou em alguns momentos do dia.

Como existe uma adoção crescente na implementação de sistemas robotizados, há ainda uma escassez de pesquisas disponível sobre as melhores práticas de manejo para frequência e sequência de alimentação. Se várias forragens estiverem disponíveis para a vaca, as mais palatáveis devem ser alimentadas imediatamente antes ou depois dos concentrados para incentivar a ingestão de fibras e o tamponamento do pH ruminal (Robinson, 1989).

Neste caso, em que se trata de utilização de sistemas automatizados, os concentrados são frequentemente fornecidos em grandes quantidades, mas distribuído em várias refeições por dia. Idealmente parte do concentrado deveria ser fornecido junto com o volumoso numa dieta parcial misturada (PMR) e o restante do concentrado ao longo do dia no cocho do robô, nas visitas que a vaca fará ao robô para ser ordenhada. O consumo de uma grande quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis diminui o pH ruminal e aumenta o risco da vaca para DGL (Longuski et al., 2009).

A frequência de alimentação concentrada de uma, duas ou mais vezes por dia em vacas leiteiras, tem uma relação direta com a condição de pH ruminal e um estudo conduzido trouxe detalhes sobre o aumento na gordura e na proteína do leite em vacas quando a quantidade de concentrado era distribuída quatro vezes por dia em comparação com uma única vez. A alimentação em refeições diárias de alimento, sendo essas não distribuídas ao longo do dia e disponibilizada em grandes quantidades aumenta o risco de acidose subclínica em comparação com TMR (Krause & Oetzel, 2006).

#### **2.8.8. Condições de comportamento e rúmen**

Estratégias de manejo que afetam a fermentação no rúmen são importantes ao explicar a variação nos perfis de AG da gordura do leite. Vacas estabuladas em superlotação são mais propensas a aumentar seu tempo de alimentação, aumentar o tempo de pé ocioso e diminuir a ruminação (Collings et al., 2011). Aumento da taxa de alimentação e diminuição do tempo de ruminação aumentam o risco de acidose, o que pode causar uma mudança no processo de biohidrogenação dos AG. Essa relação entre aumento do pH ruminal, porcentagem de gordura, rendimento de gordura e perfil de AG no

leite, estão sendo crescentemente abordados em diversas publicações já citados nessa revisão. Desta forma, o perfil dos ácidos graxos da gordura do leite em tanques de fazendas leiteiras poderá ter uma ligação direta com manejo das instalações, manejo nutricional e período da estação do ano.

## 2.9. REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA

Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.*, 80, 1447–1462.

Allen, M. S. (2014). Drives and limits to feed intake in ruminants. *Anim. Prod. Sci.*, 54, 1513–1524.

Altizer, S., Dobson, A., Hosseini, P., Hudson, P., Pascual, M., & Rohani, P. (2006). Seasonality and the dynamics of infectious diseases. *Ecology Letters*, 9, 467–484.

Bach, A. (2019). Decomposing efficiency of milk production and maximizing profit. *J. Dairy Sci.*, 102, 397.

Batchelder, T. L. (2000). The impact of head gates and overcrowding on production and behavior patterns of lactating dairy cows. In *Dairy Housing and Equipment Systems. Managing and Planning for Profitability*. Natural Resource.

Bauman, D. E., & Currie, W. B. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.*, 63, 1514–1529.

Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.*, 23, 203–227.

Bauman, D. E., & Lock, A. L. (2006). Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. *Proc. Tri-State Dairy Nutr*, 1–14.

Bauman, D. E., Mather, I. H., Wall, R. J., & Lock, A. L. (2006). Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J. Dairy Sci*, 89, 1235–1243.

Baumgard, L. H., & Rhoads, R. P. (2012). Ruminant Nutrition Symposium: Ruminant production and metabolic response to heat stress. *J. Anim. Sci.*, 90, 1855–1865.

Beaucheman, K. A., & Yang, W. Z. (2005). Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci*, 88, 2117–2129.

Beauchemin, K. A. (2018). Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 101, 4762–4784.

Bergman, E. N. (1990). Energy contribution of VFA from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol. Rev.*, 70, 567–590.

Brinklow, B. R., & Loudon, A. S. I. (1990). Development of seasonal rhythms in a long-lived ungulate: the red deer (*Cervus elaphus*). *J Interdiscip Cycle Res*, 21, 173–175.

Brown, S. A., Zumbrunn, G., Fleury-Olela, F., Preitner, N., & Schibler, U. (2002). Rhythms of Mammalian Body Temperature Can Sustain Peripheral Circadian Clocks. *Current Biology*, 12(18), 1574–1583. [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(02\)01145-4](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(02)01145-4)

Buhr, E. D., Yoo, S.-H., & Takahashi, J. S. (2010). Temperature as a universal resetting cue for mammalian circadian oscillators. *Science* (, 4(1069), 379–386. <https://doi.org/10.1126/science.1195262>.

Cabrita, A. R. J., Vale, J. M. P., Bessa, R. J. B., Dewhurst, R. J., & Fonseca, A. J. M. (2009). Effects of dietary starch source and buffers on milk responses and rumen ratty acid biohydrogenation in dairy cows fed maize silage-based diets. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 152, 267–277.

Caccamo, M., Ferguson, J. D., Veerkamp, R. F., Schadt, I., Petriglieri, P., Azzaro, G., Pozzebon, A., & Licitra, G. (2014). Association of total mixed ration particle fractions retained on the Penn State Particle Separator with milk, fat, and protein yield lactation curves at the cow level. *J. Dairy Sci*, 97, 2502–2511.

Chou, T. C., Scammell, T. E., Gooley, J. J., Gaus, S. E., Saper, C. B., & Lu., J. (2003). Critical role of dorsomedial hypothalamic nucleus in a wide range of behavioral circadian rhythms. *J. Neurosci.*, 23, 10691–10702. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.23-33-10691.2003>

Christensen, A. L., Lundbye-Christensen, S., & Dethlefsen, C. (2011). Poisson regression models outperform the geometrical model in estimating the peak-to-trough ratio of seasonal variation: A simulation study. *Comp. Methods and Prog. In Biomedicine*, 104, 333–340.

Christiansen, C. F., Pedersen, L., Sørensen, H. T., & Rothman, K. J. (2012). Methods to assess seasonal effects in epidemiological studies of infectious diseases- exemplified by application to the occurrence of meningococcal disease. *Clin. Microbiol. Infect*, 18, 963–969. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2012.03966.x>

Collings, L. K. M., Weary, D. M., Chapinal, N., & von Keyserlingk, M. A. G. (2011). Temporal feed restriction and overstocking increase competition for feed by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5480–5486. <https://doi.org/10.3168/JDS.2011-4370>

Coquillat, M. (1947). De l'influence attribuée à la lune sur les végétaux. *Bulletin Mensuel de La Société Linnéenne de Lyon*, 16(3), 59–63. <https://doi.org/10.3406/linly.1947.8346>

Czeisler, C. A., Duffy, J. F., Shanahan, T. L., Brown, E. N., Mitchell, J. F., Rimmer, D. W., Ronda, J. M., Silva, E. J., Allan, J. S., Emens, J. S., Dijk, D.-J., & Kronauer, R. E. (1999). Stability, Precision, and Near-24-Hour Period of the Human Circadian Pacemaker. *Science*, 284(5423), 2177–2181. <https://doi.org/10.1126/science.284.5423.2177>

Daan, S. (2000). Colin Pittendrigh, Jürgen Aschoff, and the natural entrainment of circadian systems. *J. Biol.*, 15, 195–207.

Dahl, G. E., Elsasser, T. H., Capuco, A. v, Erdman, R. A., & Peters, R. R. (1997). Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor- I. *J. Dairy Sci*, 80, 2784–2789. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76241-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76241-6)

Davis, C. L., & Brown, R. E. (1970). Low-fat milk syndrome. In A. T. Phillipson (Ed.), *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant* (pp. 545–565). Oriel.

DeJarnette, J. M., Sattler, C. G., Marshall, C. E., & Nebel, R. L. (2007). Voluntary waiting period management practices in dairy herds participating in a progeny test program. *J. Dairy Sci*, 90(1073), 71591–71594. <https://doi.org/10.3168/jds.S0022->

Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C., & Sauvant, D. (2009). Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J. Dairy Sci*, 92, 1620–1632.

DeVries, A., Risco, C. A. A., Vries, A. de, & Risco, C. A. A. (2005). Trends and seasonality of reproductive performance in Florida and Georgia dairy herds from 1976 to 2002. 88(9), 3155–3165. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(05\)72999-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72999-4)

DeVries, T. J., & von Keyserlingk, M. A. G. (2005). Time of feed delivery affects the feeding and lying patterns of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(2), 625–631. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72726-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72726-0)

DeVries, T. J., Keyserlingk, M. A. G. von, & Beauchemin, K. A. (2003). Short communication: Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86, 4079–4082.

Dijkstra, J. (1993). *Mathematical Modelling and Integration of Rumen Fermentation Processes*. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 222.

Dijkstra, J. (1994). Production and absorption of volatile FA in the rumen. *Livest. Prod Sci*, 39, 61–69.

Drouyer, E., Rieux, C., Hut, R. A., & Cooper, H. M. (2007). Responses of suprachiasmatic nucleus neurons to light and dark adaptation: Relative contributions of melanopsin and rod–cone Inputs. *J. Neurosci.*, 27, 9623–9631. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1391-07.2007>

Duffield, T. F.; Rabiee, A. R.; Lean, I. J. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 1. Metabolic effects. *Journal of Dairy Science*, v. 91, n. 4, p. 1334–1346, Jan. 2008.

Ferreira, F. C., & Vries, A. de. (2015). Effects of season and herd milk volume on somatic cell counts of Florida dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 4182–4197. <https://doi.org/10.3168/JDS.2014-8695>

Ferreira, G. (2013). Reproductive performance of dairy farms in western Buenos Aires province, Argentina. *J. Dairy Sci*, 96, 8075–8080. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6910>

Fisman, D. N. (2007). Seasonality of infectious diseases. *Annu. Rev. Public Health*, 28, 127–143.

Fisman, D. N. D. N. (2007). Seasonality of infectious diseases. 28, 127–143. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.PUBLHEALTH.28.021406.144128>

Foster, R. G., & Kreitzman, L. J. (2009). *The generation of seasons*. 1st ed. Yale University Press.

Foster, R. G., Provencio, I., Hudson, D., Fiske, S., Grip, W. de, & Menaker, M. (1991). Circadian photoreception in the retinally degenerate mouse (rd/rd). *J. Comp. Physiol*, 169, 39–50. <https://doi.org/10.1007/BF00198171>

French, N., & Kennelly, J. J. (1990). Effects of feeding frequency on ruminal parameters, plasma insulin, milk yield, and milk composition in Holstein cows. *J. Dairy Sci*, 73, 1857–1863.

Geiser, F., & Ruf, T. (1995). Hibernation versus daily torpor in mammals and birds: Physiological variables and classification of torpor patterns. *Physiol. Zool.*, 68, 935–966.

Gerlach, T., & Aurich, J. E. (2000). Regulation of seasonal reproductive activity in the stallion, ram and hamster. *Anim. Reprod. Sci*, 58, 197–213. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(99\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(99)00093-7)

Gooley, J. J., Schomer, A., & Saper, C. B. (2006). The dorsomedial hypothalamic nucleus is critical for the expression of food-entrainable circadian rhythms. *Nat*, 9, 398–407. <https://doi.org/10.1038/nn1651>

Grant, R. J., & Albright, J. L. (2001). Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of cattle. *J. Dairy Sci*, 84 (E-Suppl), E156–E163.

Grant, R. J., Colenbrander, V. F., & Mertens, D. R. (1990). Milk fat depression in dairy cows: role of silage particle size. *J. Dairy Sci*, 73, 1834–1842.

Gross, J., Dorland, H. A. van, Bruckmaier, R. M., & Schwarz, F. J. (2011a). Milk fatty acid profile related to energy balance in dairy cows. *J. Dairy Res.*, 78, 479–488.

Gross, J., Dorland, H. A. van, Bruckmaier, R. M., & Schwarz, F. J. (2011b). Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation. *J. Dairy Sci.*, 94, 1820–1830.

Gwinner, E. (1996). Circadian and circannual programmes in avian migration. *J. Exp.*, 199, 39–48. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.2112>

Ha, J., & Kim, K.-H. (1994). Inhibition of FA synthesis by expression of an acetylcoA carboxylase-specific ribozyme gene. *Proc. Natl.*, 9951–9955.

Hakko, H. (2000). Seasonal variations of suicides and homicides in Finland: With special attention to statistical techniques used in seasonality studies. PhD Dissertation. University of Oulu, Oulu. 0, 447, 1998. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600->

Halberg, F., Halberg, E., Barnum, C. P., & Bittner, J. J. (1959). Physiologic 24-hour periodicity in human beings and mice, the lighting regimen and daily routine. *Photoperiod. Relat. Phenom. Plants Anim.*, 55, 803–878.

Hansen, H. O., & Knudsen, J. (1987). Effect of exogenous long-chain fatty acids on individual fatty acid synthesis by dispersed ruminant mammary gland cells. *J. Dairy Sci*, 70, 1350–1354.

Hansen, P. J. (2019). Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: Implications for fertility and assisted reproduction. *Anim. Reprod.*, 16, 497–507.

Hart, K. D., McBride, B. W., Duffield, T. F., & DeVries, T. J. (2014). Effect of frequency of feed delivery on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, 97, 1713–1724.

Harvatine, K. J., & Bauman, D. E. (2011). Characterization of the acute lactational response to trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid. *J. Dairy Sci.*, 94, 6047–6056.

Harvatine, K. J.; Boisclair, Y. R.; Bauman, D. E. 2009. Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal*, v. 3, n. 1, p. 40-54, May. 2009.

Hattar, S., Liao, H.-W., Takao, M., Berson, D. M., & Yau, K.-W. Y. (2002). Melanopsin-containing retinal ganglion cells: Architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. *Science* (, 80, 1065–1071. <https://doi.org/10.1126/science.1069609>

- Henry, B. A., Blache, D., Dunshea, F. R., & Clarke, I. J. (2010). Altered "set-point" of the hypothalamus determines effects of cortisol on food intake, adiposity, and metabolic substrates in sheep. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 38, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2009.07.006>
- Hill, T. M., Bateman, H. G., Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2009). Effects of fat concentration of a high-protein milk replacer on calf performance. *J. Dairy Sci.*, 92, 5147–5153.
- Hu, W., & Murphy, M. R. (2004). Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: a meta-analysis. *J. Dairy Sci.*, 87, 2222–2229.
- Huang, D., & Guo, H. (2018). Diurnal and seasonal variations of greenhouse gas emissions from a naturally ventilated barn in a cold region. *Atmospheric Environ.*, 172, 74–82.
- Hut, R. A., Paolucci, S., Dor, R., Kyriacou, C. P., & Daan, S. (2013). Latitudinal clines: An evolutionary view on biological rhythms. *Proc. R.*
- Huzzey, J. M., DeVries, T. J., Valois, P., & von Keyserlingk, M. A. G. (2006). Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 126–133. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(06\)72075-6](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(06)72075-6)
- Ito, K., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2009). Lying behavior: Assessing within- and between- herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(9), 4412–4420. <https://doi.org/10.3168/JDS.2009-2235>
- Jenkins, T. (2011). Managing the rumen environment to control milk fat depression. In proceedings of Southeast Dairy Herd Management Conference.
- Jensen, R. G. (2002a). The Composition of Bovine Milk Lipids: January 1995 to December 2000. *J Dairy Sci*, 85, 295–350.
- Jensen, R. G. (2002b). The Composition of Bovine Milk Lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 295–350. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74079-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74079-4)
- Ki, Y., Ri, H., Lee, H., Yoo, E., Choe, J., & Lim, C. (2015). Warming up your tick-tock: Temperature-dependent regulation of circadian clocks. *Neuroscientist*, 21, 503–518. <https://doi.org/10.1177/1073858415577083>
- Kononoff, P. J., & Heinrichs, A. J. (2003). The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 86, 1445–1457.
- Krause, K. M., & Oetzel, G. R. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci Technol.*, 126, 215–236.

- Krawczel, P. D., Klaiber, L. B., Butzler, R. E., Klaiber, L. M., Dann, H. M., Mooney, C. S., & Grant, R. J. (2012). Short-term increases in stocking density affect the lying and social behavior, but not the productivity, of lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci*, 95, 4298–4308.
- Landry, G. J., Simon, M. M., Webb, I. C., & Mistlberger, R. E. (2006). Persistence of a behavioral food-anticipatory circadian rhythm following dorsomedial hypothalamic ablation in rats. *Am. J. Physiol. Integr. Comp*, 290, R1527–R1534. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00874.2005>
- Lawrence, C. B., Celsi, F., Brennand, J., & Luckman, S. M. (2000). Alternative role for prolactin-releasing peptide in the regulation of food intake. *Nat*, 3, 645–646. <https://doi.org/10.1038/76597>
- Leonardi, C., & Armentano, L. E. (2003). Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *J. Dairy Sci*, 86, 557–564.
- Lock, A. L., Preseault, C. L., Rico, J. E., DeLand, K. E., & Allen, M. S. (2013). Feeding a C16:0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. *J. Dairy Sci*, 96, 6650–6659.
- Loften, J. R., Linn, J. G., Drackley, J. K., Jenkins, T. C., Soderholm, C. G., & Kertz, A. F. (2014). Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(8). <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7919>
- Longuski, R. A., Ying, Y., & Allen, M. S. (2009). Yeast culture supplementation prevented milk fat depression by a short-term dietary challenge with fermentable starch. *J. Dairy Sci*, 92, 160–167.
- Martinet, L., Mondain-Monval, M., & Monnerie, R. (1992). Endogenous circannual rhythms and photorefractoriness of testis activity, moult and prolactin concentrations in mink (*Mustela vison*). *J. Reprod. Fertil.*, 95, 325–338. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0950325>
- Maxin, G., Rulquin, H.; Glasser, F. Response of milk fat concentration and yield to nutrient supply in dairy cows. *Animal*, v. 5, n. 1, p. 1299-1310, Apr. 2011.
- McAloon, C. G., Whyte, P., O’Grady, L., Lorenz, I., Green, M. G., Hogan, I., Johnson, A., & Doherty, M. L. (2016). Relationship between selected perinatal paratuberculosis management interventions and passive transfer of immunity in dairy calves. *Vet*, 179. <https://doi.org/10.1136/vr.103547>
- Mertens, D. R. (2002). Determination of starch in large particles. Ro-Tap shaker method. U.S. Dairy Forage Research Center, Madison, WI. Revised.
- Meschy, F., Bravo, D., & Sauvant, D. (2004). Meta-analysis of responses to lactating cows to buffer supplementation. *INRA Prod Anim*, 17, 11–18.

- Metz, J. H. M. (1985). The reaction of cows to a short-term deprivation of lying. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 13, 301–307.
- Mieda, M., Williams, S. C., Richardson, J. A., Tanaka, K., & Yanagisawa, M. (2006). The dorsomedial hypothalamic nucleus as a putative food-entrainable circadian pacemaker. *Proc. Natl.*, 12150–12155.
- Miller, A. R. E., Erdman, R. A., Douglass, L. W., & Dahl, G. E. (2000). Effects of photoperiodic manipulation during the dry period of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 83, 962–967. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74960-5](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74960-5)
- Mistlberger, R. E. (1994). Circadian food-anticipatory activity: Formal models and physiological mechanisms. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 18, 171–195. [https://doi.org/10.1016/0149-7634\(94\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0149-7634(94)90023-X)
- Mistlberger, R. E., & Rusak, B. (1988). Food-anticipatory circadian rhythms in rats with paraventricular and lateral hypothalamic ablations. *J. Biol.*, 3, 277–291. <https://doi.org/10.1177/074873048800300306>
- Moore-Ede, M. (1982). Sleeping as the world turns. *Nature History*, 91, 28–36.
- Moriya, T., Aida, R., Kudo, T., Akiyama, M., Doi, M., Hayasaka, N., Nakahata, N., Mistlberger, R., Okamura, H., & Shibata, S. (2009). The dorsomedial hypothalamic nucleus is not necessary for food-anticipatory circadian rhythms of behavior, temperature or clock gene expression in mice. *European Journal of Neuroscience*, 29(7), 1447–1460. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.06697.x>
- Morvay, Y., Bannink, A., France, J., Kebreab, E., & Dijkstra, J. (2011). Evaluation of models to predict the stoichiometry of volatile FA profiles in rumen fluid of lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 94, 3063–3080.
- Mujibi, F. D. N., Moore, S. S., Nkrumah, D. J., Wang, Z., & Basarab, J. A. (2010). Season of testing and its effect on feed intake and efficiency in growing beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 88, 3789–3799. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2407>
- Munksgaard, L., Jensen, M. B., Pedersen, L. J., Hansen, S. W., & Matthews, L. (2005). Quantifying behavioural priorities – Effects of time constraints on behavior of dairy cows, *Bos Taurus*. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 92, 3–14.
- Mustonen, A.-M., Pyyk"onen, T., Asikainen, J., H"anninen, S., Mononen, J., & Nieminen, P. (2005). Circannual leptin and ghrelin levels of the blue fox (*Alopex lagopus*) in reference to seasonal rhythms of body mass, adiposity, and food intake. *J. Exp.*, 303, 26–36. <https://doi.org/10.1002/jez.a.125>
- Namias, J. (1976). Negative ocean–air feedback systems over the North Pacific in the transition from warm to cold seasons. *Mon.*, 104(1107), 90132–90138. <https://doi.org/10.1016/0146->

Neville, M. C., & Picciano, M. F. (1997). Regulation of milk lipid secretion and composition. *Annu. Rev. Nutr.*, 17, 159–184.

Oba, M., & Allen, M. S. (2003). Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *J. Dairy Sci.*, 86, 184–194.

Olde Riekerink, R. G. M., Barkema, H. W. W., Stryhn, H., Riekerink, R. G. M. O., Barkema, H. W. W., & Stryhn, H. (2007). The effect of season on somatic cell count and the incidence of clinical mastitis. 90(4), 1704–1715. <https://doi.org/10.3168/JDS.2006-567>

Palmquist, D. L., Denise Beaulieu, A., & Barbano, D. M. (1993). Feed and Animal Factors Influencing Milk Fat Composition. *Journal of Dairy Science*, 76(6), 1753–1771. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77508-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77508-6)

Panda, S., Provencio, I., Tu, D. C., Pires, S. S., Rollag, M. D., Castrucci, A. M., Pletcher, M. T., Sato, T. K., Wiltshire, T., Andahazy, M., Kay, S. A., Gelder, R. N. van, & Hogenesch, J. B. (2003). Melanopsin is required for non-image-forming photic responses in blind mice. *Science* (, 80, 525–528. <https://doi.org/10.1126/science.1086179>

Panda, S., Sato, T. K., Castrucci, A. M., Rollag, M. D., Degrip, W. J., Hogenesch, J. B., Provencio, I., & Kay, S. A. (2002). Melanopsin (Opn4) requirement for normal light-induced circadian phase shifting. *Science* (, 80, 2213–2217. <https://doi.org/doi.org/10.1126/science.1076848>

Pérez-Cabal, M. A., & Alenda, R. (2014). Clinical lameness and risk factors in a Spanish Holstein population. *Livestock Science*, 164(1), 168–174. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2014.03.012>

Peters, R. R., Chapin, L. T., Emery, R. S., & Tucker, H. A. (1981). Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone, and glucocorticoid response of cows to supplemented light. *J. Dairy Sci.*, 64, 1671–1678. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(81\)82745-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(81)82745-2)

Peters, R. R., Chapin, L. T., Leining, K. B., & Tucker, H. A. (1978). Supplemental lighting stimulates growth and lactation in cattle. *Science* (, 80, 911–912. <https://doi.org/10.1126/science.622576>

Pszczola, M., Aguilar, I., & Misztal, I. (2009). Short communication: Trends for monthly changes in days open in Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 92, 4689–4696. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1985>

Reimus, K., Orro, T., Emanuelson, U., Viltrop, A., & Mötus, K. (2017). Reasons and risk factors for on-farm mortality in Estonian dairy herds. *Livest. Sci.*, 198, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.01.016>

Rensing, L., & Ruoff, P. (2002). Temperature effect on entrainment, phase shifting and amplitude of circadian clocks and its molecular bases. *Chronobiol. Int*, 19, 120014569. <https://doi.org/10.1081/CBI->

Rensis, F. de, Garcia-Ispuerto, I., & Lopez-Gatis, F. (2015). Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*, 84, 659–666.

Reynolds, C. K. (2003). Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J. Dairy Sci*, 86, 1201–1217.

Richter, C. P. (1922). A behavioristic study of the activity of the rat. In W. S. Hunter.

Rico, D. E.; Havartine, K. J. Induction of and recovery from milk fat depression occurs progressively in dairy cows switched between diets that differ in fiber and oil concentration. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 3, p. 6621-6630, Sep. 2013.

Rottman, L. W., Ying, Y., Zhou, K., Bartell, P. A., & Harvatine, K. J. (2014). The daily rhythm of milk synthesis is dependent on the timing of feed intake in dairy cows. *Physiol. Rep.*, 2.

Rousseau, K., Atcha, Z., & Loudon, A. S. I. (2003). Leptin and seasonal mammals. *J. Neuroendocrinol.*, 15, 409–414. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2826.2003.01007.x>

Russell, J. B. (2002). *Rumen Microbiology and Its Role in Ruminant Nutrition*. James B. Russell.

Saini, C., Morf, J., Stratmann, M., Gos, P., & Schibler, U. (2012). Simulated body temperature rhythms reveal the phase-shifting behavior and plasticity of mammalian circadian oscillators. *Genes Dev*, 26, 567–580. <https://doi.org/10.1101/gad.183251.111>

Salfer, I. J. (2019). NUTRITIONAL AND ENVIRONMENTAL FACTORS REGULATING BIOLOGICAL RHYTHMS OF MILK SYNTHESIS IN DAIRY CATTLE *Animal Science*.

Salfer, I. J., Dechow, C. D., & Harvatine, K. J. (2019). Annual rhythms of milk and milk fat and protein production in dairy cattle in the United States. *J. Dairy Sci*, 102, 742–753. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15040>

Salfer, I. J., Morelli, M. C., Ying, Y., Allen, M. S., & Harvatine, K. J. (2018). The effects of source and concentration of dietary fiber, starch, and fatty acids on the daily patterns of feed intake, rumination, and rumen pH in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(12), 10911–10921. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15071>

Salfer, I., Harvatine, K., Salfer, I. J., & Harvatine1, K. J. (2018). Seasonal variation in milk composition *ResearchGate Seasonal Variation in Milk Composition*. <https://www.researchgate.net/publication/327139271>

Sanders, A. H., Shearer, J. K., & Vries, A. de. (2009). Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. *J. Dairy Sci*, 92, 3165–3174. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1799>

Sargeant, J. M. M., Shoukri, M. M. M., Martin, S. W. W., Leslie, K. E. E., & Lissemore, K. D. D. (1998). Investigating potential risk factors for seasonal variation: An example using graphical and spectral analysis methods based on the production of milk components in dairy cattle. 36(3), 167–178. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(98\)00089-0](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(98)00089-0)

Sargeant, J. M., Shoukri, M. M., Martin, S. W., Leslie, K. E., & Lissemore, K. D. (1998). Investigating potential risk factors for seasonal variation: an example using graphical and spectral analysis method based on the production of milk components in dairy cattle. 1998. In *Prev* (pp. 167–178).

Sayers, R. G., Byrne, N., O'Doherty, E., & Arkins, S. (2015). Prevalence of exposure to bovine viral diarrhoea virus (BVDV) and bovine herpesvirus-1 (BoHV-1) in Irish dairy herds. *Research in Veterinary Science*, 100, 21–30. <https://doi.org/10.1016/J.RVSC.2015.02.011>

Schüller, L. K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2016). Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *J. Dairy Sci.*, 99, 2996–3002.

Schutz, K., Davison, D., & Matthews, L. (2006). Do different levels of moderate feed deprivation in dairy cows affect feeding motivation. *Appl. Anim. Behav. Sci*, 101, 253–263.

Sellers, P. J., Dickinson, R. E., Randall, D. A., Betts, A. K., Hall, F. G., Berry, J. A., Collatz, G. J., Denning, A. S., Mooney, H. A., & Nobre, C. A. (1997). Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. *Science* (, 80, 502–509. <https://doi.org/10.1126/science.275.5299.502>

Seymour, W. M., Campbell, D. R., & Johnson, Z. B. (2005). Relationships between rumen volatile FA concentrations and milk production in dairy cows: A literature study. *Anim. Feed Sci Technol*, 119, 155–169.

Silva, P. R. B., Dresch, A. R., Machado, K. S., Moraes, J. G. N., Lobeck-Luchterhand, K., Nishimura, T. K., Ferreira, M. A., Endres, M. I., & Chebel, R. C. (2014). Parturition stocking density: Effects on metabolic, health, reproductive, and productive responses. *Journal of Dairy Science*, 97(9), 5521–5532. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8093>

Sova, A. D., LeBlanc, S. J., McBride, B. W., & DeVries, T. J. (2013). Associations between herd-level feeding management practices, feed sorting, and milk production in freestall dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 96, 4759–4770.

Stanley, C. C., Williams, C. C., Jenny, B. F., Fernandez, J. M., Bateman, H. G., Nipper, W. A., Lovejoy, J. C., Gantt, D. T., & Goodier, G. E. (2002). Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves. *Journal of Dairy Science*, 85(9), 2335–2343. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74313-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74313-0)

Stephan, F. K. (2002). The “other” circadian system: Food as a zeitgeber. *J. Biol.*, 17, 284–292. <https://doi.org/10.1177/074873040201700402>

Stokkan, K.-A., Yamazaki, S., Tei, H., Sakaki, Y., & Menaker, M. (2001). Entrainment of the circadian clock in the liver by feeding. *Science*, 291, 490–493. <https://doi.org/10.1126/science.291.5503.490>

Stolwijk, A. M., Straatman, H., & Zielhuis, G. A. (1999). Studying seasonality by using sine and cosine functions in regression analysis. *J. Epidemiol. Community Health*, 53, 235–238. <https://doi.org/10.1136/jech.53.4.235>

Stone, W. C. (2004). Nutritional Approaches to Minimize Sub-acute Ruminant Acidosis and Laminitis in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci*, 87, E13–E26.

Strickland, S. J., Scott, H. M., & Libal, M. C. (2005). Roussel, and E.R. Jordan Effects of seasonal climatic conditions on the diagnosis of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in dairy cattle. *J. Dairy Sci*, 88, 2432–2440. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72921-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72921-0)

Tao, S., & Dahl, G. E. (2013). Invited review: Heat stress impacts during late gestation on dry cows and their calves. *J. Dairy Sci.*, 96, 4079–4093.

Teyssot, B., Houdebine, L.-M., & Djiane, J. (1981). Prolactin induces release of a factor from membranes capable of stimulating  $\beta$ -casein gene transcription in isolated mammary cell nuclei. *Proc. Natl*, 6729–6733.

Ueda, K., Mitani, T., & Kondo, S. (2016). Relationship of rumen fill and fermentation to diurnal and seasonal variation of herbage intake in dairy cows grazed on perennial ryegrass pasture. *Anim. Sci*, 87, 1148–1156. <https://doi.org/10.1111/asj.12563>

Valeanu, S., Johannisson, A., Lundeheim, N., & Morrell, J. M. (2015). Seasonal variation in sperm quality parameters in Swedish red dairy bulls used for artificial insemination. *Livest. Sci*, 173, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.12.005>

Van Der Werf, J. H.; Jonker, L. J.; Oldenbroek, J. K. Effect of monensin on milk production by Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, v. 81, n. 2, p. 427-433, Sep. 1998.

Vernon, R. G., & Flint, D. J. (1983). Control of FA synthesis in lactation. *Proc. Nutr*, 315–331.

Vitali, A., Segnalini, M., Bertocchi, L., Bernabucci, U., Nardone, A., & Lacetera, N. (2009). Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *J. Dairy Sci*, 92, 3781–3790. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2127>

Vyas, D., Teter, B. B., & Erdman, R. A. (2012). Milk fat responses to dietary supplementation of short- and medium-chain fatty acids in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 5194–5202. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5277>

Woolpert, M. E. (2016). *Management Practices and Communication Strategies to Improve Milk Fat and Protein Content on Dairy Farms*.

Woolpert, M. E., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Melilli, C., Chase, L. E., Grant, R. J., & Barbano, D. M. (2016). Management, nutrition, and lactation performance are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on northeastern US dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 99, 8486–8497.

Woolpert, M. E., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Melilli, C., Chase, L. E., Grant, R. J., & Barbano, D. M. (2017). Management practices, physically effective fiber, and ether extract are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on Holstein dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 100, 5097–5106.

Zeinhom, M. M. A., Aziz, R. L. A., Mohammed, A. N., & Bernabucci, U. (2016). Impact of seasonal conditions on quality and pathogens content of milk in Friesian cows. *Asian-Australasian J. Anim. Sci*, 29, 1207–1213. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0143>

## CAPÍTULO II

### RITMOS ANUAIS DAS CONCENTRAÇÕES DE GORDURA E PROTEÍNA EM TANQUES DE LEITE

## RITMOS ANUAIS DAS CONCENTRAÇÕES DE GORDURA E PROTEÍNA EM TANQUES DE LEITE

### RESUMO

Ritmos anuais de gordura e proteína foram descritos no hemisfério norte e têm uma relação direta com as estações do ano. Porém, essa relação sazonal ainda não foi descrita no hemisfério sul, de forma a corroborar com essa observação e quantificar a variação dentro de outros sistemas de produção. Além das questões fisiológicas que impactam a produção dos componentes do leite, a verificação desse padrão sazonal tem uma relação direta com o mercado, sendo uma fonte de informações importante para os aspectos de negociação, pagamento de leite e organização da produção. Nosso objetivo foi determinar o ritmo anual das concentrações de componentes do leite em tanques de rebanhos leiteiros no Paraná. As concentrações de gordura, proteína, lactose, sólidos totais (ST) e NUL (nitrogênio ureico no leite) foram ajustadas à forma linear da função cosseno com um período de 12 meses usando um modelo de efeitos lineares mistos. Os efeitos fixos de rebanho, dos parâmetros de cosseno e seno, da interação dos parâmetros de rebanho com seno e cosseno, bem como dos efeitos aleatórios de ano (2013 a 2019) foram incorporados nos parâmetros do modelo. Os valores de acrofase para gordura, proteína, lactose, ST e NUL foram 30 de maio, 29 de maio, 18 de setembro, 17 de junho e 16 de abril. As médias ajustadas foram 3,78%, 3,25%, 4,51%, 12,49% e 12,80 mg/dL. Os ritmos estão presentes independente dos efeitos ambientais como o estresse térmico, corroborando com os achados no hemisfério norte de um ritmo ou ciclo endógeno que influenciam. Recomendamos que os produtores e consultores considerem os ritmos anuais de produção ao tomar decisões de gestão.

Palavras-chave: Ritmos anuais, tanques de leite, Composição de leite

## FAT AND PROTEIN CONCENTRATION RHYTHMS IN MILK TANKS

### ABSTRACT

Annual rates of fat and protein in the northern hemisphere have been described and are directly related to the seasons. To validate this observation and quantify the variation among different production systems, this seasonal link has not yet been recorded in the southern hemisphere. In addition to the physiological factors that influence the production of milk components, the verification of this seasonal pattern has a direct impact on the market, serving as an essential source of information for negotiation, milk payment, and production organization. Our goal was to determine the annual cycle of milk component concentrations in Paraná's dairy herd ponds. Using a linear mixed effects model, the contents of fat, protein, lactose, total solids (TS), and MUN (milk urea nitrogen) were modified to the form of a linear cosine function throughout a 12-month period. The model parameters comprised fixed herd effects, cosine and sine parameters, interactions between herd parameters and sine and cosine parameters, and random year effects (2013 to 2019). The acrophase values for fat, protein, lactose, total solids, and MUN were measured on 30 May, 29 May, 18 September, 17 June, and 16 April; 3.78%, 3.25%, 4.51%, 12.49%, and 12.80 mg/dL. There was no regression given for the trigonometric function. Rhythms exist despite of external factors such as heat stress, validating findings in the northern hemisphere of an endogenous rhythm or cycle that influences biological processes. We recommend that when making management decisions, growers and consultants consider annual production rates.

Palavras-chave: Annual rhythms, milk bulk tank, Milk composition.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Um padrão anual de composição do leite já é relativamente bem conhecido pelos produtores e talvez mais bem conhecido pela indústria de leite. Esse padrão apresenta maiores concentrações de gordura e proteína do leite durante o inverno e menores concentrações no verão. No entanto, os ritmos de produção e composição do leite estão sendo quantificados tentando evidenciar as relações fisiológicas do animal ao longo do ano (Salfer et al., 2020). As variações adicionais a nível de fazenda que em muitos casos não são perceptíveis, como práticas nutricionais, questões de manejo, aplicações de novas tecnologias, instalações e em vários casos manejo reprodutivo que impactam os dias em leite e intervalo entre partos, têm relação adicional ao processo e que confundem a construção de uma visão de sazonalidade fisiológica dependente das estações do ano.

A variação sazonal foi quantificada e contabilizada por criadores de animais, mas não foi bem integrada ao manejo leiteiro (Salfer et al., 2020). As causas dessas mudanças não são totalmente compreendidas e muitas vezes são atribuídas a fatores ambientais, como estresse térmico ou mudanças na qualidade da forragem. A partir de trabalhos que estão quantificando variáveis de mercado, extraindo o contexto de rebanho e incluindo as informações de variação do rebanho, animal, dieta e demais fatores que impactam o modelo, começa-se a entender que esses padrões anuais podem ser o resultado de um ritmo anual endógeno que controla a síntese do leite e dos seus componentes. Ou seja, os padrões de mudança de comportamento da composição de leite ao longo dos anos e a variação entre regiões, estão relacionadas diretamente a uma resposta fisiológica com relação direta das estações do ano.

Na natureza, os ritmos anuais ocorrem como um mecanismo para os organismos preverem mudanças ambientais sazonais antes que estas ocorram para permitir adaptações proativas. Muitas espécies animais exibem ciclos anuais de atividade reprodutiva, hibernação, migração, crescimento capilar e comportamento alimentar, permitindo que se preparem melhor para mudanças nas condições climáticas e no fornecimento de alimentos (Lincoln et al., 2006; Schwartz & Andrews, 2013).

Como já tratamos no capítulo anterior, os ritmos anuais são circadianos e por isso existe a possibilidade de usarmos estatísticas e modelagem trigonométricas como forma de modelagem. A modelagem por cosseno é comumente usada para modelar ritmos diários permitindo a determinação da amplitude (pico a média), acrofase (tempo no pico) e período (tempo entre picos) do ritmo. Esta técnica pode ser modificada para que se encaixe em uma forma linear da função cosseno com períodos variados, de acordo com o que se deseja medir. Utilizando um modelo de 12 meses, pode-se agrupar vários anos de dados para determinar se há relação de um modelo de ritmo anual ou não, dependendo do processo que está usando, modelo de dados e informações aplicadas ao modelo. O grau em que os dados seguem um ritmo anual é avaliado por meio de um teste de amplitude zero, que determina se a forma linear dos modelos de função cosseno de dados são significativamente melhores que o efeito linear do tempo (Went, 2006). A função trigonométrica do cosseno também determina a amplitude e a acrofase de um ritmo biológico (Bourdon et al., 1995).

Quantificar os ritmos anuais da produção de componentes do leite e do leite pode melhorar as decisões de manejo e pode fornecer uma visão sobre o mecanismo fisiológico que rege os ritmos anuais. A verificação em escala de tempo usando o mesmo método com base de dados distinta em rebanhos em latitudes similares ou opostas, pode trazer uma compreensão do impacto das estações e do manejo nestes rebanhos.

O objetivo deste estudo foi utilizar a função trigonométrica do cosseno para caracterizar os ritmos anuais de concentração dos componentes do leite em tanques de leite do Paraná, comparando esses dados com informações obtidas no hemisfério norte. As informações dos tanques são utilizadas para medição da qualidade de leite e pagamento ao produtor, auxiliando na caracterização de dados do mercado, tendo uma relação direta com as informações obtidas dos mercados do hemisfério norte.

### **3.2. METODOLOGIA**

Um banco de dados de três cooperativas do estado do Paraná em uma mesma região foi cedido. Os dados iniciais compreendem o período de janeiro de 2013 a fevereiro de 2020. Um total inicial de 390.366 informações de tanques

de leite foi obtido. As informações foram: gordura, proteína, lactose, sólidos totais (ST), Nitrogênio ureico do leite (NUL) e volume de leite. Posteriormente os dados do ano de 2020 foram descartados, mantendo todos os parâmetros para comparação dentro e entre o ano.

As latitudes que representam as fazendas de amostras coletas são: latitude média 24° Sul; Máxima latitude 25° 47'; mínima 23° 30'. Representando um total de 56 municípios com média de 6971 dados. Apresentamos a posição das informações coletadas no GRÁFICO 1, que demonstra a posição dos dados em relação ao território nacional.

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS EM RELAÇÃO A GEOGRAFIA BRASILEIRA

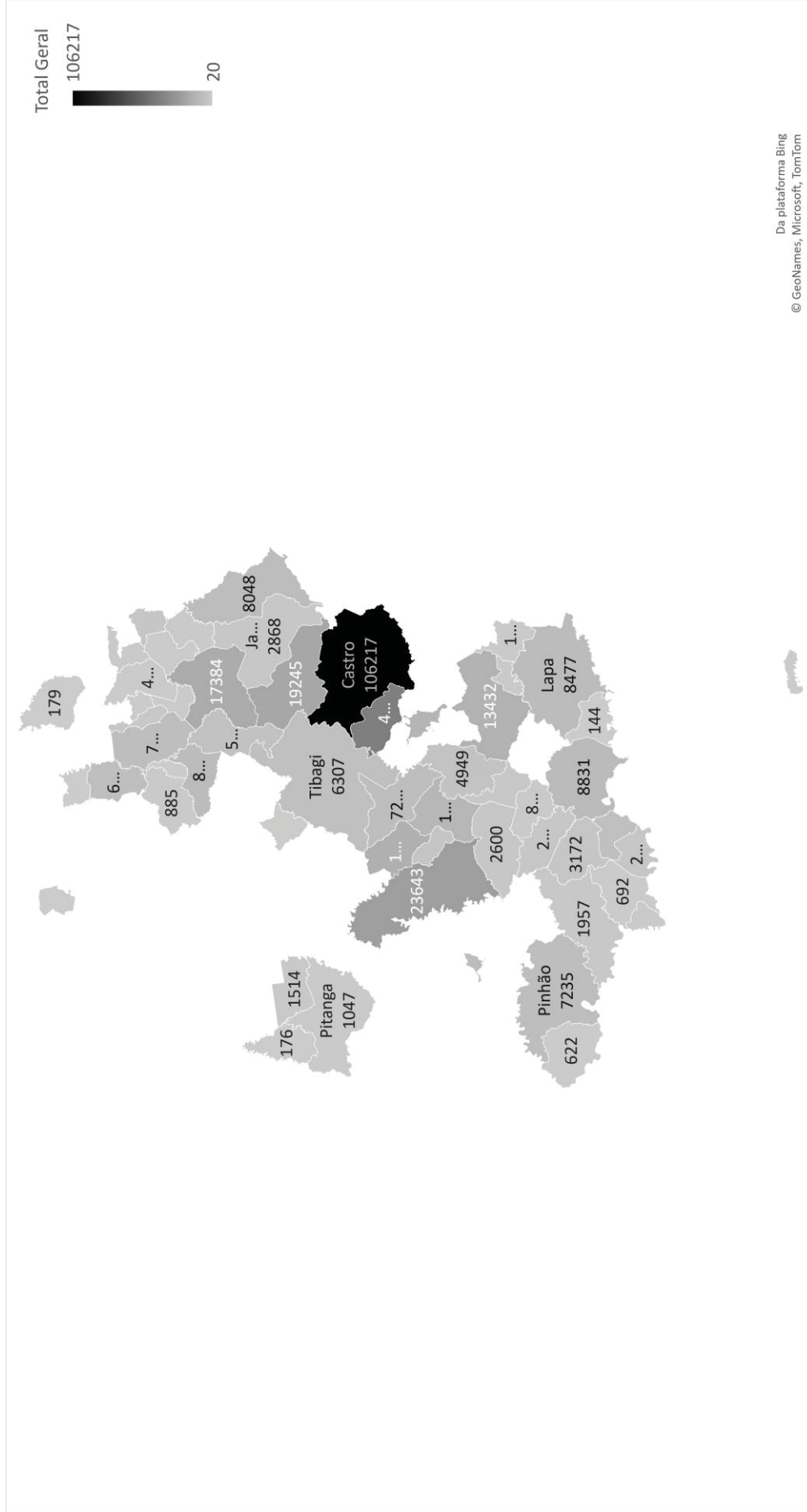


FONTE: O autor (2022)

No GRÁFICO 2 apresentamos a posição com maior detalhe, explicitando cada município com seu número de dados de tanque coletados. Os principais municípios destacados são Castro e Carambeí. Os dados detalhados de cada município com as informações e itens detalhamos no ANEXO 1 deste capítulo.

Após a primeira verificação dos dados obtidos, uma primeira etapa de edição de dados usando as médias, desvio padrão e os limites superiores e inferiores foram usados para obter o intervalo de confiança da análise através do cálculo de 2,5 desvios padrão para mais ou para menos. Essa etapa resultou em um corte de 1,6% de dados (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

GRÁFICO 2 - DETALHAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DADOS.



FONTE: O autor (2022)

Para realizar esse processo todos os itens foram analisados através do pacote PROC FREQ e PROC MEANS no SAS 9.4. Foram comparadas por análise estatística aplicando Bonferroni ao nível de significância  $P < 0,05$  em todas as variáveis e sua relação com anos e meses. Após essa etapa procedeu-se as análises destinadas a preparação para os modelos de avaliação linear.

O volume de leite apresentado neste banco de dados foi descartado devido as inconsistências relacionadas aos valores. Após a verificação por entrevista aos gestores das cooperativas que fornecem informações para o banco de dados, apresentaram descrições que suportam a decisão. Para a realização de avaliação da produção, utilizaremos um outro banco de dados e apresentaremos os resultados no capítulo 3.

TABELA 3 - APRESENTAÇÃO DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA BÁSICA APÓS TRATAMENTO.

	Gordura	Proteína	Lactose	ST	NUL
Média	3,78	3,25	4,51	12,49	12,8
Mínimo	2,35	2,72	4,11	10,76	0,02
Máximo	5,25	3,79	4,89	14,25	63,4
Desvio padrão	0,42	0,2	0,13	0,58	3,99
Amplitude	2,9	1,07	0,78	3,49	63,38
N válido	360.896	359.702	358.574	360.553	186.044

FONTE: O autor (2022)

A segunda análise estatística foi realizada utilizando-se o procedimento MIXED do SAS v.9.4 (SAS Institute, Cary, NC). As concentrações de gordura e proteína coletadas de tanques semanalmente foram adequadas à forma linear da função cosseno com um período de 12 meses, de acordo com Bourdon et al. (1995), usando um modelo aleatório de regressão linear (Salfer et al., 2020) como descrito por Niu et al. (2014).

O modelo testou o efeito aleatório do ano e os efeitos fixos de rebanho, a forma linear da função cosseno com um período de 12 meses e a interação função cosseno com o dia do controle e a forma linear da função cosseno. Os

graus denominadores de liberdade foram estimados usando o método Kenward-Roger e a estrutura de covariância AR(1).

O ajuste dos ritmos de 12 meses foi determinado por meio de um teste de amplitude zero, que emprega um Teste F para comparar o modelo completo contendo a forma linear da função cosseno a um modelo linear reduzido testando o efeito linear do mês (Went, 2006).

A fórmula estatística da descrição acima ficou conforme abaixo:

#### EQUAÇÃO 1 MODELO PARA CORREÇÃO TANQUES DE LEITE

$$y_{ijkl} = \mu + S_j + C_j + A_i + D_k + D_k \times S_j + D_k \times C_j + R_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Aonde:

$y_{ijk}$  = variável de interesse;

$\mu$  = ajuste da média;

$S_j$  = função seno (1 a 12);

$C_j$  = função coseno (1 a 12);

$A_i$  = efeito aleatório do ano (2013 a 2019);

$D_k$  = efeito fixo do dia do controle leiteiro;

$R_l$  = efeito fixo de rebanho;

$\varepsilon_{ijkl}$  = erro do resíduo;

A acrofase e amplitude de cada data de coleta de amostra de tanques de leite foram calculadas, com testes de significância subsequentes, utilizando-se de um programa de planilha desenvolvido no Microsoft Excel® (Bourdon et al., 1995). A partir dos valores previstos encontrados, na equação definida, aplicamos a planilha de Bourdon et al. (1995), iniciando a modelagem de regressão trigonométrica, conforme Salfer et al. (2020), adotando a seguinte condução: as médias preditas eram inseridas nos campos relacionados as médias, gerando uma nova média trigonométrica a partir das funções seno e cosseno aplicadas.

A fórmula estatística da descrição acima está descrita abaixo. O F tabelado para 5% de significância foi definido em 4,25 e o t tabelado em 5% de significância definido em 2,83.

A fórmula estatística da descrição acima ficou conforme abaixo:

#### EQUAÇÃO 2 - MODELO DE BOURDON PARA A REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA

$$y_i = \mu + A_i * \text{sen} (\omega * t_i + \phi)$$

Onde:

$y_i$  = variável de interesse;

$\mu$  = ajuste da média;

sen = função seno;

$\omega$  = é a frequência, o ângulo de mudança da reta, dado por  $(\frac{2 \times \pi}{N})$ ;

$t_i$  = período (1 a 12 – relativo aos meses);

$\phi$  = valor trigonométrico da fase.

### 3.3. RESULTADOS

#### 3.3.1 Médias das composições do leite ao longo dos anos.

Os valores médios dos componentes foram apresentados na TABELA 4 ao longo dos anos. Os valores médios mensais demonstrando a variação mensal e uma análise estatística inicial estão apresentados na TABELA 5.

Os dados demonstraram consistência quando comparados com as informações disponíveis nos trabalhos do hemisfério norte. Os valores seguem consistência em relação as mudanças esperadas ao longo dos anos e dos meses apresentando diferença estatística em diversos pontos de comparação.

Encontramos um aumento nos valores médios de porcentagem de gordura, iniciando em 3,74% em 2013 até 3,82% em 2019 nos tanques de leite da região. Encontramos diferenças significativas ao longo dos anos, sendo que

as médias começaram a ter maior aumento a partir do ano de 2016 para gordura e proteína (TABELA 4).

TABELA 4 - MÉDIAS DOS COMPONENTES AO LONGO DOS ANOS.

	Ano							Média geral
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
%Gordura	3,74 <sub>e</sub>	3,73 <sub>e</sub>	3,76 <sub>d</sub>	3,79 <sub>b</sub>	3,79 <sub>b,c</sub>	3,78 <sub>c</sub>	3,82 <sub>a</sub>	3,77
%Proteína	3,22 <sub>d</sub>	3,21 <sub>e</sub>	3,22 <sub>d</sub>	3,22 <sub>d</sub>	3,25 <sub>c</sub>	3,26 <sub>b</sub>	3,30 <sub>a</sub>	3,24
%Lactose	4,50 <sub>c</sub>	4,50 <sub>d</sub>	4,50 <sub>c,d</sub>	4,50 <sub>c,b</sub>	4,51 <sub>b</sub>	4,50 <sub>c,d</sub>	4,52 <sub>a</sub>	4,51
%Sólidos Totais	12,41 <sub>e</sub>	12,39 <sub>e</sub>	12,44 <sub>d</sub>	12,46 <sub>c</sub>	12,50 <sub>b</sub>	12,47 <sub>c</sub>	12,58 <sub>a</sub>	12,46
NUL	12,86 <sub>a,b,c,e</sub>	12,21 <sub>a,b</sub>	12,46 <sub>a</sub>	12,21 <sub>b</sub>	12,62 <sub>c</sub>	12,66 <sub>c,d</sub>	13,48 <sub>e</sub>	12,69

Nota: os valores na mesma linha que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022).

TABELA 5 - AVALIAÇÃO DAS MÉDIAS OBSERVADAS AO LONGO DOS MESES.

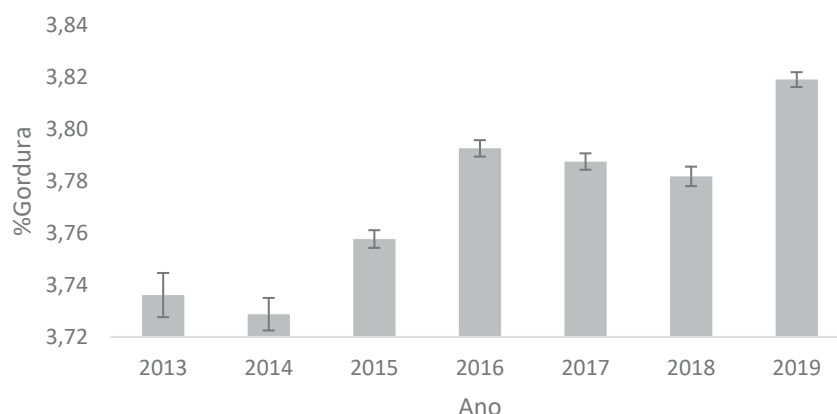
	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
%Gordura	3,65 <sub>i</sub>	3,73 <sub>f</sub>	3,82 <sub>c</sub>	3,87 <sub>b</sub>	3,88 <sub>a</sub>	3,88 <sub>a,b</sub>	3,83 <sub>f</sub>	3,81 <sub>c</sub>	3,79 <sub>d</sub>	3,75 <sub>e</sub>	3,72 <sub>g</sub>	3,69 <sub>h</sub>
%Proteína	3,16 <sub>i</sub>	3,21 <sub>f</sub>	3,27 <sub>d</sub>	3,30 <sub>b</sub>	3,32 <sub>a</sub>	3,32 <sub>a</sub>	3,29 <sub>c</sub>	3,27 <sub>d</sub>	3,25 <sub>e</sub>	3,21 <sub>f</sub>	3,18 <sub>g</sub>	3,17 <sub>h</sub>
%Lactose	4,50 <sub>e</sub>	4,49 <sub>f</sub>	4,46 <sub>h</sub>	4,46 <sub>h</sub>	4,48 <sub>g</sub>	4,50 <sub>e</sub>	4,52 <sub>d</sub>	4,54 <sub>c</sub>	4,55 <sub>a</sub>	4,55 <sub>b</sub>	4,53 <sub>d</sub>	4,52 <sub>d</sub>
%Sólidos Totais	12,26 <sub>h</sub>	12,37 <sub>f</sub>	12,50 <sub>e</sub>	12,57 <sub>d</sub>	12,62 <sub>b</sub>	12,64 <sub>a</sub>	12,61 <sub>b,c</sub>	12,60 <sub>c</sub>	12,56 <sub>d</sub>	12,49 <sub>e</sub>	12,38 <sub>f</sub>	12,32 <sub>g</sub>
NUL	12,89 <sub>d</sub>	11,99 <sub>h</sub>	12,23 <sub>f</sub>	12,27 <sub>f</sub>	11,28 <sub>g</sub>	12,73 <sub>e</sub>	12,65 <sub>e</sub>	12,61 <sub>e</sub>	13,46 <sub>b,c</sub>	13,44 <sub>c</sub>	13,61 <sub>a,b</sub>	13,74 <sub>a</sub>

Nota: os valores na mesma linha que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022).

Dessa forma encontramos a maior média de teor de gordura do leite em 2019 e a menor média em 2014, com valores médios de 3,82 e 3,73%, respectivamente, um aumento de 2,4% deste componente no período. No ano de 2016 foram realizadas mudanças no sistema de pagamento de leite por qualidade, com a adoção de maiores bonificações por sólidos ao preço base e acreditamos que este é um dos motivos das mudanças significativas observadas na composição do leite (GRÁFICO 3).

GRÁFICO 3 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE GORDURA OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.



FONTE: O autor (2022).

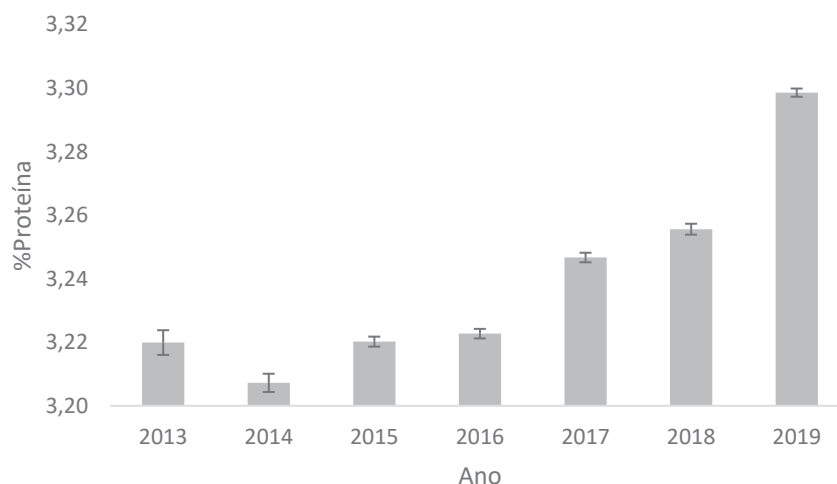
Quanto aos valores de proteína do leite também encontramos diferença significativa ao longo dos anos, principalmente quando evidenciamos o processo de mudança de pagamento (GRÁFICO 4).

Neste caso, de forma similar, a maior média em 2019 com 3,30 e a menor média em 2013 com 3,21. Um aumento de 2,8% em relação ao ano inicial, um aumento significativo maior que gordura e que geralmente é mais lento para expressar quando comparado com gordura que sofre mais influência de dieta e saúde ruminal.

Um grande crescimento na média foi demonstrado para proteína, principalmente no ano de 2019, o qual deve ter sido incrementada por pagamento ou por ajustes específicos na dieta da região como a exemplo de

uma melhor safra de milho e nas forragens, trazendo um melhor perfil da dieta que impactam diretamente no ganho de proteína no leite.

GRÁFICO 4 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.



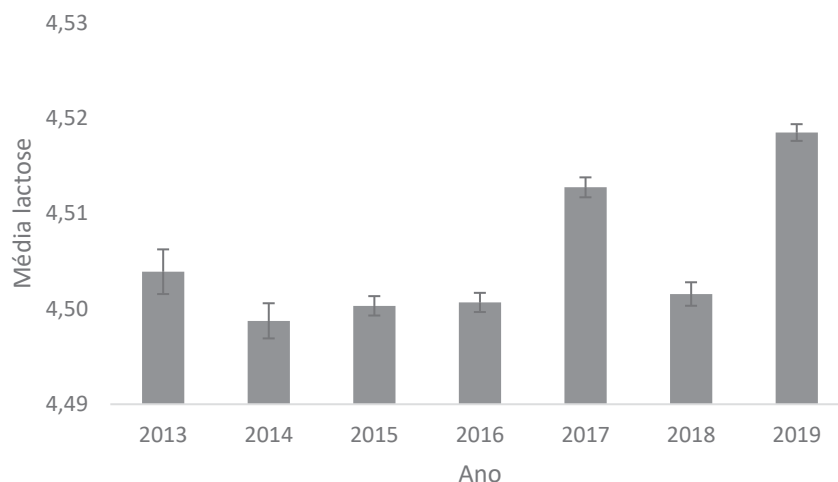
FONTE: O autor (2022).

Os valores de lactose apresentaram pouca variação significativa ao longo dos anos. Tendo a média variando entre 4,50 e 4,52 ao longo dos anos com média geral de 4,51 (GRÁFICO 5).

Os dados de lactose seguiram um padrão de movimentação sazonal dentro do ano, sem variação significativa entre os anos. Segundo Costa et al. (2020), a concentração de lactose no leite de vaca é moderadamente constante com média de 4,7% (4,4–5,0%) e especificamente para a raça Holandesa em torno de 4,68%. Os dados a nível de tanque demonstraram que apesar de seguir uma variação nos meses, não teve mudanças significativas ao longo dos anos.

A concentração de lactose tem uma relação com uma alta correlação com a produção de leite (Portnoy & Barbano, 2021). A secreção da lactose no lúmen alveolar no complexo mamário causa o ingresso de água, exercendo essencial papel na quantidade do leite. O teor da lactose pode variar de acordo com a regulação endócrina, e por ser o fundamental agente osmótico envolvido na expulsão do leite, sendo que essa diferença ao longo do ano não possa ser percebida devido aos fatores nutricionais, dias em leite, ou demais aspectos que ao longo prazo não demonstram a diferença existente.

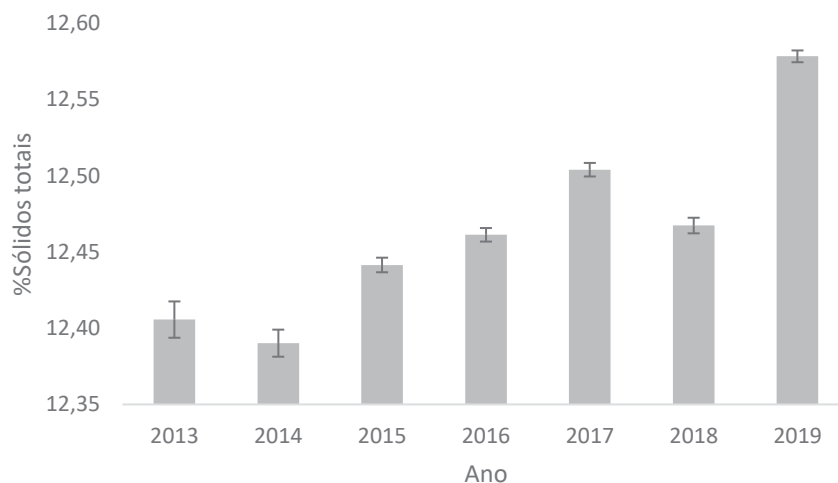
GRÁFICO 5 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.



FONTE: O autor (2022).

Os sólidos totais (ST) seguiram o aumento demonstrado, pois é a soma de gordura, proteína e lactose. O aumento foi de 12,41 para 12,58, um aumento de 1% ao longo dos anos analisados (GRÁFICO 6).

GRÁFICO 6 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.



FONTE: O autor (2022).

Apesar dos aumentos de gordura e proteína significarem em médias grandes aumentos, o valor não sofreu muita diferença principalmente devido a baixa variação existente em lactose. No próximo capítulo ao tratarmos das

produções médias e avanços na região é possível verificar o crescimento produtivo dos animais.

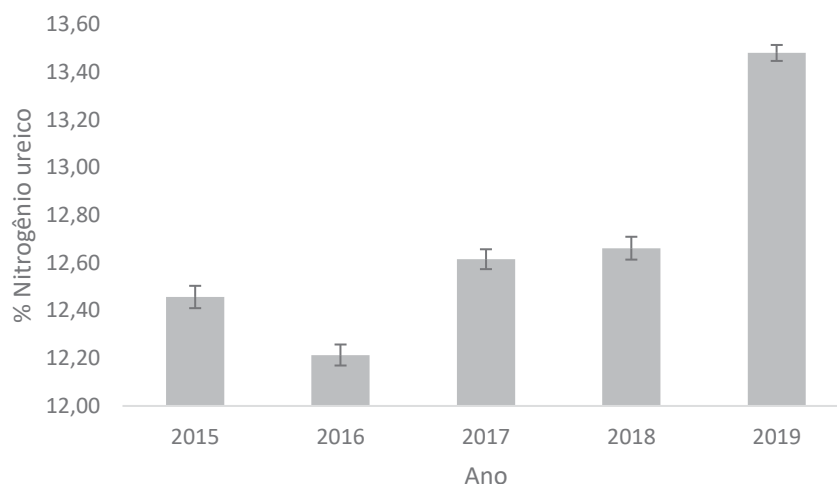
Tendo em vista a região e as informações obtidas, o rendimento em kg de leite dos rebanhos deve ter sido superior e por consequência os kg de sólidos totais devem ter adicionalmente crescido ao longo dos anos. Pode ser que a pequena variação apresentada tenha relação ainda com a diluição do leite por consequência do aumento de produção líquida que ainda sim é significativa no pagamento do produtor.

Devido ao baixo número de informações apresentadas em 2013 e 2014, ao iniciarmos o modelo de predição, descartamos os dados referentes a esses dois anos da avaliação, principalmente por apresentar mais de um mês sem informações que impactariam no modelo geral.

O aumento médio nos tanques de leite, tendo diversos efeitos que afetam individualmente os rebanhos e adicionando todos esses rebanhos nesta análise o valor médio aumentando pode ter origem em na melhoria da condição ruminal sendo uma hipótese a busca por melhorar a dieta para melhores rendimentos de composição do leite.

Diretamente, o excesso de amônia ruminal em relação à energia disponível para o crescimento microbiano no rúmen, alta quantidade de proteína disponível no rúmen (degradável/solúvel) em relação à quantidade de carboidratos disponíveis resulta em altos níveis de nitrogênio ureico no leite (NUL). Neste contexto de mudança de pagamento da cooperativa para melhor quantidade de sólidos podem ter trazido maiores investimentos nutricionais que respondem diretamente a um aumento da nutrição microbiana e que retorna diretamente em melhoria de sólidos e aumento do NUL do leite.

GRÁFICO 7- MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO UREICO OBSERVADAS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS.



FONTE: O autor (2022).

Devido à falta de informações neste banco de dados, principalmente relacionadas ao volume do tanque, que possui maior relação com as condições de produção, avaliação de diluição dessas características, efeitos de concentração e tamanho dos produtores, não foi possível realizar essa análise neste item de forma mais aprofundada.

Ao realizar a análise dentro dos meses, antes dos dados preparados para a segunda etapa de análise estatística, encontramos diferença ( $P < 0,05$ ) entre a maioria dos meses.

Demonstrando a possibilidade antes da aplicação da estatística trigonométrica a existência de variação anual. Janeiro foi o ano encontrado com menor produção de concentração de gordura e proteína, enquanto maio e junho, os meses com maiores concentrações. Os dados foram em janeiro 3,65 maio e junho 3,88.

Encontramos diferenças significativas nos dados de tanques apresentados para NUL com mais significância em meses comparando com os anos. Demonstrando que a análise desses dados para avaliações de variação e a aplicação de metodologias estatísticas mais robustas podem trazer resultados de produção e sua relação com a sazonalidade. Plotamos os gráficos de dispersão com limites de confiança de 95% em cada item, relacionando a média por ano.

### 3.3.2. Aplicação da regressão trigonométrica.

Os resultados das avaliações de correção pelo método apresentado por Salfer et al. (2020) estão apresentados comparativamente nos quadros apresentados no anexo 2 deste capítulo. A acrofase, ou tempo até o pico, de concentração de gordura variou de 21 de maio até 8 de junho, sendo a variação de 18 dias. A média ficou no dia 148,21, que seria 30 de maio. O dia 30 de maio está 22 dias ou próximo a três semanas da mudança efetiva de estação que é o inverno. Este é o ponto de inflexão da curva ou o ponto de maior % de gordura em tanques de leite.

TABELA 6 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA EM TANQUES DE LEITE.

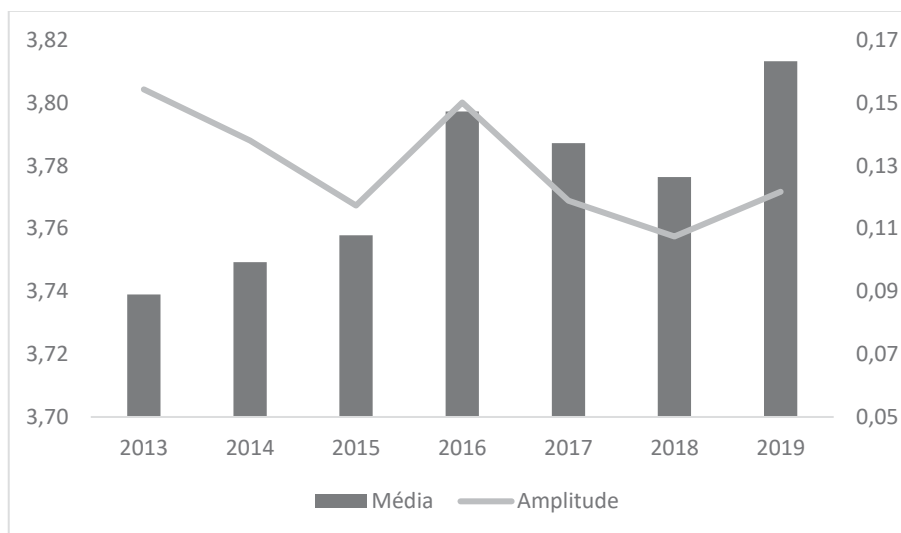
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	3,74 <sub>f</sub>	3,75 <sub>f</sub>	3,76 <sub>e</sub>	3,80 <sub>b</sub>	3,79 <sub>c</sub>	3,78 <sub>d</sub>	3,81 <sub>a</sub>	3,78
Máximo	3,89	3,89	3,88	3,95	3,91	3,88	3,94	3,89
Mínimo	3,56	3,61	3,64	3,65	3,67	3,67	3,69	3,66
Amplitude	0,15	0,14	0,12	0,15	0,12	0,11	0,12	0,12
Acrofase	4,74	5,14	4,72	5,24	4,77	4,76	4,62	4,87
Dia	144,08	156,23	143,47	159,47	145,16	144,66	140,42	148,21
Data	25-mai	6-jun	24-mai	8-jun	26-mai	25-mai	21-mai	30-mai
F calculado	9,00	12,13	57,54	42,19	16,35	16,07	10,76	29,29

FONTE: O autor (2022)

Encontramos um crescimento de 3,74 para 3,81 ao longo dos anos, corroborando com o melhoramento genético aplicado, mas principalmente com a mudança de pagamento realizada pela cooperativa da região. Além deste ponto, os valores mínimos foram subindo e diminuindo relativamente a amplitude ao longo dos anos. Importante que encontramos diferença estatística em todos os anos, principalmente quando analisando o crescimento médio das concentrações, houve uma manutenção da amplitude.

No GRÁFICO 8 é possível visualizar o aumento relativo das médias das concentrações de gordura no leite que tem como referência o aumento da genética dos rebanhos e mudança na forma de pagamento tendo benefícios para qualidade e aumento de sólidos. A tendência observada é para a diminuição da amplitude ao longo do ano e um ajuste dos rebanhos buscando uma melhor rentabilidade estável com a redução da variação sazonal principalmente por variações bruscas na dieta e no ambiente dos animais.

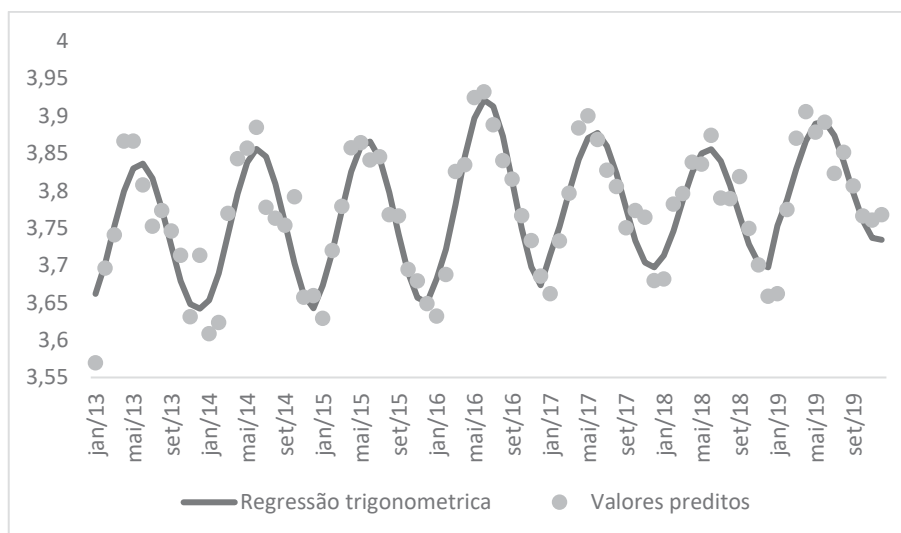
GRÁFICO 8 - AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE GORDURA AO LONGOS DOS ANOS.



FONTE: O autor (2022)

Ao longo dos anos, a variação de gordura do leite teve mantido um ritmo sazonal que foi possível quantificar através da função trigonométrica. Através do GRÁFICO 9 verificamos a curva de regressão trigonométrica e os pontos preditos pelo modelo estatístico da EQUAÇÃO 1.

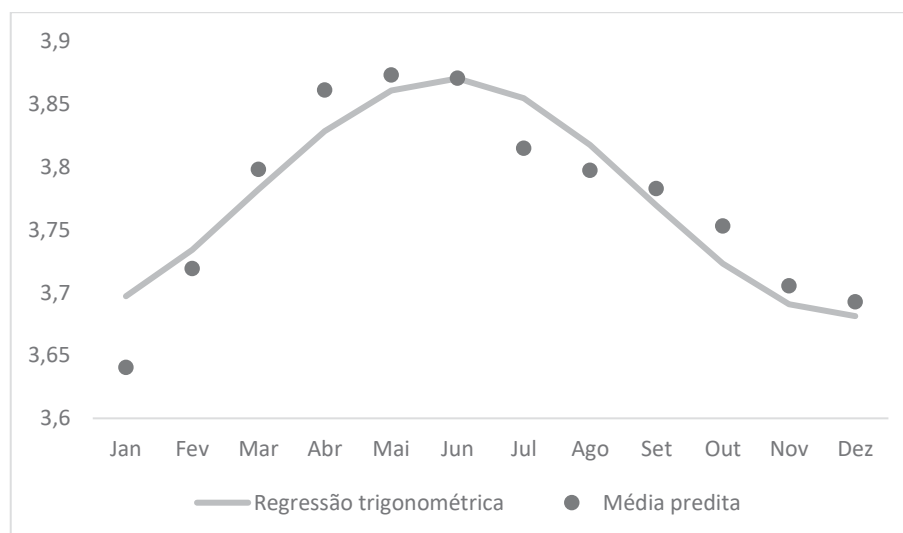
GRÁFICO 9 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 À 2019.



FONTE: O autor (2022)

No GRÁFICO 13 verificamos a curva média de predição, com o pico estimado para o dia 31 de maio, conforme descrito acima. Os dados corroboram com os descritos para o hemisfério norte por Salfer et al. (2020).

GRÁFICO 10 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO TANQUE AO LONGO DO ANO.



FONTE: O autor (2022)

A acrofase, ou tempo até o pico, de concentração de proteína variou de 12 de maio até 19 de junho, sendo a variação de 38 dias (Tabela 7). A média ficou no dia 148, que seria 29 de maio, sendo a mesma média encontrada na concentração de gordura. Porém, encontrada uma maior dispersão.

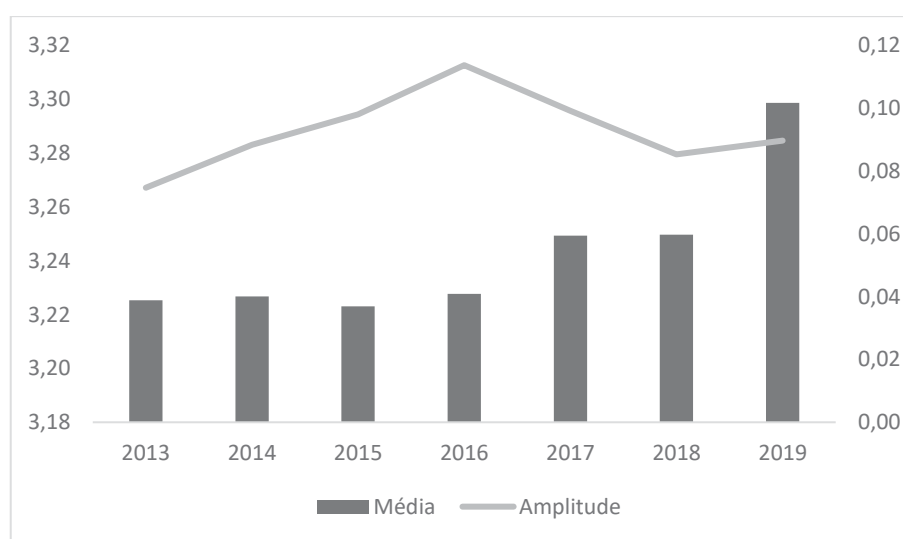
Tabela 7 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA EM TANQUES DE LEITE.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	3,23 <sub>g</sub>	3,23 <sub>f</sub>	3,22 <sub>e</sub>	3,23 <sub>d</sub>	3,25 <sub>c</sub>	3,25 <sub>b</sub>	3,30 <sub>a</sub>	3,24
Máximo	3,30	3,32	3,32	3,34	3,35	3,34	3,39	3,32
Mínimo	3,15	3,14	3,13	3,11	3,15	3,16	3,21	3,17
Amplitude	0,07	0,09	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08
Acrofase	4,71	4,98	4,63	5,60	5,15	4,32	4,46	4,89
Dia	143,38	151,51	140,93	170,20	156,50	131,47	135,59	148,73
Data	24-Mai	1-Jun	21-Mai	19-Jun	6-Jun	12-Mai	16-Mai	29-Mai
F calculado	15,15	19,08	83,38	88,30	27,05	19,30	27,24	67,47

FONTE: O autor (2022)

O dia 28 de maio está 24 dias ou próximo a três semanas da mudança efetiva de estação que é o inverno. Encontramos um crescimento de 3,23 para 3,30 ao longo dos anos, corroborando com o melhoramento genético aplicado, mas principalmente com a mudança de pagamento realizada pela cooperativa da região (GRÁFICO 11). Foi identificado que os pontos mínimos tiveram uma influência grande na movimentação da curva, principalmente tendo o seu menor valor em 2016.

GRÁFICO 11 - AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE PROTEÍNA AO LONGO DOS ANOS.

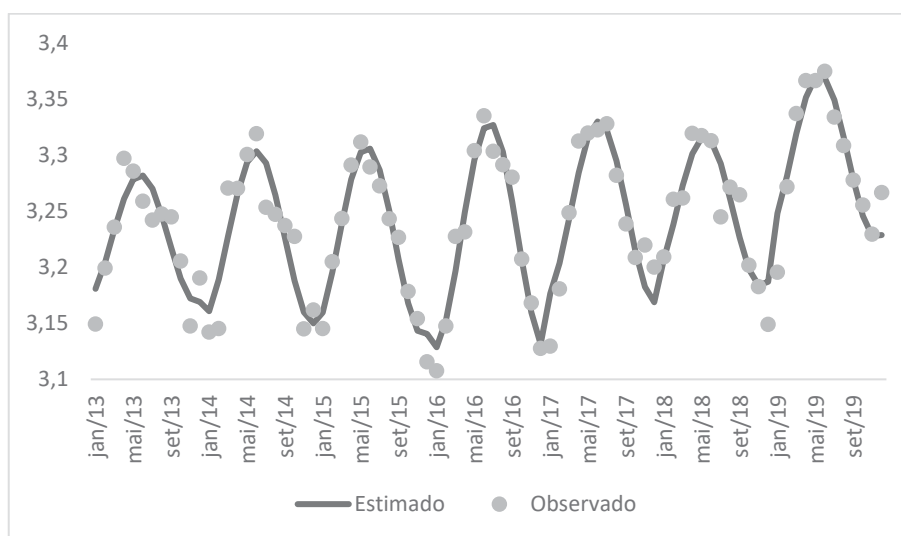


FONTE: O autor (2022)

É provável que as amplitudes tenham variado dentro das mudanças de rebanho, influenciados pelo mercado e pelas condições que impactam diretamente a proteína no leite, porém, apesar dessas variações destacadas, todos os anos encontraram diferença estatística e similaridade com o pico de proteína (GRÁFICO 12).

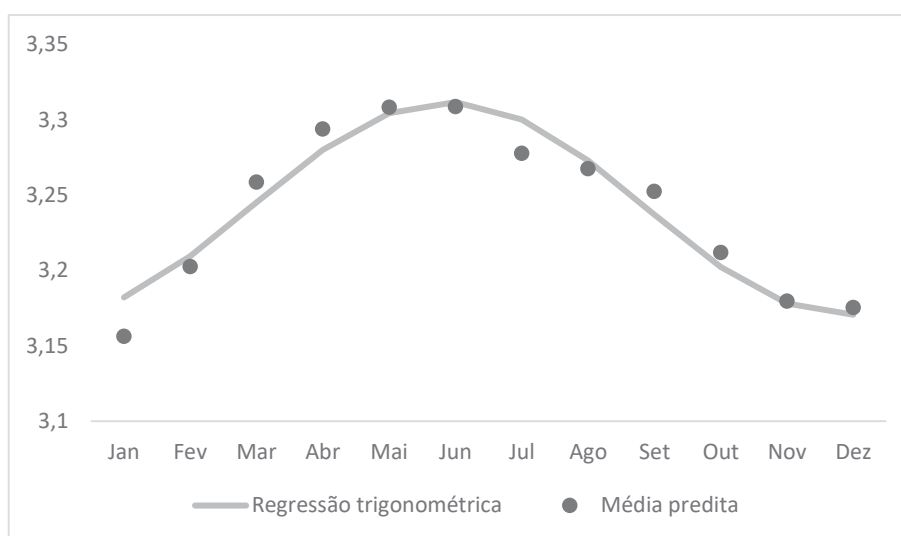
Encontramos diferença estatística entre todos os anos ao nível de  $P < 0,05$  e dentro dos anos nos meses. Dessa forma, o GRÁFICO 13 apresenta a curva estimada e esperada para proteína ao longo do ano, com pico estimado para 29 de maio, próximo ao pico de gordura.

GRÁFICO 12 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019



FONTE: O autor (2022)

GRÁFICO 13- CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO TANQUE AO LONGO DO ANO



FONTE: O autor (2022)

A acrofase, ou tempo até o pico, de concentração de sólidos totais no leite variou de 04 de junho até 29 de junho, sendo a variação de 25 dias. A média ficou no dia 168, que seria 18 de junho, três dias antes da mudança de estação para o inverno (TABELA 8). As diferenças da menor média em 2013 para a maior média em 2019 acompanham a variação média encontrada pelos dois primeiros componentes, acompanhando as variações dos dois componentes já citados, principalmente por ser um indicador somatório dos demais.

TABELA 8 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS (ST) EM TANQUES DE LEITE.

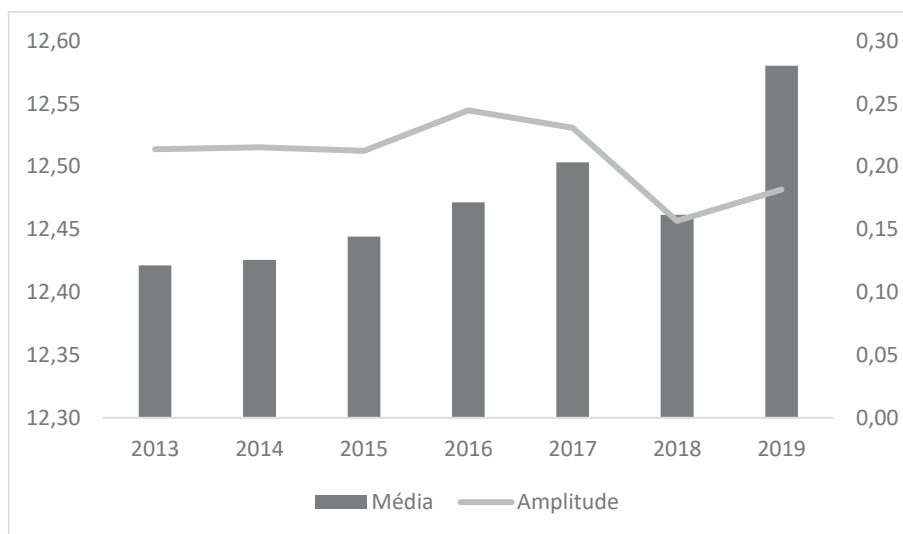
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	12,42 <sub>g</sub>	12,43 <sub>f</sub>	12,44 <sub>e</sub>	12,47 <sub>c</sub>	12,50 <sub>b</sub>	12,46 <sub>d</sub>	12,58 <sub>a</sub>	12,47
Máximo	12,64	12,64	12,66	12,72	12,73	12,62	12,76	12,67
Mínimo	12,14	12,21	12,23	12,23	12,27	12,30	12,40	12,28
Amplitude	0,21	0,22	0,21	0,24	0,23	0,16	0,18	0,19
Acrofase	5,68	5,88	5,14	5,94	5,67	5,10	5,47	5,58
Dia	172,89	178,76	156,36	180,65	172,39	154,98	166,52	169,82
Data	22-jun	28-jun	6-jun	29-jun	22-jun	4-jun	16-jun	17-jun
F calculado	7,04	9,68	49,53	95,78	19,90	11,74	14,27	37,87

FONTE: O autor (2022)

As médias e amplitudes ao longo dos anos tiveram a mesma tendência de gordura e proteína, com redução nas amplitudes e aumento na média. Corrobora com a mudança de políticas e com a melhoria genética da raça holandesa na região (GRÁFICO 14).

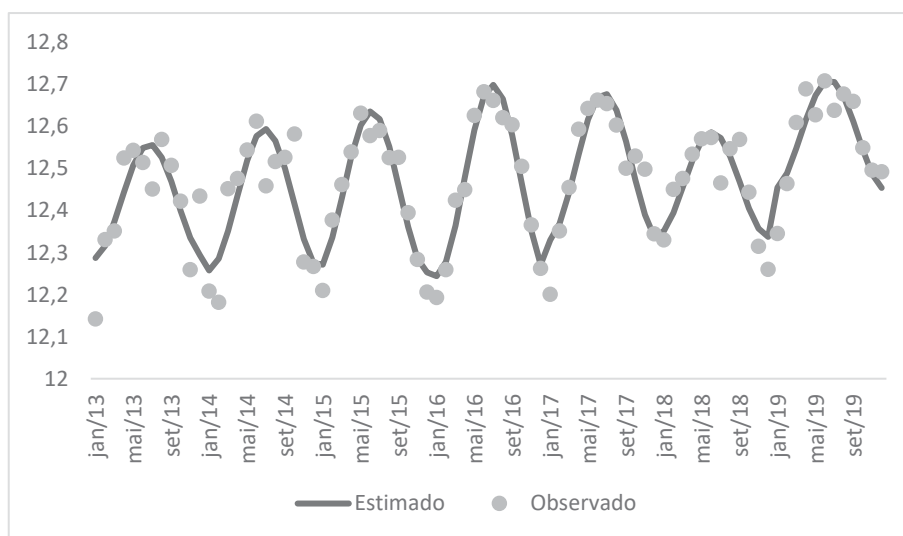
Com relação ao movimento da curva ao longo dos anos, foi possível verificar que existiram momentos de menor alinhamento entre o observado e o estimado (GRÁFICO 15). Esses pontos devem ter relação a picos de um dos componentes em meses separadamente que afetam a curva final para sólidos totais. Devido a esse fator, possivelmente a descrição de curvas sem a somatória ou influência de mais de um aspecto trazem mais segurança e robustez para análise.

GRÁFICO 14- AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE SÓLIDOS TOTAIS AO LONGO DOS ANOS



FONTE: O autor (2022)

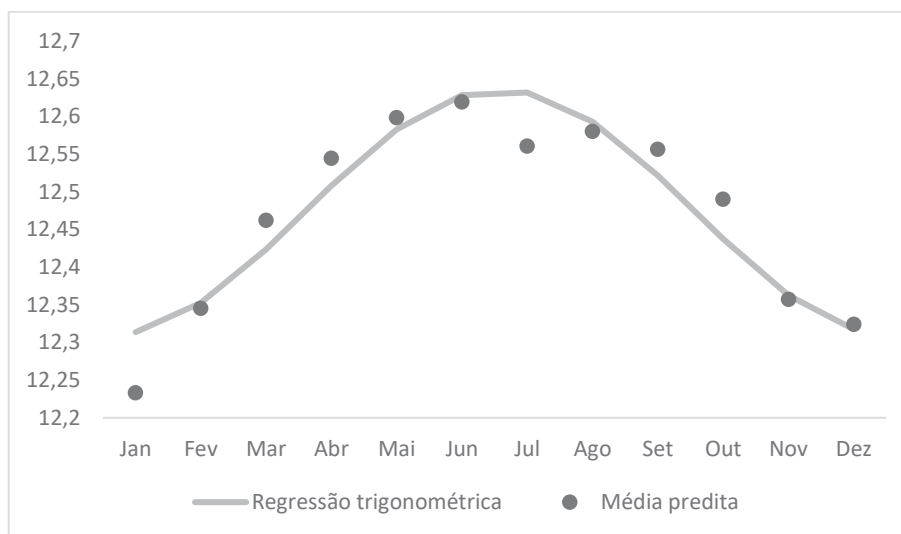
GRÁFICO 15 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 À 2019



FONTE: O autor (2022)

A curva estimada para o ano, derivada da equação para sólidos totais do leite em tanques ficou conforme o GRÁFICO 16. O pico definido ficou entre 4 e 22 de junho, tendo como média o dia 17 de junho. Esperava-se que o pico dos componentes tivesse uma relação maior com o nadir de temperatura máxima, porém já relatado no hemisfério norte, as curvas não possuem uma correlação alta nesse sentido.

GRÁFICO 16 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS (ST). DO TANQUE AO LONGO DO ANO



FONTE: O autor (2022)

A acrofase, ou tempo até o pico, de concentração de lactose no leite variou de 02 de setembro até 27 de setembro, sendo a variação de 25 dias (TABELA 9). A média ficou no dia 260, que seria 18 de setembro, três dias antes da mudança de estação para a primavera. As diferenças da menor média em 2013 para a maior média em 2019 acompanham a variação média encontrada já nos primeiros componentes, sendo este com alguma influência correlacionada para o aumento de produção de ST (GRÁFICO 17).

TABELA 9 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE EM TANQUES DE LEITE.

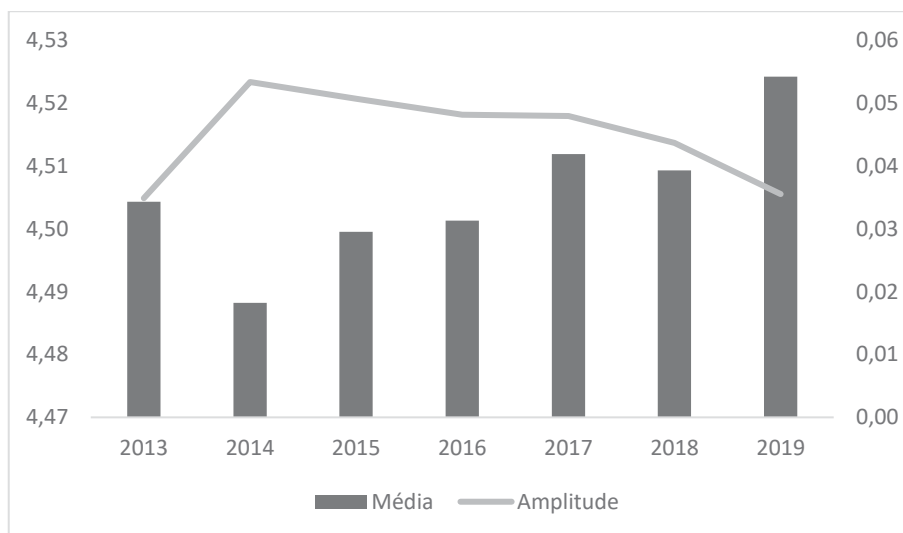
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	média
Média	4,50 <sub>d</sub>	4,49 <sub>e</sub>	4,50 <sub>c</sub>	4,50 <sub>c</sub>	4,51 <sub>b</sub>	4,51 <sub>c</sub>	4,52 <sub>a</sub>	4,51
Máximo	4,54	4,54	4,55	4,55	4,56	4,55	4,56	4,55
Mínimo	4,46	4,43	4,45	4,45	4,46	4,47	4,49	4,46
Amplitude	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Acrofase	8,63	8,86	8,39	8,06	8,67	8,61	8,75	8,56
Dia	262,57	269,54	255,11	245,17	263,61	261,75	266,15	260,35
data	20-set	27-set	13-set	2-set	21-set	19-set	24-set	18-set
F calculado	16,59	43,92	25,26	31,37	40,82	35,7	33,22	143,51

FONTE: O autor (2022)

Apesar desse pequeno aumento, as médias não apresentaram diferenças significativa entre os anos e mantiveram-se de igual forma com um ciclo anual

circadiano bem definido, devidamente relatada a influência do aumento de produção de leite diário com o aumento na proporção de lactose.

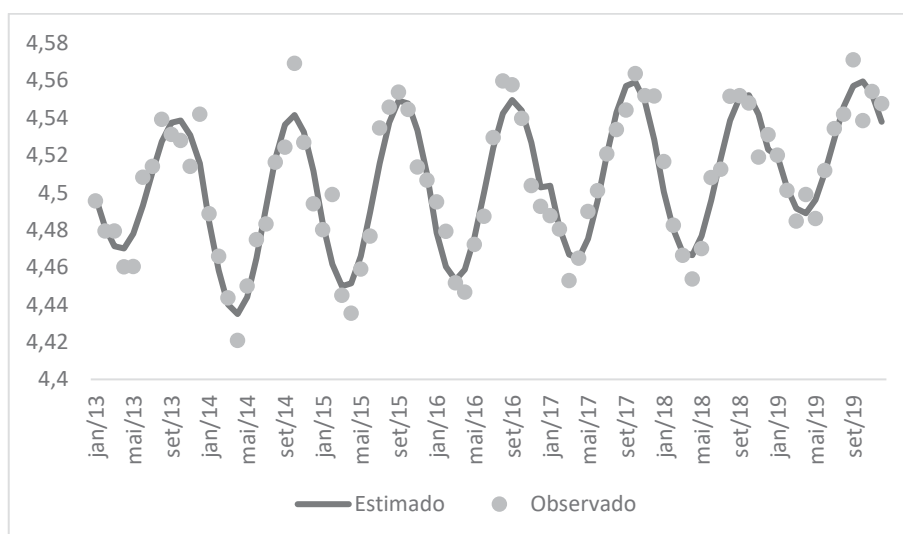
GRÁFICO 17- AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE LACTOSE AO LONGO DOS ANOS



FONTE: O autor (2022)

Verificamos que o pico e nadir diferente dos demais sólidos, com o pico ocorrendo em setembro (GRÁFICO 18) em similar forma ao que ocorre nas produções em nível de rebanho.

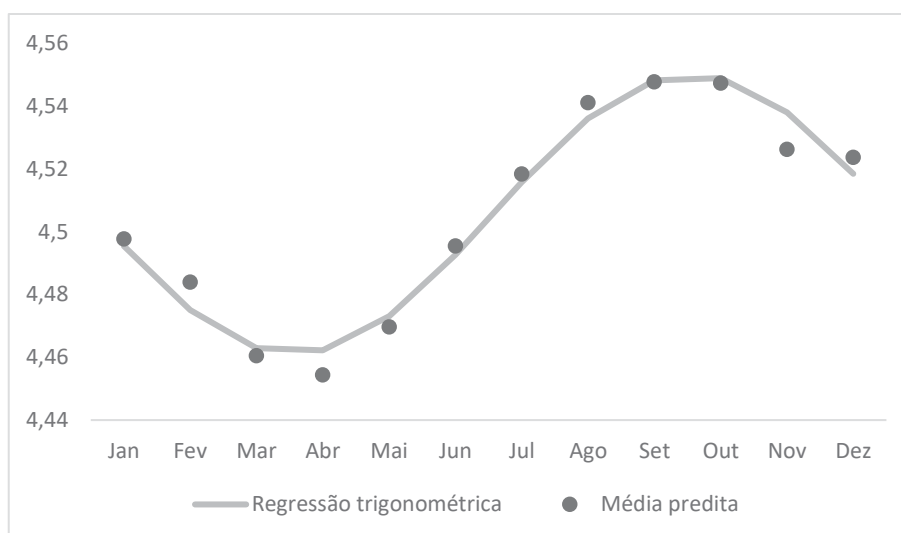
GRÁFICO 18 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE EM TANQUES DE LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 À 2019



FONTE: O autor (2022)

Como não temos a produção de leite total dos rebanhos neste banco de dados, principalmente em decorrência de questões de legislação e dados com inconsistência, a variação de lactose é um indicador com alta correlação da produção de leite dos animais. O pico de produção de leite, conforme a concentração de lactose ocorre no mês de setembro e apresenta a forma do GRÁFICO 19.

GRÁFICO 19- CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE DO TANQUE AO LONGO DO ANO



FONTE: O autor (2022)

Para os valores de nitrogênio ureico do leite (NUL) foram descartados os valores anteriores a 2015, por não terem todos os meses analisados. A acrofase, ou tempo até o pico, de concentração de NUL variou de 19 de setembro até 13 de novembro, uma variação de 55 dias (TABELA 10).

TABELA 10 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA PARA CONCENTRAÇÃO DE NITROGENIO UREICO EM TANQUES DE LEITE.

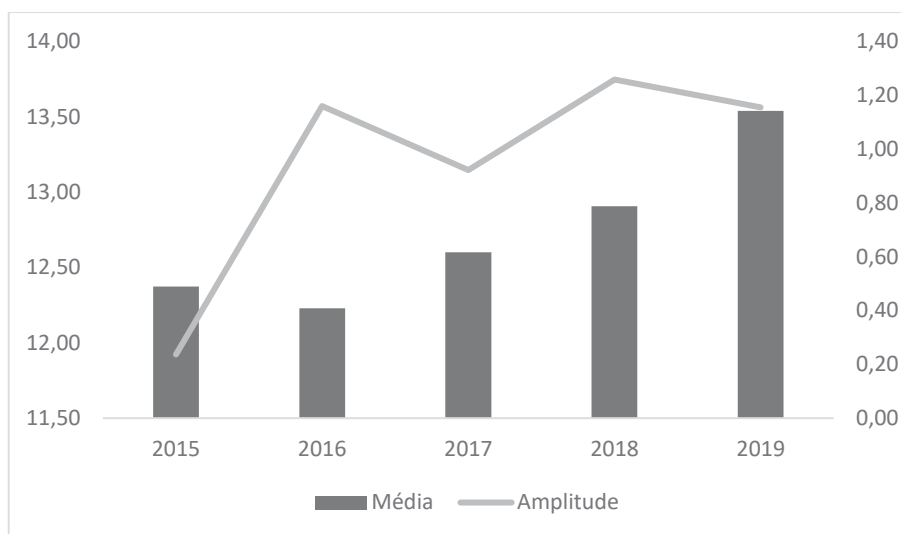
	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	12,37	12,23	12,60	12,91	13,54	12,73
Máximo	12,61	13,39	13,52	14,17	14,69	14,05
Mínimo	12,14	11,07	11,68	11,65	12,38	11,41
Amplitude	0,24	1,16	0,92	1,26	1,15	1,32
Acrofase	10,40	8,93	10,23	10,00	8,58	9,46
Dia	316,21	271,55	311,08	304,15	261,06	287,64
Data	13-nov	28-set	8-nov	1-nov	19-set	15-out
F calculado	0,21	5,23	3,75	15,32	11,95	12,98

FONTE: O autor (2022)

A média ficou no dia 287, que seria 15 de outubro, 67 dias antes da mudança de estação para o verão. Encontramos uma diferença da menor média de 12,23 mg/dL em 2016 para a maior média de 13,54 mg/dL em 2019. Essa diferença encontrada nas médias somada a amplitude crescente trouxe divergências para a análise desse componente (GRÁFICO 20).

Um aumento das médias com um aumento da amplitude ao longo dos anos demonstra que o NUL não tem uma relação específica com políticas de preço e que uma análise simplista do ponto de vista sazonal pode explicar pouco as características que impactam esse componente. Porém, é possível que exista uma influência da sazonalidade neste componente que depende de maiores informações para definição dos picos e nadir desse efeito.

GRÁFICO 20 - AMPLITUDE E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUL AO LONGO DOS ANOS.

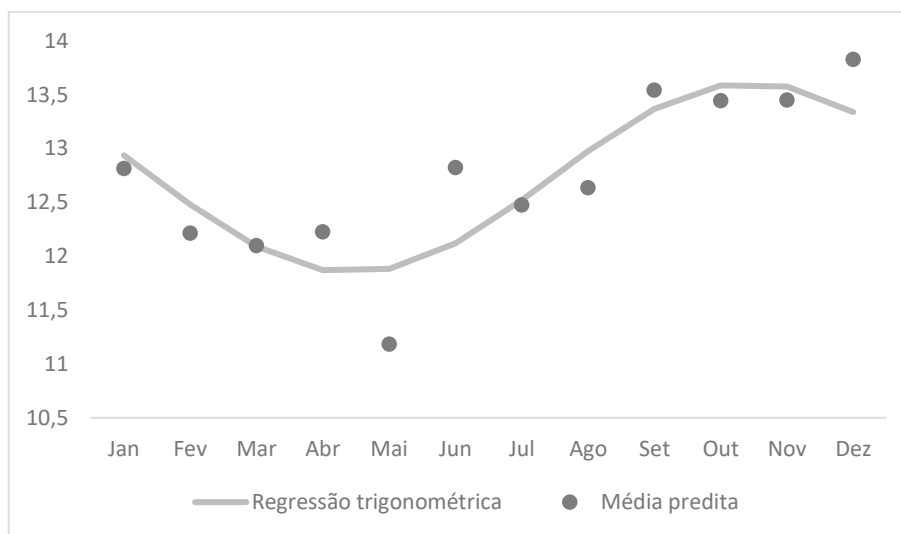


FONTE: O autor (2022)

Não encontramos diferença estatística entre os anos de 2015 e 2017, dois anos em que as datas de acrofase eram próximas. Verificando os demais anos, encontramos picos próximos e mais precoces (em setembro) em 2016 e 2019, porém nos demais anos (2015, 2017 e 2018) foram observados picos mais tardios em novembro (GRÁFICO 21).



GRÁFICO 22 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE NUL DO TANQUE AO LONGO DO ANO



FONTE: O autor (2022)

### 3.4. DISCUSSÃO

Os dados confirmaram a presença de ritmos de 12 meses nas concentrações de gordura e proteína, de forma similar aos encontrados por Salfer et al. (2020). A consistência desses ritmos entre anos e rebanhos sugere que os padrões anuais de produção vistos nas fazendas leiteiras podem ser resultado de um ritmo biológico, e não tão somente o resultado de fatores ambientais.

Devido as relações observadas e apontadas neste estudo, o estresse térmico é o fator ambiental mais notável correlacionado com os declínios sazonais da produção, e começa a ocorrer em bovinos leiteiros europeus quando a temperatura ultrapassa 21°C ou o índice temperatura-umidade (THI) é superior a 68 (Bohmanova et al., 2007).

As vacas nos Estados Unidos são mais propensas a experimentar estresse calórico e os efeitos atribuídos a mudança climática do verão durante julho e agosto, enquanto no Brasil esse efeito ocorre entre janeiro e fevereiro, exatamente 6 meses de diferença entre as observações. Se a queda da produção no verão fosse estritamente devido aos efeitos agudos do estresse térmico, espera-se que a produção anual permanecesse relativamente estável, com um declínio acentuado no verão, seguido pela recuperação no outono quando o estresse é diminuto. No entanto, os resultados deste estudo sugerem

a mesma relação de redução consistente e previsível do pico de produção para o nadir encontrada nos Estados Unidos.

Por exemplo, as concentrações de gordura e proteína, que atingem o pico em junho, começam a diminuir em julho e agosto, muito mais cedo do que seria esperado se o efeito fosse simplesmente uma consequência do estresse térmico. Além disso, a produção de leite atingiu um mínimo em outono, entre março e abril, em vez de meados do verão, quando o estresse térmico é maior. As relações aqui encontradas muito se assemelham as observadas por Salfer et al. (2020) nos Estados Unidos, mas obviamente com 6 meses de diferença.

O ritmo é muito consistente, similar ao encontrado no hemisfério Norte. Da mesma forma, encontrando ritmos entre os anos, espera-se que o estresse térmico tenha diferença de intensidade entre os anos que possam impactar os resultados. A influência da temperatura será tratada no próximo capítulo. Com o aumento e melhoria da tecnologia, espera-se um avanço em estrutura dos produtores, o que poderia significar uma redução no estresse calórico por investimentos nas fazendas, particularmente nas mais intensivas e de maior produtividade. Neste caso, a consistência nos últimos anos, demonstra que mesmo com investimentos em estruturas ligadas a manutenção de conforto animal, as variações sazonais ocorrem, tendo a ficar maiores ou menores de acordo com o componente.

Os ritmos anuais de concentrações de gordura e proteína atingiram consistentemente o pico no final de outono, próximos ao inverno. Esses resultados são similares, mas não idênticos aos achados por Bailem et al. (2005) e Salfer et al. (2019), que mostraram que as concentrações máximas de gordura e proteína ocorre durante dezembro e janeiro nos Estados Unidos, início do inverno, sendo o oposto ao observado no hemisfério Sul.

Pesquisas em bovinos em pastagens têm sugerido que a ocorrência de depressão da gordura do leite é maior em maio, porém isso pode ser influenciado por mudanças na fermentabilidade das forrageiras ao longo do ano (Carty et al., 2017). Dunshea et al. (2008) observaram que as concentrações de leite de isômeros C18:1 trans-10, associados à depressão da gordura do leite induzida pela biohidrogenação, foram as maiores em agosto e setembro no hemisfério Norte, o que é consistente com o encontrado por Salfer (2019) e por nós nesse

trabalho, porém no trabalho brasileiro no período inverso, ocorrendo no período de verão, entre fevereiro e março.

A mudança anual no fotoperíodo com dias mais longos no início do verão e dias mais curtos no início do inverno é um forte indicativo para o acionamento e manutenção dos ritmos anuais, relacionados a maior variação no ciclo claro-escuro ao longo do ano (Hut et al., 2013). Na referência ao tamanho da amplitude, ligando-se aos dias mais longos, os achados de Salfer (2019) demonstraram a relação com a latitude, pois essa está ligada diretamente a mudanças do ciclo claro-escuro ao longo do ano, dado o solstício. Como exemplo, Las Vegas tem uma latitude mais baixa (Las Vegas, NV: 36,2° N) em relação a Madison (Madison, WI: 43,7° N).

No Estado do Arizona, uma grande proporção de vacas está alojada em lotes em *loose-stall* com acesso à iluminação natural, enquanto nos estados do norte as vacas são mais propensas a serem alojadas em *free-stall* em instalações 100% fechadas principalmente no inverno, sob a influência da iluminação artificial. Neste caso, a amplitude das concentrações de gordura em Arizona estaria em 0,09, enquanto nos estados centrais alcançou 0,14 de amplitude e o mais ao norte, como Wisconsin, alcançaram uma amplitude de 0,11, em relação à média ao pico.

Em nossos dados, com uma latitude menor que Arizona (Castro, PR: 24,5° N), encontramos uma amplitude média de 0,12, relativamente maior que o encontrado em regiões norte-americanas de latitude similar como a Flórida (amplitude de 0,07). No Brasil, devido a grande variação de sistemas de produção, a amplitude pode ser ainda maior devido a influência da temperatura ambiental. Esperávamos variações próximas a Flórida e Arizona, porém encontramos uma amplitude maior justamente devido à essa provável condição de sistema e influência do clima.

Os resultados encontrados para gordura do leite na acrofase na Flórida foi 4 de dezembro e no Arizona 29 de dezembro (Salfer et al., 2019). Para proteína não foram relatados para esses estados, mas os resultados de Salfer (2019) para os outros estados (acrofase 31 de dezembro), estão condizentes com os nossos achados, sendo esses inversamente relacionados pois estamos no hemisfério Sul.

Auld et al. (1998) demonstraram que na Nova Zelândia, as concentrações de gordura e proteína do leite são maiores durante o inverno (junho-agosto), enquanto a produção de leite atinge picos na primavera e início de verão (setembro-dezembro). Conforme relatado por Salfer et al. (2019), os resultados dos dados no hemisfério Sul são difíceis de interpretar, porque os sistemas de pastagem são mais comuns, e os efeitos do ritmo anual podem ser confundidos por diferenças na composição nutricional das pastagens.

Nos dados de Salfer et al. (2019), gerados a partir da análise de rebanhos, as concentrações de gordura e proteína atingiram o pico entre dezembro e fevereiro, as produções de gordura e proteína atingiram acrofase entre fevereiro e abril e a produção de leite atingiu acrofase entre março e maio. Essa discussão específica estará no próximo capítulo dessa tese, porém ao analisar esses resultados, verificamos que as produções de leite máximas ocorrem próximo ao período que as mínimas concentrações de gordura e proteína estão em evidência no Paraná. Poderíamos então concluir que o efeito de diluição está atuando.

No entanto, essa associação perde força quando verificamos que as mínimas produções de leite no Paraná estão entre março e abril, dois meses antes da composição máxima dos componentes. Os resultados sugerem que fatores como mudanças na dieta ou ingestão de ração ao longo do ano podem mascarar um ritmo endógeno anual impulsionando mudanças anuais na produção de leite. Essa poderia ser uma das justificativas para que a variação da amplitude no Brasil seja maior em relação à encontrada nos Estados Unidos, em latitudes próximas.

Parece haver um paradoxo entre os efeitos de fotoperíodo e ritmos anuais de produção. Em condições naturais, a produção de leite aumenta durante o inverno, quando a duração do ciclo de luz é inferior a 12 h, enquanto pesquisas sobre fotoperíodo sugerem que a produção de leite é aumentada quando mais de 12 h de luz (idealmente 18 h) está presente. Em outras espécies de mamíferos, a exposição a longo prazo a um fotoperíodo constante causa reversão espontânea de uma resposta fisiológica sazonal ao estado esperado no fotoperíodo oposto (Lincoln et al., 2005).

O monitoramento mensal do NUL pode ser uma importante ferramenta no manejo de rebanhos leiteiros, porque o excesso no consumo de proteína (N)

pode comprometer a eficiência reprodutiva, suplementos proteicos tipicamente são ingredientes caros e excessos na excreção de N têm um impacto ambiental negativo. Os valores normais de nitrogênio ureico no leite (NUL) devem estar entre 10 e 14 mg/dL.

Contudo, para interpretar as concentrações de NUL corretamente, é importante considerar outros fatores que influenciaram os diferentes resultados apresentados na literatura. Além de fatores relacionados à dieta, a produção de leite (Meyer et al., 2006), a idade da vaca (Almeida et al., 2021), o estágio da lactação, o peso vivo (Jonker et al., 1998) e as concentrações de proteína e gordura do leite (Almeida et al., 2021) também podem alterar a concentração de NUL. Variações diurnas da concentração de NUL foram relatadas por alguns pesquisadores que relacionaram o tempo entre a alimentação e a coleta da amostra (Gustafsson & Palmquist, 1993). Variações sazonais também foram registradas por Carlsson et al. (1995), os quais notaram que a concentração de NUL no período em que as vacas estavam sob pastejo foi maior que no período de confinamento.

Um trabalho realizado no Paraná, analisando 16.569 controles leiteiros mensais de 2.145 vacas, verificou uma correlação moderada e positiva ( $r = 0,34$ ) entre NUL e produção de leite, similar a outros estudos, o que confirma que rebanhos de maior produtividade podem apresentar valores de NUL mais altos (Almeida et al., 2021). Nesse levantamento, os animais apresentaram produção média de leite de 32,4 kg/dia e percentuais de gordura e proteína de 3,40% e 3,13%, respectivamente. Os valores de NUL parecem ter uma relação com o aumento da produção de leite previsto para a primavera. Dados de dietas demonstram que as informações de sazonalidade e de mudança na constituição do perfil dietético podem influenciar o aumento de NUL nesse período. Todavia, a partir de dados que demonstram uma relação de maior produção com uma maior concentração de NUL, acreditamos que a influência da produção para impulsionar uma sazonalidade de NUL endógena pode ter uma base que deve ser estudada no futuro.

A variação da lactose depende de vários fatores (Fox et al., 2015). Nas últimas décadas, provavelmente devido à maior disponibilidade de dados de composição de leite por equipamentos de infravermelho, o percentual de lactose tem sido incluído em estudos e relatórios científicos, juntamente com

características tradicionais como rendimento do leite e percentuais de gordura e de proteína. Embora a lactose tenha sido considerado um componente pouco informativo há décadas devido à sua baixa variabilidade, alguns estudos têm relatado achados interessantes, particularmente sua relação negativa com a CCS (Costa et al., 2019). Apesar disso, o conhecimento científico sobre a fisiologia e variabilidade dos lactose ainda é escasso, pois ainda é forte o consenso de que esse composto é constante no leite e pouco afeta a qualidade do leite e suas propriedades tecnológicas. No entanto, alguns estudos demonstraram que existe uma certa variação informativa de lactose dentro e através das lactações em bovinos (Miglior et al., 2007).

No caso da lactose, mudanças dramáticas ou padrões específicos podem ser informativos em relação à saúde mamária da vaca e ao equilíbrio energético. O leite de vacas primíparas tem média de lactose maior do que o leite de vacas multíparas; Haile-Mariam & Pryce (2017) relataram uma redução gradual da lactose entre as paridades em vacas leiteiras. Costa et al. (2019) relataram que vacas alimentadas com uma dieta de alta energia tinham lactose de leite mais alta do que vacas alimentadas com uma dieta de baixa energia. Beerda et al. (2007) relataram que a lactose diminuiu significativamente em 15% no leite de vacas alimentadas com uma dieta de baixa densidade calórica, mas concluíram que uma dieta com foco no aumento da lactose não é economicamente justificada.

São necessários mais estudos para avaliação da sazonalidade da lactose, mas principalmente os seus efeitos principais para o mercado, pois como relatado, a variação é pequena apesar de existente e não tem relação direta com o preço recebido pelo produtor. Usar a concentração de lactose como uma possibilidade de previsão de produção em locais que essa informação não está disponível, tendo em vista a variação apresentada ao longo do ano, pode ser uma alternativa.

### **3.5. CONCLUSÕES**

Até onde sabemos este é primeiro relato que confirma que a sazonalidade na produção de sólidos observada no Hemisfério Norte também ocorre em rebanhos leiteiros do Hemisfério Sul.

As concentrações de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e NUL em tanques de leite foram testados a nível de tanque de leite e verificamos que existem aspectos sazonais e ritmo sazonal para gordura, proteína, lactose, sólidos totais e nitrogênio ureico.

Os ritmos estão presentes independente dos efeitos ambientais como o estresse térmico, corroborando com os achados no hemisfério Norte de um ritmo ou ciclo endógeno que os influenciam.

A metodologia utilizada respondeu de forma mais consistente para gordura e proteína e indicamos que os outros componentes tenham outras formas de análise que poderão responder melhor as condições sazonais. Ritmos de concentração de gordura e proteína atingem o pico antes do inverno, e atingem um nadir no início do verão, demonstrando o paradoxo das concentrações com a temperatura e nutrição.

Encontramos respostas similares ao hemisfério Norte para tanques de leite e recomendamos que os produtores e consultores considerem os ritmos anuais de produção ao tomar decisões de gestão.

Os ritmos observados nas concentrações dos componentes do leite nos tanques podem auxiliar o planejamento de produção de lácteos nos laticínios e a tomada de decisão de compra e venda de leite no mercado.

### 3.6. REFERÊNCIAS

Auld, M. J., & Walsh, B. J. (n.d.). and N. a Thomson. 1998. Seasonal and Lactational Influences on Bovine Milk Composition in New Zealand, 65, 401–411. <https://doi.org/10.1017/S0022029998002970>

Bailey, K. W., Jones, C. M., & Heinrichs, A. J. (2005). Economic returns to holstein and jersey herds under multiple component pricing. *J. Dairy Sci.*, 88, 2269–2280.

Barbosa, S. B. P., Monardes, H. G., Cue, R. I., Ribas, N. P., & Batista, Â. M. V. (2007). Avaliação da contagem de células somáticas na primeira lactação de vacas holandesas no dia do controle mensal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(1), 94–102. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100012>

Beerda, B., Ouweltjes, W., Šebek, L. B. J., Windig, J. J., & Veerkamp, R. F. (2007). Effects of genotype by environment interactions on milk yield, energy balance, and protein balance. *J. Dairy Sci.*, 90, 219–228.

- Bohmanova, J., Misztal, I., & Cole, J. B. (2007). Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.*, 90, 1947–1956.
- Bourdon, L., Buguet, A., Cucherat, M., & Radomski, M. W. (1995). Use of a spreadsheet program for circadian analysis of biological/physiological data. *Aviat. Space Environ. Med.*, 66, 787–791.
- Carlsson, J., Bergstrom, J., & Pehrson, B. (1995). Variations with breed, age, season, yield, stage of lactation and herd in the concentration of urea in bulk milk and individual cow's milk. *Acta Vet. Scand.*, 35, 67–77.
- Carty, C. I., Fahey, A. G., Sheehy, M. R., Taylor, S., Lean, I. J., McAloon, C. G., O'Grady, L., & Mulligan, F. J. (2017). The prevalence, temporal and spatial trends in bulk tank equivalent milk fat depression in Irish milk recorded herds. *Ir. Vet.*, 70, 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13620-017-0092->
- Costa, A., Bovenhuis, H., & Penasa, M. (2020). Changes in milk lactose content as indicators for longevity and udder health in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11574–11584. <https://doi.org/10.3168/JDS.2020-18615>
- Costa, A., Lopez-Villalobos, N., Sneddon, N. W., Shalloo, L., Franzoi, M., de Marchi, M., & Penasa, M. (2019). Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 5883–5898. <https://doi.org/10.3168/JDS.2018-15955>
- Costa, A., Lopez-Villalobos, N., Sneddon, N. W., Shalloo, L., Franzoi, M., Marchi, M. de, & Penasa, M. (2019). Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 102, 5883–5898.
- de Almeida, R., Doska, M. C., Horst, J. A., Valloto, A. A., Santos, G. T. dos, & de Lima, L. S. (2021). Associations of days open with milk urea nitrogen and other herd traits in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50, 1–9. <https://doi.org/10.37496/RBZ5020200081>
- Ferreira, F. C., Clay, J. S., & de Vries, A. (2020). Distribution of seasonality of calving patterns and milk production in dairy herds across the United States. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8161–8173. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18138>
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahoni, J. A. (2015). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer International Publishing, Basel, Switzerland.
- Gustafsson, A. H., & Palmquist, D. L. (n.d.). Diurnal Variation of Rumen Ammonia, Serum Urea, and Milk Urea in Dairy Cows at High and Low Yields 1. *Journal of Dairy Science*, 76, 475–484. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77368-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77368-3)

Haile-Mariam, M., & Pryce, J. E. (2017). Genetic parameters for lactose and its correlation with other milk production traits and fitness traits in pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3754–3766. <https://doi.org/10.3168/JDS.2016-11952>

Hut, R. A., Paolucci, S., Dor, R., Kyriacou, C. P., & Daan, S. (2013). Latitudinal clines: An evolutionary view on biological rhythms. *Proc. R.*

Jonker, J. S., Kohn, R. A., & Erdman, R. A. (1998). Using Milk Urea Nitrogen to Predict Nitrogen Excretion and Utilization Efficiency in Lactating Dairy Cows 1. *J Dairy Sci*, 81, 2681–2692.

Lincoln, G., Clarke, I., Hut, R., & Hazlerigg, D. (2006). Characterizing a mammalian circannual pacemaker. *Sci. Mag*, 314, 1941–1944. <https://doi.org/10.1126/science.1132009>

Lincoln, G., Johnston, J. D., Andersson, H., Wagner, G., & Hazlerigg, D. G. (2005). Photorefractoriness in mammals: Dissociating a seasonal timer from the circadian-based photoperiod response. *Endocrinology*, 146, 3782–3790.

Meyer, P. M., Machado, P. F., Coldebella, A., Cassoli, L. D., Coelho, K. O., & Rodrigues, P. H. M. (2006). Fatores não-nutricionais e concentração de nitrogênio uréico no leite de vacas da raça Holandesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3 SUPPL.), 1114–1121. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400024>

Miglior, F., Sewalem, A., Jamrozik, J., Bohmanova, J., Lefebvre, D. M., & Moore, R. K. (2007). Genetic analysis of milk urea nitrogen and lactose and their relationships with other production traits in Canadian Holstein cattle. *J. Dairy Sci.*, 90, 2468–2479.

Niu, M., Ying, Y., Bartell, P. A., & Harvatine, K. J. (2014). The effects of feeding time on milk production, total-tract digestibility, and daily rhythms of feeding behavior and plasma metabolites and hormones in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7764–7776. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8261>

Portnoy, M., & Barbano, D. M. (2021). Lactose: Use, measurement, and expression of results. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 8314–8325. <https://doi.org/10.3168/JDS.2020-18706>

Salfer, I. J., Bartell, P. A., Dechow, C. D., & Harvatine, K. J. (2020). Annual rhythms of milk synthesis in dairy herds in 4 regions of the United States and their relationships to environmental indicators. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3696–3707. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17362>

Salfer, I. J., Dechow, C. D., & Harvatine, K. J. (2019). Annual rhythms of milk and milk fat and protein production in dairy cattle in the United States. *J. Dairy Sci*, 102, 742–753. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15040>

Salfer, I. J. J., Bartell, P. A. A., Dechow, C. D. D., Harvatine, K. J., & Harvatine, K. J. (2020). Annual rhythms of milk synthesis in dairy herds in 4 regions of the United States and their relationships to environmental indicators. 103(4), 3696–3707. <https://doi.org/10.3168/JDS.2019-17362>

Schwartz, C., & Andrews, M. T. (2013). Circannual transitions in gene expression: Lessons from seasonal adaptations. *Curr. Top*, 105(247), 9. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396968->

Smith, D. L., Smith, T., Rude, B. J., & Ward, S. H. (2013). Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci*, 96, 3028–3033. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5737>

Went, F. (2006). *Chronobiometry: Analyzing for Rhythms*. 1st ed. In W. L. Koukkari & R. B. Sothorn (Eds.), ed. Springer Netherlands.







## ANEXO 2 - Dados por ano comparativo observado e corrigido.

		Médias observadas e preditas para concentração de Gordura (%G)						
Média		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	Observada	3,5700	3,6189	3,6321	3,6341	3,6629	3,6843	3,6625
	Predita	3,5786	3,6307	3,6320	3,6345	3,6628	3,6842	3,6620
Fevereiro	Observada	3,6991	3,6289	3,7223	3,6887	3,7351	3,7810	3,7755
	Predita	3,7001	3,6365	3,7226	3,6881	3,7348	3,7797	3,7746
Março	Observada	3,7436	3,7726	3,7806	3,8252	3,7993	3,7963	3,8706
	Predita	3,7442	3,7737	3,7804	3,8244	3,7991	3,7960	3,8702
Abril	Observada	3,8679	3,8389	3,8590	3,8353	3,8852	3,8365	3,9062
	Predita	3,8686	3,8411	3,8590	3,8345	3,8850	3,8359	3,9057
Maio	Observada	3,8596	3,8556	3,8630	3,9227	3,9014	3,8338	3,8798
	Predita	3,8608	3,8544	3,8629	3,9222	3,9014	3,8330	3,8796
Junho	Observada	3,8115	3,8808	3,8434	3,9307	3,8673	3,8698	3,8915
	Predita	3,8132	3,8820	3,8427	3,9304	3,8673	3,8693	3,8917
Julho	Observada	3,7540	3,7775	3,8471	3,8875	3,8268	3,7895	3,8235
	Predita	3,7557	3,7770	3,8469	3,8872	3,8268	3,7895	3,8236
Agosto	Observada	3,7673	3,7657	3,7692	3,8371	3,8034	3,7922	3,8525
	Predita	3,7755	3,7658	3,7688	3,8369	3,8033	3,7916	3,8412
Setembro	Observada	3,7513	3,7536	3,7664	3,8163	3,7498	3,8184	3,8091
	Predita	3,7521	3,7568	3,7651	3,8157	3,7499	3,8181	3,8233
Outubro	Observada	3,7174	3,7920	3,6972	3,7686	3,7733	3,7526	3,7685
	Predita	3,7184	3,7884	3,6964	3,7686	3,7730	3,7525	3,7754
Novembro	Observada	3,6352	3,6612	3,6807	3,7350	3,7650	3,7039	3,7603
	Predita	3,6351	3,6608	3,6804	3,7347	3,7647	3,7041	3,7598
Dezembro	Observada	3,7211	3,6634	3,6511	3,6873	3,6823	3,6603	3,7679
	Predita	3,7347	3,6663	3,6505	3,6868	3,6819	3,6603	3,7699

FONTE: O autor (2022)

		Médias observadas e preditas para concentração de Proteína (%P)						
Média		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	Observada	3,1550	3,1436	3,1481	3,1127	3,1341	3,2087	3,1948
	Predita	3,1555	3,1411	3,1481	3,1127	3,1339	3,2088	3,1950
Fevereiro	Observada	3,2005	3,1474	3,2044	3,1497	3,1823	3,2580	3,2688
	Predita	3,2018	3,1526	3,2048	3,1497	3,1824	3,2581	3,2688
Março	Observada	3,2358	3,2712	3,2397	3,2266	3,2462	3,2579	3,3327
	Predita	3,2363	3,2709	3,2397	3,2268	3,2461	3,2581	3,3329
Abril	Observada	3,2946	3,2688	3,2863	3,2309	3,3080	3,3137	3,3585
	Predita	3,2946	3,2654	3,2865	3,2313	3,3080	3,3135	3,3587
Maio	Observada	3,2732	3,2952	3,3065	3,2978	3,3141	3,3121	3,3587
	Predita	3,2743	3,2940	3,3065	3,2981	3,3143	3,3123	3,3590
Junho	Observada	3,2524	3,3098	3,2822	3,3252	3,3169	3,3074	3,3659
	Predita	3,2530	3,3098	3,2821	3,3252	3,3171	3,3076	3,3664
Julho	Observada	3,2440	3,2465	3,2658	3,2982	3,3195	3,2414	3,3277
	Predita	3,2442	3,2467	3,2660	3,2982	3,3196	3,2415	3,3281
Agosto	Observada	3,2477	3,2462	3,2411	3,2882	3,2785	3,2681	3,3013
	Predita	3,2553	3,2463	3,2416	3,2883	3,2785	3,2684	3,2957
Setembro	Observada	3,2447	3,2342	3,2258	3,2789	3,2365	3,2612	3,2736
	Predita	3,2451	3,2362	3,2267	3,2791	3,2367	3,2615	3,2824
Outubro	Observada	3,2059	3,2274	3,1795	3,2082	3,2068	3,2013	3,2533
	Predita	3,2062	3,2236	3,1797	3,2084	3,2068	3,2013	3,2578
Novembro	Observada	3,1537	3,1494	3,1567	3,1700	3,2187	3,1822	3,2272
	Predita	3,1534	3,1493	3,1568	3,1700	3,2190	3,1821	3,2276
Dezembro	Observada	3,1855	3,1654	3,1205	3,1336	3,1999	3,1522	3,2631
	Predita	3,1944	3,1655	3,1206	3,1336	3,2000	3,1521	3,2625

FONTE: O autor (2022)

		Médias observadas e preditas para concentração de Sólidos Totais (%ST)						
Média		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	Observada	12,1309	12,2037	12,2102	12,1928	12,2013	12,3304	12,3458
	Predita	12,1424	12,2091	12,2103	12,1936	12,2010	12,3306	12,3458
Fevereiro	Observada	12,3294	12,1697	12,3770	12,2594	12,3515	12,4514	12,4640
	Predita	12,3315	12,1820	12,3779	12,2594	12,3518	12,4510	12,4648
Março	Observada	12,3514	12,4509	12,4623	12,4243	12,4558	12,4766	12,6102
	Predita	12,3521	12,4525	12,4621	12,4246	12,4554	12,4769	12,6102
Abril	Observada	12,5246	12,4739	12,5395	12,4494	12,5942	12,5342	12,6898
	Predita	12,5256	12,4769	12,5397	12,4497	12,5941	12,5348	12,6900
Maio	Observada	12,5424	12,5467	12,6319	12,6261	12,6431	12,5713	12,6279
	Predita	12,5434	12,5441	12,6318	12,6263	12,6433	12,5712	12,6282
Junho	Observada	12,5127	12,6112	12,5791	12,6831	12,6621	12,5734	12,7082
	Predita	12,5147	12,6127	12,5789	12,6831	12,6628	12,5737	12,7091
Julho	Observada	12,4486	12,4590	12,5903	12,6619	12,6545	12,4661	12,6381
	Predita	12,4518	12,4590	12,5904	12,6624	12,6547	12,4664	12,6388
Agosto	Observada	12,5316	12,5180	12,5254	12,6203	12,6036	12,5471	12,6972
	Predita	12,5698	12,5171	12,5265	12,6209	12,6035	12,5472	12,6772
Setembro	Observada	12,5074	12,5219	12,5262	12,6042	12,5004	12,5691	12,6252
	Predita	12,5077	12,5272	12,5272	12,6042	12,5007	12,5693	12,6598
Outubro	Observada	12,4216	12,5935	12,3950	12,5045	12,5303	12,4441	12,5392
	Predita	12,4228	12,5824	12,3951	12,5053	12,5302	12,4441	12,5498
Novembro	Observada	12,2610	12,2790	12,2839	12,3664	12,4982	12,3157	12,4957
	Predita	12,2601	12,2784	12,2841	12,3664	12,4987	12,3153	12,4967
Dezembro	Observada	12,4151	12,2661	12,2066	12,2630	12,3446	12,2602	12,4934
	Predita	12,4346	12,2674	12,2067	12,2630	12,3447	12,2602	12,4928

FONTE: O autor (2022)

		Médias observadas e preditas para concentração de Lactose (%L)						
	Média	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	Observada	4,4968	4,4899	4,4804	4,4951	4,4876	4,5167	4,5200
	Predita	4,4956	4,4888	4,4802	4,4951	4,4877	4,5167	4,5200
Fevereiro	Observada	4,4795	4,4677	4,4990	4,4793	4,4806	4,4823	4,5003
	Predita	4,4795	4,4660	4,4991	4,4793	4,4805	4,4826	4,5012
Março	Observada	4,4799	4,4439	4,4453	4,4516	4,4533	4,4671	4,4846
	Predita	4,4796	4,4436	4,4450	4,4517	4,4530	4,4664	4,4847
Abril	Observada	4,4614	4,4214	4,4364	4,4467	4,4654	4,4540	4,4987
	Predita	4,4604	4,4210	4,4356	4,4468	4,4649	4,4538	4,4991
Maio	Observada	4,4608	4,4506	4,4596	4,4728	4,4903	4,4705	4,4860
	Predita	4,4604	4,4501	4,4591	4,4723	4,4899	4,4701	4,4862
Junho	Observada	4,5084	4,4754	4,4768	4,4877	4,5013	4,5080	4,5115
	Predita	4,5082	4,4749	4,4768	4,4873	4,5011	4,5081	4,5118
Julho	Observada	4,5137	4,4833	4,5347	4,5293	4,5209	4,5126	4,5340
	Predita	4,5140	4,4833	4,5347	4,5295	4,5208	4,5125	4,5343
Agosto	Observada	4,5268	4,5167	4,5453	4,5596	4,5339	4,5511	4,5450
	Predita	4,5393	4,5163	4,5457	4,5597	4,5337	4,5515	4,5420
Setembro	Observada	4,5315	4,5248	4,5527	4,5574	4,5443	4,5516	4,5648
	Predita	4,5312	4,5243	4,5537	4,5578	4,5442	4,5519	4,5711
Outubro	Observada	4,5284	4,5704	4,5442	4,5395	4,5636	4,5480	4,5398
	Predita	4,5279	4,5693	4,5446	4,5398	4,5637	4,5481	4,5385
Novembro	Observada	4,5138	4,5272	4,5137	4,5042	4,5517	4,5193	4,5534
	Predita	4,5141	4,5270	4,5137	4,5038	4,5519	4,5191	4,5541
Dezembro	Observada	4,5408	4,4956	4,5066	4,4926	4,5517	4,5311	4,5492
	Predita	4,5419	4,4941	4,5068	4,4926	4,5518	4,5311	4,5476

FONTE: O autor (2022)

		Médias observadas e preditas para NUL				
	Média	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	Observada	12,4626	10,7535	13,8052	13,7854	13,2540
	Predita	12,4371	10,7361	13,8047	13,8492	13,2533
Fevereiro	Observada	11,8932	10,9500	13,0878	12,9152	12,2101
	Predita	11,8918	10,9496	13,0885	12,9133	12,2392
Março	Observada	11,9738	11,3462	11,7017	12,7360	12,6280
	Predita	11,9678	11,3455	11,6996	12,8549	12,6304
Abril	Observada	12,7824	12,0149	11,7145	11,9328	12,6999
	Predita	12,7786	12,0118	11,7137	11,9347	12,6984
Maio	Observada	11,3212	11,4844	10,2786	10,8080	12,0385
	Predita	11,3218	11,4840	10,2734	10,8084	12,0351
Junho	Observada	13,8735	12,1797	12,9667	11,8855	13,2004
	Predita	13,8707	12,1851	12,9632	11,8830	13,2255
Julho	Observada	11,4233	11,1159	12,8277	12,2872	14,0011
	Predita	11,4241	11,1142	12,8288	12,2741	14,7457
Agosto	Observada	11,5024	12,3446	12,7520	12,9002	13,8015
	Predita	11,5033	12,3288	12,7508	12,8980	13,7123
Setembro	Observada	13,1391	13,6440	12,0496	14,1365	14,3735
	Predita	13,0826	13,6417	12,0505	14,1347	14,8131
Outubro	Observada	12,4426	13,3033	12,8660	14,4057	14,2791
	Predita	12,4445	13,3092	12,8676	14,4025	14,2139
Novembro	Observada	12,2446	14,1794	13,4919	13,1264	14,1965
	Predita	12,2405	14,1803	13,4900	13,1289	14,2161
Dezembro	Observada	13,5205	13,4661	13,6758	13,8047	14,6831
	Predita	13,5206	13,4653	13,6739	13,8042	14,6893

FONTE: O autor (2022)

### CAPÍTULO III

RITMOS ANUAIS DE PRODUÇÃO DE LEITE E COMPONENTES DE VACAS  
LEITEIRAS DA RAÇA HOLANDESA EM REBANHOS DA REGIÃO SUL DO  
BRASIL

## **RITMOS ANUAIS DE PRODUÇÃO DE LEITE E COMPONENTES DE VACAS LEITEIRAS DA RAÇA HOLANDESA EM REBANHOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

### **RESUMO**

A produção de leite e as concentrações e rendimentos de gordura e proteína do leite se ajustam a um ritmo anual tanto a nível de tanque como de vaca. Esses ritmos parecem existir independentemente dos efeitos ambientais, como o estresse térmico, e podem ser o resultado de ritmos endógenos. Nosso objetivo foi descrever e identificar a sazonalidade na produção de leite e componentes de vacas leiteiras da raça Holandesa, usando a função trigonométrica para descrever. As produções e porcentagens de gordura, proteína e lactose foram estudadas, aplicadas a um modelo PROC MIXED no SAS e posteriormente realizada a regressão na função trigonométrica. Realizamos uma comparação com as informações de temperatura máxima durante o ano. O mês com menor temperatura máxima foi junho. Os picos para gordura ocorreram em junho e agosto, respectivamente para porcentagem e rendimento em kg/d. Os picos para proteína ocorreram em maio e agosto, respectivamente para porcentagem e rendimento em kg/d. E finalmente ambos os picos para lactose ocorreram em setembro, tanto para porcentagem como para rendimento em kg/d. Com o avanço das tecnologias que auxiliam na manutenção de temperatura, conforto animal e nutrição de precisão, as variações endógenas estão mais claras. Esse é o primeiro trabalho a realizar esse tipo de procedimento no hemisfério sul corroborando com os resultados obtidos no hemisfério norte, concluindo que fatores endógenos são fortes indicadores de variação sazonal nas vacas leiteiras para a constituição do leite. Conhecer a sazonalidade de produção, dos componentes do leite e da fisiologia do animal, podem trazer vantagens econômicas para os produtores, principalmente antecipando-se nos processos de aquisição de insumos ou mesmo na preparação da dieta.

Palavras-chave: Ritmos anuais, Síntese de leite, Padrão anual

## ANNUAL RHYTHMS OF HOLSTEIN DAIRY COWS OF SOUTHERN BRAZIL

### ABSTRACT

Milk output, milk fat and protein concentrations, and milk yields change annually at both the tank and cow level. These rhythms appear to occur independently of environmental factors, such as heat stress, and may be endogenous rhythms. Using the trigonometric function, we sought to describe and identify seasonality in the milk production and composition of Holstein dairy cows. The production and percentages of fat, protein, and lactose were investigated, fitted to a PROC MIXED model in SAS, and trigonometric regression was then done. We compared it to the year's highest recorded temperature. June was the month with the lowest maximum temperature. The peaks for fat % and yield in kg/d, respectively, occurred in June and August. May and August, respectively, were the peaks for protein % and yield in kg/d. In September, both the percentage and yield in kg/d peaks for lactose occurred. With the development of technologies that aid in maintaining temperature, animal comfort, and precise nutrition, endogenous variances are becoming more apparent. This is the first study to undertake this approach in the southern hemisphere, confirming the results reported in the northern hemisphere and concluding that endogenous factors are powerful markers of seasonal change in dairy cows for milk composition. Knowledge of the seasonality of production, milk components, and animal physiology can provide farmers with economic benefits, particularly when anticipating the procedures of purchasing inputs or preparing the diet.

Palavras-chave: Annual rhythms, milk composition, annual production

#### 4.1. INTRODUÇÃO

Embora as vacas não sejam geralmente consideradas animais sazonais, Hansen (1985) observou efeitos modestos da estação e do comprimento do fotoperíodo na produção e reprodução em bovinos. Além disso, Kendall & Webster (2009) observaram maiores flutuações diárias na temperatura corporal no verão em comparação com o inverno, uma relação direta com a mudança de temperatura ambiental.

Vários hormônios circulantes e metabólitos também seguem ritmos anuais ao longo do ano. Petitclerc et al. (1983) observaram que as concentrações de prolactina circulante são mais de seis vezes maiores no verão do que no inverno, e que esse efeito ocorre mesmo quando a sinalização de melatonina é bloqueada através de cegueira ou pinealectomia. As concentrações plasmáticas de bilirrubina, creatinina, triglicerídeos e  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB) seguem ritmos de 12 meses, com BHB atingindo o pico em 16 de abril, bilirrubina atingindo o pico em 14 de julho, creatinina em 12 de junho e triglicérides em 16 de junho (Piccione et al., 2012). Os ritmos anuais observados nesses metabólitos podem ser regulados pelo mesmo mecanismo que os ritmos anuais de produção. Os padrões anuais de produção também podem ser consequência de mudanças sazonais na ingestão de alimentos.

Salfer et al. (2019) realizaram estudo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) de janeiro de 2000 a outubro de 2015. Os dados continham informações de produção de leite, gordura e proteína de tanques de produtores realizados por NIRS de 11 regiões norte-americanas: Nordeste, Apalache, Flórida, Sudeste, Alto Centro-Oeste, Central, Centro-Leste, Noroeste do Pacífico, Sudoeste, Arizona, Las Vegas e Oeste. Para comparar as produções de leite e componentes obtidos a partir de amostras de vacas individuais, contrapondo as análises de amostras de tanque, foi realizada a análise de dados de um experimento na Pensilvânia com 1648 vacas em lactação em 11 rebanhos diferentes, de 2002 a 2011. O importante desta contraposição foi a identificação de vacas com o genótipo DGAT1, polimorfismo que é um dos principais candidatos a expressão gênica do aumento de gordura.

Tanto no estudo sobre o mercado de leite quanto no conjunto de dados de amostras de vacas, os ritmos anuais de concentrações de gordura e proteína

atingiram o pico consistentemente em meados do inverno e atingiram um mínimo no verão. Um fator adicional em amostras de leite individuais de vaca pode ocorrer na mudança da fermentação ruminal em vacas à pasto ao longo do ano, afetando os picos de produção de gordura e influenciando no risco da depressão da gordura do leite (DGL) em um grau maior do que o ritmo anual.

A produção de leite e as produções e porcentagens de gordura e proteína do leite se ajustam a um ritmo anual a nível de tanque (comercialização) e da vaca. Esses ritmos parecem existir independentemente dos efeitos ambientais, como o estresse térmico, e podem ser o resultado de ritmos endógenos.

O objetivo deste capítulo é apresentar os dados encontrados no sul do Brasil, Hemisfério Sul, da sazonalidade da produção de leite e componentes a nível de rebanho, adotando a mesma metodologia apresentada por Salfer et al. (2019) com intuito de comparação e avaliação dos parâmetros, validando a hipótese de que existe um efeito endógeno regulador, principalmente com referência ao fotoperíodo que influencia a sazonalidade do leite.

## **4.2. METODOLOGIA**

O banco de dados da Associação Brasileira de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (ABCBRH) foi cedido para esse estudo. Dados gerados entre janeiro de 2013 a dezembro de 2019 continham pesagens de leite da região centro-oriental, contendo os mesmos municípios do capítulo anterior. Todos os dados eram oriundos de controle leiteiro oficial, com informações de rebanhos que controlavam somente animais da raça Holandesa.

O banco de dados continha 1.683.668 pesagens mensais de 242 rebanhos em controle leiteiro oficial, distribuídos em 28 municípios, com informações do rebanho, município, número de animais em lactação, dias em leite, persistência, número de animais secos, total de animais, % de animais secos, produção total de leite estimada na lactação em kg, produção de leite estimada para idade adulta corrigida para 4% de gordura, % de gordura, % de proteína, % lactose, % sólidos totais, CCS, idade média do rebanho, IEP, dias secos, dias abertos, data da coleta e a média de produção no dia da coleta do rebanho.

Informações de temperatura máxima do mês, precipitação e umidade foram cedidas pela Fundação ABC, que é o centro de pesquisa e desenvolvimento de Cooperativas que ficam sediadas na região dos Campos Gerais do Paraná. Informações obtidas de janeiro de 2013 a dezembro de 2019, condizente com o banco de dados cedido pela ABCBRH.

As médias de temperatura ao longo dos anos demonstraram que os meses de junho e julho são os meses com menor temperatura máxima registrada, porém com diferenças significativa em termos de precipitação e umidade relativa. Procedemos os ajustes para que o intervalo de confiança fosse estabelecido entre +/- 2,5 desvios padrões, conforme citado no capítulo anterior. Realizamos através dos procedimentos FREQ e MEANS do SAS v.9.4 as avaliações descritivas e de estatística básica.

A estatística usada foi a mesma citada no capítulo anterior. Amplitude, nadir e pico, bem como o ritmo de 12 meses, foram determinados utilizando a metodologia descrita por Salfer et al. (2019). Resumidamente, as variáveis de resposta foram adequadas à forma linear de funções de cosseno com um período de 12 meses com o modelo abaixo. A equação usada no capítulo anterior ficou conforme apresentada abaixo, porém adicionado o DEL dos animais como um parâmetro de efeito fixo, pois retiramos do efeito de fazenda e incluímos o efeito de animal:

#### EQUAÇÃO 3 - MODELO DE CORREÇÃO PARA FUNÇÃO COSENO

$$y_{ijkl} = \mu + S_j + C_j + A_i + D_k + D_k \times S_j + D_k \times C_j + DEL_k + V_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Aonde:

$y_{ijk}$  = variável de interesse;

$\mu$  = ajuste da média;

$S_j$  = Função seno;

$C_j$  = Função cosseno;

$A_i$  = Efeito aleatório do ano;

$D_k$  = Dia do controle leiteiro;

$DEL_k$  = Dias em leite;

$V_l$  = Animal (vaca);

$\varepsilon_{ijk}$  = erro do resíduo;

O ajuste dos ritmos anuais foi determinado por um teste de amplitude zero comparando as somas residuais de quadrados entre o modelo completo contendo funções de coseno linearizadas e o modelo reduzido (Cornelissen, 2014). A amplitude e acrofase e seus testes de significância foram determinados usando planilha de Excel® de acordo com equações de Bourdon et al. (1995). Após as devidas análises foram inseridos no modelo de Bourdon para termos comparação com o capítulo anterior. O F tabelado para 5% de significância foi definido em 4,25 e o t tabelado em 5% de significância definido em 2,83.

#### EQUAÇÃO 4 - MODELO DE BOURDON PARA A REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA

$$y_i = \mu + A_i * \text{sen} (\omega * t_i + \phi)$$

Onde:

$y_i$  = variável de interesse;

$\mu$  = ajuste da média;

sen = função seno;

$\omega$  = é a frequência, o ângulo de mudança da reta, dado por  $(\frac{2 \times \pi}{N})$ ;

$t_i$  = período (1 a 12 – relativo aos meses);

$\phi$  = valor trigonométrico da fase.

### 4.3. RESULTADOS

#### 4.3.1 Médias observadas e avaliação quanto a temperatura

Os resultados encontrados para gordura e proteína são similares aos encontrados por Salfer et al. (2018). No geral, os valores encontrados usando os modelos foram similares. As descrições das variações encontradas no banco de dados relativo as médias de controle leiteiro seguem abaixo na TABELA 11. As variações de mínimo e máximo compreenderam rebanhos com no mínimo três animais da raça Holandesa e com no máximo 2165 em um único controle leiteiro.

Esse banco de dados oficial de um único grupamento racial possibilitou que o efeito da raça fosse eliminado do modelo (TABELA 11). A distribuição das

médias em meses observadas a partir dos controles leiteiros estão apresentadas no QUADRO 1.

TABELA 11 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS OBTIDOS.

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Amplitude
No. animais em leite	158	190	3	2165	2162
No. animais secos	34	43	1	1190	1189
No. total animais	191	221	3	2970	2967
Dias em leite	193	36	1	420	419
Persistência %	104,1	18,0	23,5	407,9	384,4
Leite kg/lactação	8983	1876	2867	15203	12336
Média diária	29,44	5,74	11,94	46,49	34,55
Leite kg 4%G Idade adulta	32,27	6,26	12,30	52,36	40,06
Leite kg 3,5%G Idade adulta	29,91	5,39	11,60	47,23	35,64
Gordura (%)	3,62	0,49	2,12	5,22	3,10
Gordura (kg/d)	1,06	0,20	0,39	1,80	1,41
Proteína (%)	3,25	0,18	2,77	3,83	1,06
Proteína (kg/d)	0,95	0,17	0,36	1,56	1,20
Lactose (%)	4,60	0,09	4,29	4,91	0,62
Sólidos Totais (%)	12,42	0,62	10,59	14,47	3,88
CCS ( $\times 10^3$ céls./mL)	330	162	14	937	923
Idade média (meses)	51	13	23	108	85
IEP (dias)	455	45	314	633	319
Dias secos	128	96	1	520	519
Dias abertos	173	45	32	351	319

FONTE: O autor (2022)

Os valores médios mensais observados de temperatura máxima de 2013 a 2019 estão expressos no QUADRO 2 e as médias anuais podem ser visualizadas no GRÁFICO 23. Conforme observado, a menor temperatura máxima ocorre em junho e a maior em janeiro. Essas informações, tendo em vista os resultados já relatados no capítulo anterior confirmam o paradoxo da produção de leite e seus componentes com a temperatura ambiental observada. Se o efeito de sazonalidade fosse tão somente explicado pela ausência ou presença de estresse calórico, esperava-se que a temperatura mínima responda igualmente em maior produção de leite, porém as maiores produções de leite tipicamente ocorrem em setembro, conforme descrito no capítulo anterior. Da mesma forma, esperava-se que a menor produção dos componentes gordura e proteína do leite seria nos meses de maior temperatura. Conforme o capítulo anterior, as maiores produções de gordura e proteína ocorrem entre maio e junho, e as menores em dezembro e janeiro.

Os dados do GRÁFICO 24 demonstram que existe um aumento da temperatura média anual de 2013 a 2019; um aumento de 22,9°C para 24,5°C, ou seja, um crescimento de 7,1%.

QUADRO 1 - DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS OBSERVADOS AO LONGO DOS MESES.

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Leite kg/lactação	9039 <sub>a</sub>	9033 <sub>a</sub>	9024 <sub>a</sub>	9033 <sub>a</sub>	8964 <sub>a</sub>	9032 <sub>a</sub>	8944 <sub>a</sub>	8860 <sub>a</sub>	8948 <sub>a</sub>	9063 <sub>a</sub>	8951 <sub>a</sub>	8901 <sub>a</sub>
Média Diária	28,80 <sub>a,b</sub>	28,57 <sub>a,b</sub>	27,95 <sub>a</sub>	28,05 <sub>a</sub>	28,67 <sub>a,b</sub>	29,29 <sub>b,c</sub>	30,16 <sub>c,d</sub>	30,34 <sub>d</sub>	30,68 <sub>d,e</sub>	30,64 <sub>d,f</sub>	30,21 <sub>d,g</sub>	29,78 <sub>c,d,h</sub>
Leite kg 4% ID adulta	31,28 <sub>a,b</sub>	31,16 <sub>a</sub>	30,67 <sub>a</sub>	30,86 <sub>a</sub>	31,53 <sub>a,b</sub>	32,27 <sub>b,c,h</sub>	33,07 <sub>c,d,h</sub>	33,43 <sub>d,i</sub>	33,61 <sub>d,e</sub>	33,54 <sub>d,f,i</sub>	33,07 <sub>c,d,g,i</sub>	32,56 <sub>h,i</sub>
Leite kg 3,5% ID adulta	28,95 <sub>a,b</sub>	28,75 <sub>a,b</sub>	28,32 <sub>a</sub>	28,51 <sub>a,b</sub>	29,23 <sub>b,c</sub>	29,98 <sub>c,d,i</sub>	30,79 <sub>d,e,i</sub>	31,05 <sub>e</sub>	31,22 <sub>e,f</sub>	31,13 <sub>e,g</sub>	30,64 <sub>d,e,h,i</sub>	30,17 <sub>i</sub>
Gordura (%)	3,55 <sub>a</sub>	3,56 <sub>a,f</sub>	3,60 <sub>a,b</sub>	3,61 <sub>a,b</sub>	3,65 <sub>b</sub>	3,65 <sub>b,c</sub>	3,65 <sub>b,d</sub>	3,67 <sub>b,e</sub>	3,64 <sub>b,f</sub>	3,62 <sub>a,b</sub>	3,61 <sub>a,b</sub>	3,60 <sub>a,b</sub>
Gordura (kg/d)	1,01 <sub>a,b</sub>	1,01 <sub>a,b</sub>	1,00 <sub>a</sub>	1,01 <sub>a,b</sub>	1,03 <sub>b,c</sub>	1,06 <sub>c,d</sub>	1,09 <sub>d,e,i</sub>	1,10 <sub>e</sub>	1,11 <sub>e,f</sub>	1,10 <sub>e,g</sub>	1,08 <sub>d,e,h,i</sub>	1,06 <sub>c,i</sub>
Proteína (%)	3,19 <sub>a</sub>	3,22 <sub>b,f</sub>	3,27 <sub>c,e</sub>	3,28 <sub>c,d</sub>	3,30 <sub>d</sub>	3,29 <sub>c,d</sub>	3,27 <sub>c,e</sub>	3,26 <sub>c,e</sub>	3,25 <sub>b,e</sub>	3,23 <sub>b,f</sub>	3,21 <sub>f</sub>	3,20 <sub>a,f,g</sub>
Proteína (kg/d)	0,91 <sub>a</sub>	0,92 <sub>a</sub>	0,91 <sub>a</sub>	0,92 <sub>a,b</sub>	0,95 <sub>b,c,i</sub>	0,96 <sub>c,d,i</sub>	0,98 <sub>d,f</sub>	0,99 <sub>d,e,f</sub>	0,99 <sub>f</sub>	0,99 <sub>d,f,g</sub>	0,97 <sub>c,d,f,h,i</sub>	0,95 <sub>i</sub>
Lactose (%)	4,58 <sub>a,e</sub>	4,57 <sub>a,b</sub>	4,56 <sub>b,d</sub>	4,56 <sub>b,c</sub>	4,57 <sub>a,d</sub>	4,59 <sub>e</sub>	4,61 <sub>f</sub>	4,62 <sub>f,g</sub>	4,63 <sub>g,i,j</sub>	4,64 <sub>g,h</sub>	4,62 <sub>f,i</sub>	4,62 <sub>f,j</sub>
Sólidos (%)	12,28 <sub>a</sub>	12,31 <sub>a</sub>	12,36 <sub>a,b</sub>	12,41 <sub>b,c,j</sub>	12,47 <sub>c,f,i,j</sub>	12,49 <sub>c,d,f,i</sub>	12,48 <sub>c,e,f,i</sub>	12,52 <sub>f</sub>	12,49 <sub>c,f,g,i</sub>	12,46 <sub>c,f,h,i,j</sub>	12,41 <sub>b,i,j</sub>	12,37 <sub>a,j</sub>

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham ele subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Este crescente aumento da temperatura ambiental, com um aumento médio significativo da produção e da composição do leite, demonstram que a influência da temperatura pode ter uma influência menor do que o esperado pelos produtores de leite. Indicam também que as tecnologias implementadas para o manejo e ambiência animal podem ter grande impacto para manutenção de altas produções de leite e sólidos, mesmo em momentos ou em locais de alta temperatura e/ou elevado THI.

QUADRO 2 - MÉDIAS DE TEMPERATURA MÁXIMA DISTRIBUÍDAS AO LONGO DOS MESES NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ DE 2013 A 2019.

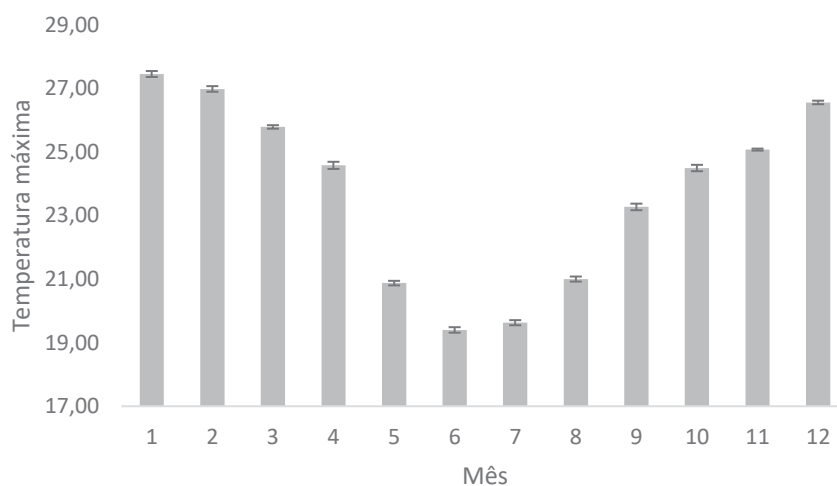
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Janeiro</b>	25,2	28,1	28,2	27,03	28,33	25,61	29,44
<b>Fevereiro</b>	26	27,95	26,53	27,37	29,48	25,31	26,27
<b>Março</b>	24,2	25,5	25,68	26,17	25,28	27,25	26,2
<b>Abril</b>	23,2	23,14	24,1	27,66	22,49	26,1	25,28
<b>Mai</b>	21,27	20,51	20,25	19,14	20,48	22,68	22,09
<b>Junho</b>	18,73	19,85	19,91	16,75	19,31	19,67	21,5
<b>Julho</b>	18,42	18,63	18,58	19,31	19,57	22,04	20,69
<b>Agosto</b>	21,17	21,62	23,34	20,02	20,18	19,48	21,24
<b>Setembro</b>	21,74	22,74	24,45	21,94	26,5	22,31	23,07
<b>Outubro</b>	23,77	26,28	24,84	23,75	23,61	22,26	27,02
<b>Novembro</b>	24,58	25,17	24,42	25,24	24,75	25,54	25,82
<b>Dezembro</b>	27,02	26,02	26,68	26,04	25,9	28,42	26,03

FONTE: O autor (2022)

4.3.2 Aplicação da regressão trigonométrica e avaliação das curvas de sazonalidade em vacas leiteiras.

Utilizando a EQUAÇÃO 3 apresentamos no quadro abaixo os valores observados com os valores preditos pelo modelo com correção para coseno ao longo dos anos e meses. A variação existente em anos está apresentada na TABELA 12 onde é possível verificar que o ajuste para gordura definiu 3 grupos de comparação estatística com significância de 5%, enquanto o observado era de 5 grupos ao longo dos anos. Em proteína eram 4 e passou a ser 5 grupos. Enquanto que nas médias de produção de leite, verificou-se um aumento de 4 para 6 grupos de diferença entre os anos. Esses dados demonstram existir um aumento de produção ao longo dos anos.

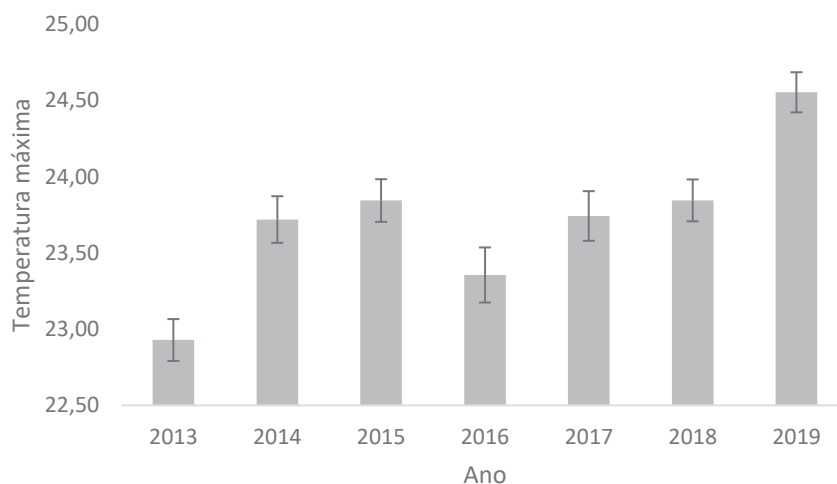
GRÁFICO 23 - TEMPERATURAS MÉDIAS MÁXIMAS OBSERVADAS AO LONGO DOS MESES DO ANO NO PERÍODO DE 2013 A 2019.



FONTE: O autor (2022)

Os valores de produção corrigidos no modelo demonstraram um crescimento médio ao longo dos anos, seguindo uma evolução notável de produção de leite. Os dados demonstraram médias de 28,81 kg/d em 2013, chegando a 31,32 kg/d em 2019 (TABELA 13).

GRÁFICO 24 – TEMPERATURAS MÉDIAS MÁXIMAS OBSERVADAS DE 2013 A 2019.



FONTE: O autor (2022)

A amplitude manteve-se em média ao redor de 1,4 kg/d ao longo do ano, com variação mais expressiva em 2019, correspondente a variação existente também na relação com a temperatura (GRÁFICO 25). Em relação a variação

de data expressa, ocorreu uma variação máxima de 24 dias, estando todo o período compreendido entre 23 de agosto e 16 de setembro, correspondendo entre as semanas 36 e 37, dependendo do ano de variação. Esses dados corroboram com os dados encontrados por (Salfer et al., 2020).

TABELA 12 - TABELA COM MÉDIAS OBSERVADAS E PREDITAS USANDO O MODELO.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
%Gordura	3,56 <sub>a</sub>	3,55 <sub>a</sub>	3,57 <sub>a,c</sub>	3,68 <sub>b,e</sub>	3,62 <sub>c,d</sub>	3,63 <sub>b,d</sub>	3,70 <sub>e</sub>
Pred %G	3,56 <sub>a</sub>	3,55 <sub>a</sub>	3,58 <sub>a</sub>	3,68 <sub>b</sub>	3,62 <sub>c</sub>	3,63 <sub>c</sub>	3,70 <sub>b</sub>
%Proteína	3,21 <sub>a</sub>	3,20 <sub>a</sub>	3,22 <sub>a</sub>	3,25 <sub>b</sub>	3,26 <sub>b,c</sub>	3,27 <sub>c</sub>	3,31 <sub>d</sub>
Pred %P	3,20 <sub>a</sub>	3,20 <sub>a</sub>	3,22 <sub>b</sub>	3,25 <sub>c</sub>	3,26 <sub>c</sub>	3,27 <sub>d</sub>	3,31 <sub>e</sub>
Proteína (kg)	0,92 <sub>a</sub>	0,92 <sub>a</sub>	0,92 <sub>a</sub>	0,91 <sub>a</sub>	0,98 <sub>b</sub>	1,00 <sub>c</sub>	1,03 <sub>d</sub>
Pred kg Proteína	0,92 <sub>a</sub>	0,93 <sub>b</sub>	0,92 <sub>a</sub>	0,91 <sub>a</sub>	0,98 <sub>c</sub>	1,00 <sub>d</sub>	1,04 <sub>e</sub>
Gordura (kg)	1,01 <sub>a</sub>	1,01 <sub>a</sub>	1,01 <sub>a</sub>	1,02 <sub>a</sub>	1,08 <sub>b</sub>	1,10 <sub>c</sub>	1,15 <sub>d</sub>
Pred kg Gordura	1,01 <sub>a,b</sub>	1,02 <sub>a,b</sub>	1,01 <sub>a</sub>	1,02 <sub>b</sub>	1,08 <sub>c</sub>	1,11 <sub>d</sub>	1,15 <sub>e</sub>
Prod. Leite (kg)	28,74 <sub>a</sub>	28,85 <sub>a</sub>	28,54 <sub>a,b</sub>	28,06 <sub>b</sub>	29,95 <sub>c</sub>	30,53 <sub>c</sub>	31,25 <sub>d</sub>
Pred Prod. Leite	28,81 <sub>a,b</sub>	29,07 <sub>a</sub>	28,58 <sub>b</sub>	28,07 <sub>c</sub>	29,98 <sub>d</sub>	30,59 <sub>e</sub>	31,32 <sub>f</sub>
%Lactose	4,60 <sub>a</sub>	4,59 <sub>a</sub>	4,60 <sub>a</sub>	4,60 <sub>a</sub>	4,60 <sub>a</sub>	4,60 <sub>a</sub>	4,60 <sub>a</sub>
Pred %L	4,60 <sub>a,b</sub>	4,59 <sub>a</sub>	4,60 <sub>a,b</sub>	4,60 <sub>b,c</sub>	4,60 <sub>a,b,c</sub>	4,60 <sub>a,b,c</sub>	4,60 <sub>c</sub>

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

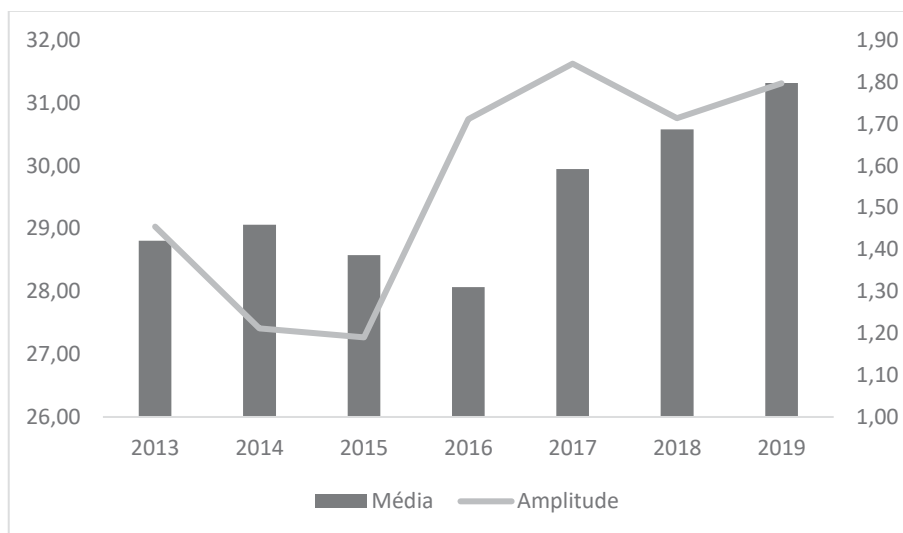
TABELA 13 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA PRODUÇÃO DE LEITE DE VACAS LEITEIRAS.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	28,81 <sub>e,f</sub>	29,07 <sub>f</sub>	28,58 <sub>e</sub>	28,07 <sub>d</sub>	29,98 <sub>c</sub>	30,59 <sub>b</sub>	31,32 <sub>a</sub>	29,48
Máximo	30,26	30,27	29,77	29,78	31,79	32,3	33,12	30,88
Mínimo	27,27	27,85	27,39	26,35	28,1	28,87	29,52	28,08
Amplitude	1,46	1,21	1,19	1,71	1,84	1,71	1,8	1,4
Acrofase	8,5	8,32	8,49	8,49	7,71	8,33	8,14	8,25
Dia	258,6	253,18	258,15	258,15	234,4	253,28	247,57	250,89
Data	16-set	11-set	16-set	15-set	23-ago	11-set	5-set	9-set
F calculado	303,94	58,76	11,02	73,26	42,84	41,29	33,66	234,6

FONTE: O autor (2022)

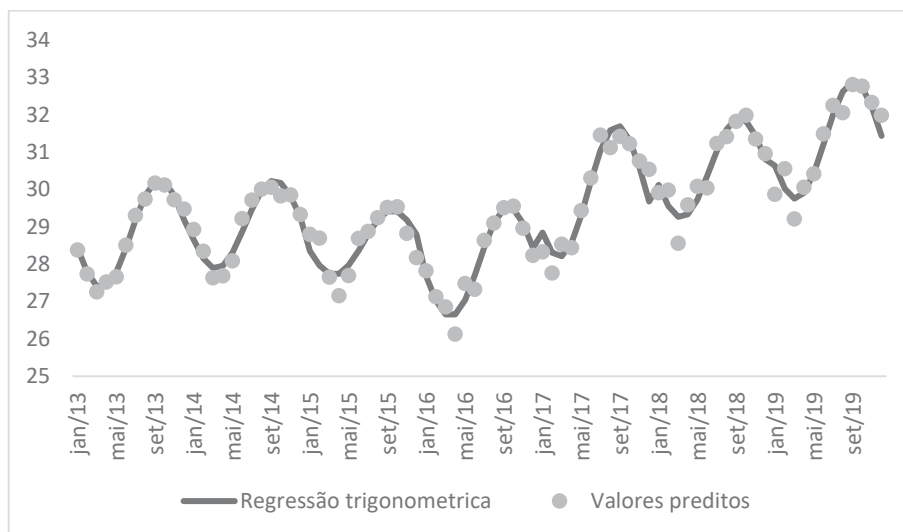
As variações do modelo foram menores em dias quando comparadas as variações do capítulo anterior (GRÁFICO 26). A produção de leite máxima está próxima ao fim do inverno e início da primavera. Oficialmente a primavera inicia-se em 21 de setembro. Os dados demonstram que a máxima produção está relacionada ao final do inverno. Comparando com as temperaturas máximas mensais observadas, a menor temperatura máxima ocorre em junho, três meses antes da produção máxima de leite.

GRÁFICO 25 - AMPLITUDES E MÉDIAS DAS PRODUÇÕES DE LEITE POR VACA AO LONGO DOS ANOS.



FONTE: O autor (2022)

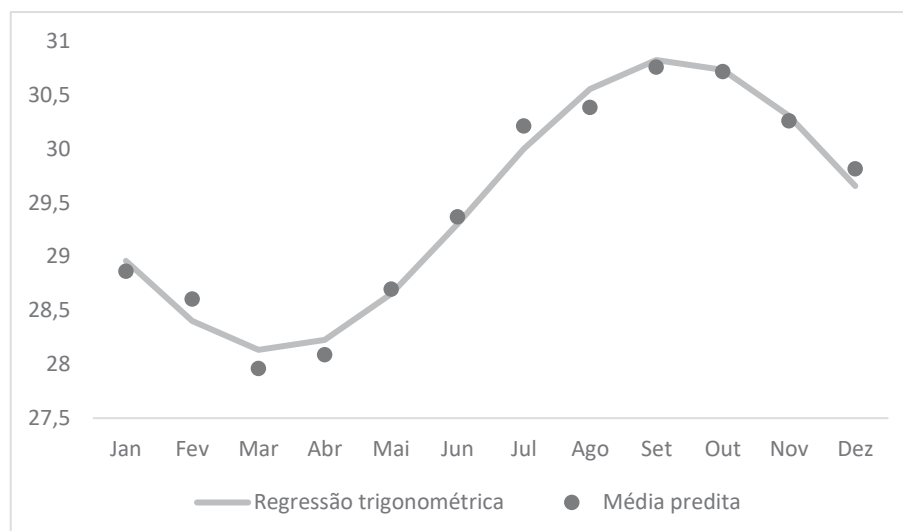
GRÁFICO 26 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA PRODUÇÃO MÉDIA DE LEITE DAS VACAS AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.



FONTE: O autor (2022)

Verificando a curva, temos uma correlação de 99,1% entre a regressão trigonométrica e a média predita. Para a média diária e os valores preditos medidos durante o tempo a correlação foi de 51,9%.

GRÁFICO 27 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA PRODUÇÃO MÉDIAS DE LEITE.



FONTE: O autor (2022)

Os resultados de concentração de gordura (%) em vacas leiteiras estão expressos na TABELA 14. A variação da média entre os anos teve um aumento de 3,55 para 3,70%, um incremento de 4,2% já discutido acima e no capítulo anterior, relacionado a práticas de nutrição e manejo voltadas ao aumento de sólidos no leite. Quando analisado o incremento da % de gordura em tanques de leite, apresentados no capítulo anterior, os ganhos foram menores, ao redor de 1,8%. A variação das datas de pico foi ampla, de 27 de maio (em 2013) a 29 de agosto (em 2018). O impacto dessa variação de 94 dias na prática para um planejamento alimentar e de manejo é complexa. Dessa forma, acreditamos que o modelo possa ter melhorias.

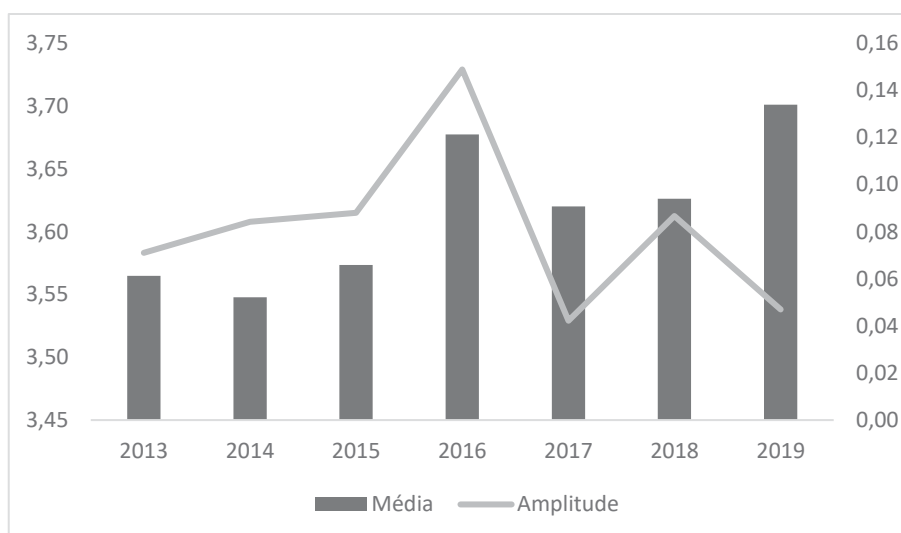
TABELA 14 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE EM VACAS LEITEIRAS.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	3,56 <sub>c</sub>	3,55 <sub>c</sub>	3,58 <sub>c</sub>	3,68 <sub>a</sub>	3,62 <sub>b</sub>	3,63 <sub>b</sub>	3,70 <sub>a</sub>	3,62
Máximo	3,64	3,63	3,66	3,83	3,66	3,71	3,75	3,67
Mínimo	3,52	3,46	3,49	3,53	3,58	3,54	3,65	3,56
Amplitude	0,07	0,08	0,09	0,15	0,04	0,09	0,05	0,06
Acrofase	4,82	5,85	5,19	6,17	6,10	7,91	7,40	6,26
Dia	146,66	178,00	157,76	187,63	185,48	240,73	225,21	190,37
Data	27-mai	28-jun	7-jun	6-jul	5-jul	29-ago	14-ago	11-jul
F calculado	4,35	8,01	8,16	12,33	1,31	62,15	3,66	41,97

FONTE: O autor (2022)

Embora a amplitude nos tanques de leite citados no capítulo anterior teve um decréscimo pequeno ao longo dos anos, os dados de vacas demonstram que existiu uma grande variação, principalmente no momento de mudança de política de preços, retornando para níveis de amplitude dentro do ano menores (GRÁFICO 28). Apesar dessa variação, as médias de porcentagem de gordura tanto de tanques como de vacas tiveram crescimento.

GRÁFICO 28 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE GORDURA NO LEITE EM VACAS.



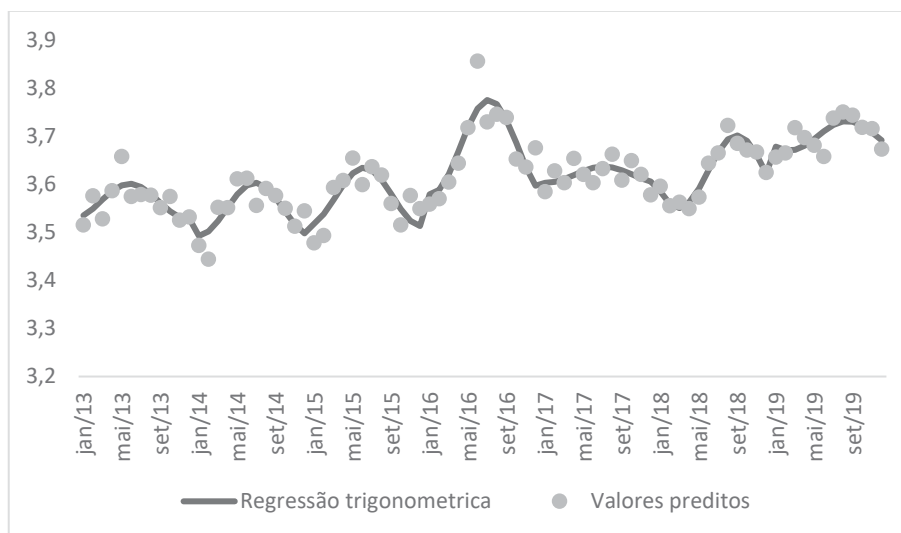
FONTE: O autor (2022)

Os resultados para o teste F demonstraram que 2017 e 2019 foram anos sem diferença estatística para a regressão trigonométrica com os dados ajustados (GRÁFICO 29). Esse aspecto pode ter impactado o total de dias entre os picos informados pelo modelo. Como as mudanças nas propriedades foram significativas para atendimento a aspectos de gestão, isto pode ter influenciado a concentração desse componente e o modelo não registrou a mudança.

Diferente do que ocorreu com as médias de concentração de gordura em tanques de leite, onde em todos os anos encontramos F significativo, a nível de vaca não encontramos significância em todos os anos. No entanto, ainda encontramos na média geral, conforme o GRÁFICO 30.

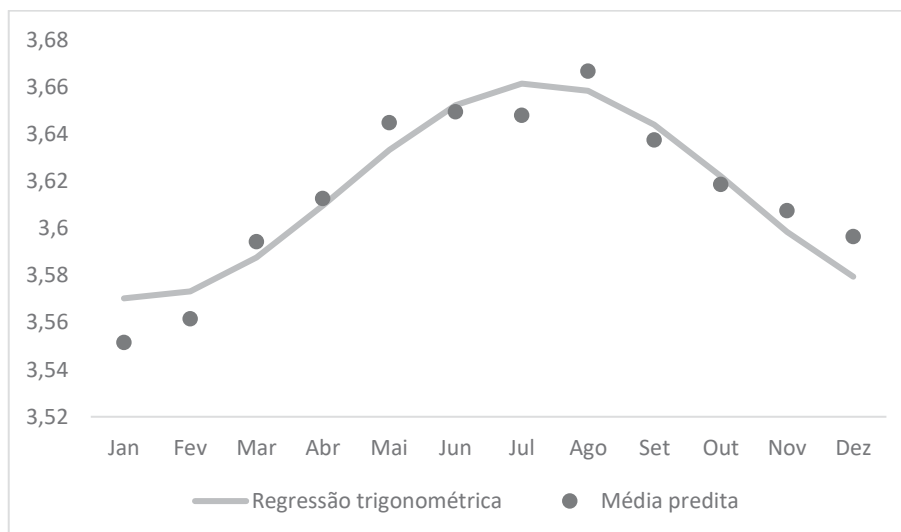
A correlação entre os valores observados e preditos foi de 50%. A correlação da média geral para a curva dentro de um ano teve uma correlação de 95% com a regressão trigonométrica.

GRÁFICO 29 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA NO LEITE DE VACAS AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.



FONTE: O autor (2022)

GRÁFICO 30 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE.



FONTE: O autor (2022)

O rendimento (ou produção em kg/d) de gordura ao longo dos anos seguiu um crescimento médio, apoiado pelo crescimento da produção de leite e do teor de gordura. O crescimento foi de 1,01 para 1,15 kg/dia de gordura produzida. O crescimento em rendimento de gordura de 2013 para 2019 cresceu expressivos 13,7%.

Os dados apresentados da TABELA 15 expressam as informações encontradas ao longo dos anos. As variações de rendimento de gordura foram de 17 de agosto (em 2015) até 06 de setembro (em 2018), uma diferença de apenas 20 dias ou três semanas. Esse resultado é mais robusto em relação ao observado para concentração de gordura no leite, citado anteriormente.

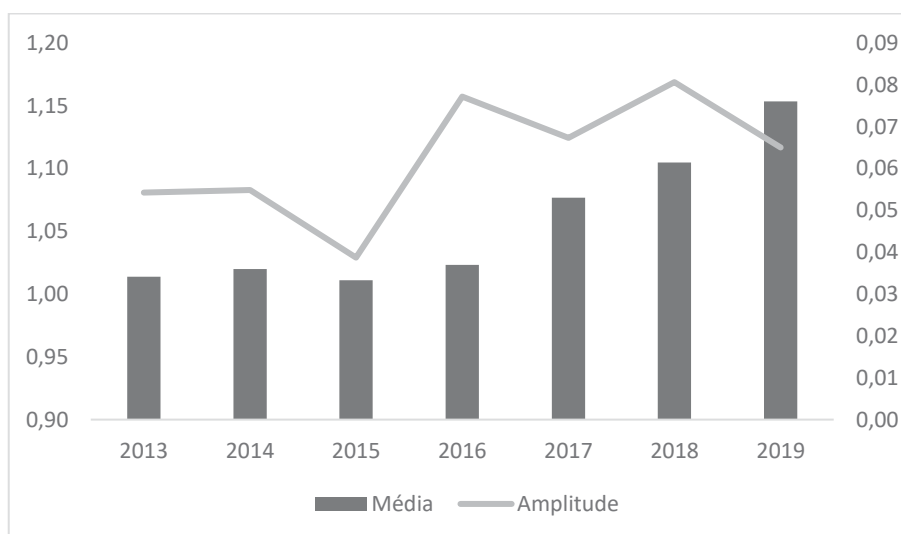
TABELA 15 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA O RENDIMENTO DE GORDURA DO LEITE (KG/DIA) EM VACAS LEITEIRAS.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	1,01 <sub>e,f</sub>	1,02 <sub>e,f</sub>	1,01 <sub>e</sub>	1,02 <sub>d</sub>	1,07 <sub>c</sub>	1,10 <sub>b</sub>	1,15 <sub>a</sub>	1,06
Máximo	1,07	1,07	1,05	1,1	1,14	1,19	1,22	1,11
Mínimo	0,95	0,97	0,97	0,95	1,01	1,02	1,09	1,00
Amplitude	0,05	0,05	0,04	0,08	0,07	0,08	0,06	0,05
Acrofase	8,07	7,79	7,51	7,76	7,62	8,17	7,98	7,87
Dia	245,54	237,03	228,57	236,01	231,9	248,63	242,86	239,34
Data	03-set	26-ago	17-ago	24-ago	20-ago	06-set	31-ago	29-ago
F calculado	77,12	83,14	28,54	90,54	46,52	113,91	40,37	262,87

FONTE: O autor (2022)

O aumento do rendimento da gordura do leite veio acompanhado de um pequeno aumento na amplitude encontrada dentro do ano (GRÁFICO 31). Esse ajuste demonstra que apesar da mudança da variação da temperatura, as variações expressas na produção de leite média e na concentração de gordura têm influência no rendimento, porém por terem variações em meses diferentes, a variação anual segue um ritmo constante.

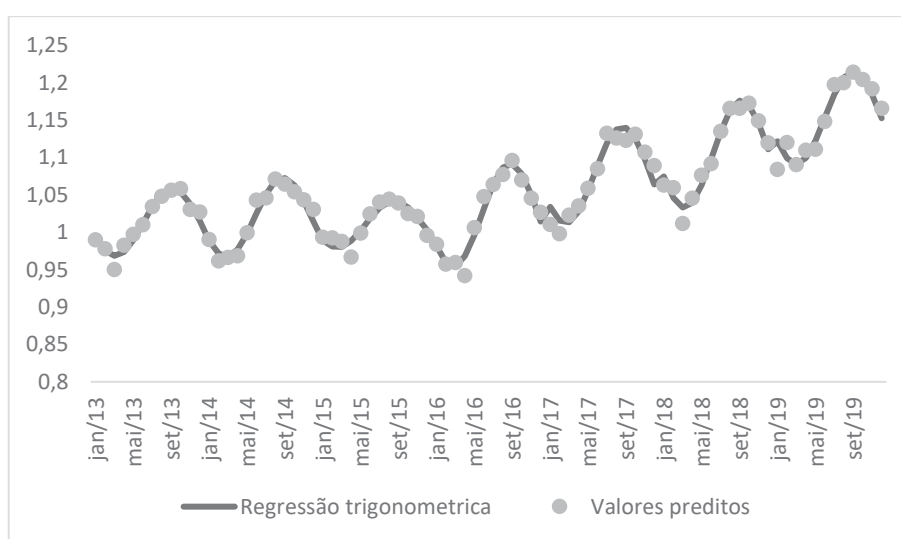
GRÁFICO 31 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE RENDIMENTO DE GORDURA NO LEITE DE VACAS.



FONTE: O autor (2022)

Como já citado acima, o rendimento de gordura ao longo dos anos acompanhou o crescimento da produção de leite e da concentração de gordura (GRÁFICO 32). Mas diferente da concentração de gordura, o rendimento de gordura apresentou curva com diferença significativa em todos os anos, tendo possivelmente uma maior influência para a formação desse componente a variação da produção de leite do que a variação do teor de gordura.

GRÁFICO 32 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA RENDIMENTO DE GORDURA DAS VACAS EM LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.

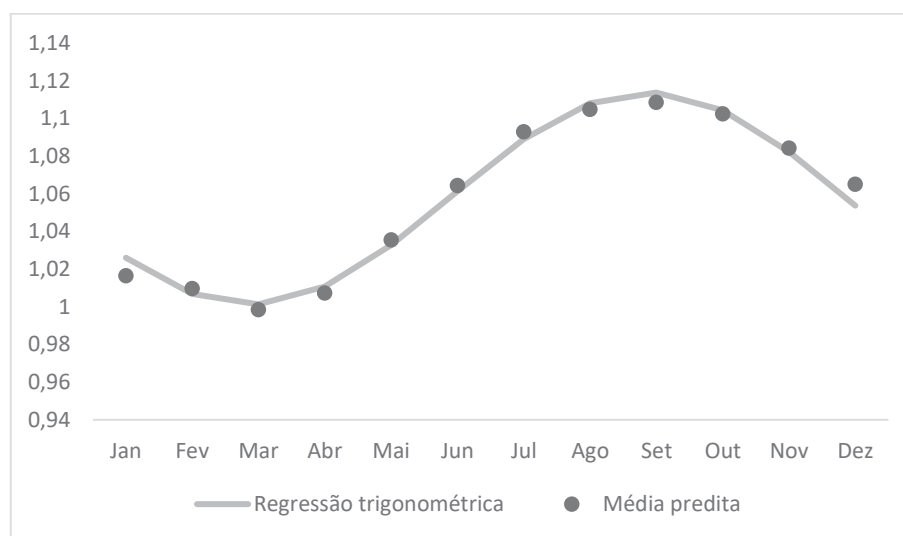


FONTE: O autor (2022)

A correlação das médias preditas com os valores da regressão trigonométrica ficou em 99,2%. Esse valor é maior que o encontrado para concentração de gordura (GRÁFICO 33). Os valores de correlação entre o observado e o predito ficou em 56,1%. Esses dados demonstram grande ajuste para a produção de leite e rendimento quando utilizados a equação de ajuste.

O pico de rendimento está apontado para final de agosto, começo de setembro, tendo a sua acrofase no dia 29 de agosto. Ou seja, o maior rendimento de gordura é observado dias antes da data de maior produção de leite.

GRÁFICO 33 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA RENDIMENTO DE GORDURA DO LEITE.



FONTE: O autor (2022)

Para a concentração de proteína do leite em amostras de vacas em controle leiteiro oficial, o modelo gerou um grupo adicional de diferença estatística a 5% do que a média observada. Os valores médios de proteína avançaram de 3,20% (em 2013) para 3,31% (em 2019), um aumento de 3,4% (TABELA 16 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA A CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO LEITE EM VACAS).

TABELA 16 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA A CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO LEITE EM VACAS.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	3,20 <sub>d</sub>	3,20 <sub>d</sub>	3,22 <sub>d</sub>	3,25 <sub>c</sub>	3,26 <sub>c</sub>	3,27 <sub>b</sub>	3,31 <sub>a</sub>	3,25
Máximo	3,26	3,26	3,3	3,35	3,31	3,33	3,38	3,3
Mínimo	3,15	3,14	3,15	3,16	3,2	3,22	3,23	3,19
Amplitude	0,05	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,07	0,06
Acrofase	4,02	4,56	4,56	5,52	5,04	4,53	4,44	4,75
Dia	122,4	138,61	138,8	167,95	153,24	137,89	135,18	144,39
Data	03-mai	19-mai	19-mai	16-jun	03-jun	18-mai	16-mai	26-mai
F calculado	16,84	11,54	23,54	65,12	7,74	11,28	10,54	36,06

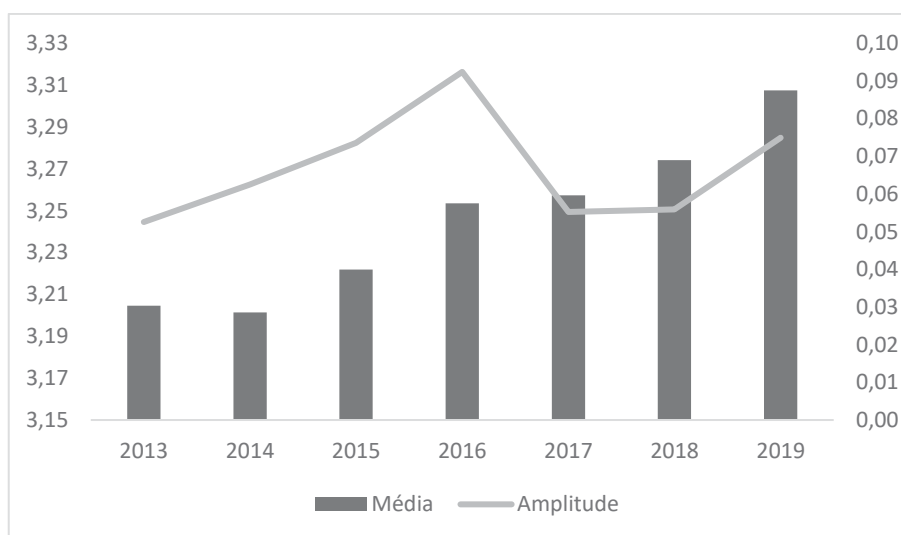
FONTE: O autor (2022)

O aumento da concentração de proteína a nível de tanque, já mencionado no capítulo anterior, também foi observado na casa de 2%. A acrofase apontou para os dias 03 de maio (em 2013) a 16 de junho (em 2016), tendo a média de concentração (26 de maio) bem próxima ao encontrado na sazonalidade de tanques, que ficou próxima a 29 de maio.

A média para concentração de proteína em amostras de vacas foi no dia 26 de maio, demonstrando um alinhamento maior desse componente com amostras de tanque. Comparando com a concentração de gordura, o modelo para concentração de proteína não é tão sensível as mudanças.

Para os valores ao longo dos anos, notamos um crescimento na concentração de proteína (%), na mesma proporção já relatada para tanques de leite, porém com um período de estabilização para o componente na sua amplitude em 2017 e 2018, sinalizando que o seu crescimento médio está mais relacionado com fatores genéticos, com a entrada de novos animais em produção, tendo em vista a maior evolução em concentração do que em amplitude (GRÁFICO 34).

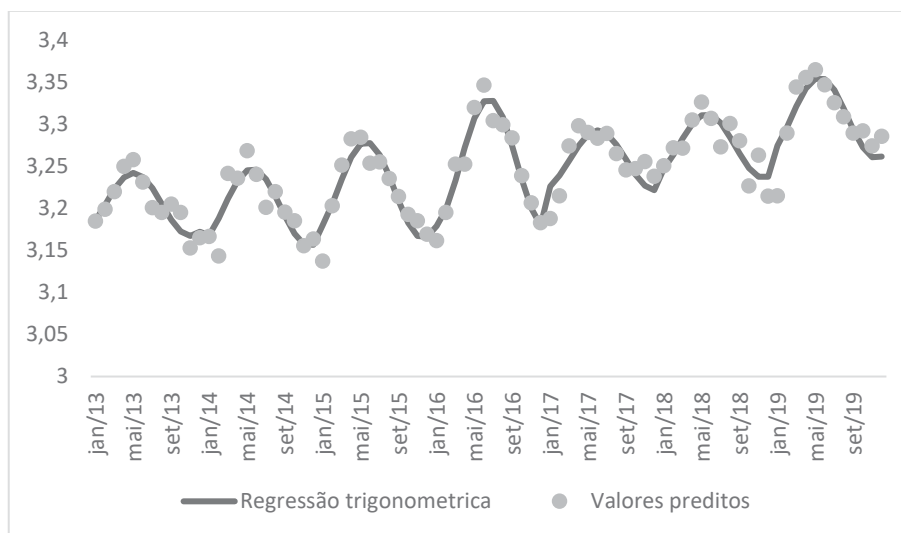
GRÁFICO 34 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA NO LEITE DE VACAS.



FONTE: O autor (2022)

A curva da regressão relacionada a concentração de proteína respondeu de uma forma regular, na tentativa da manutenção de um período próximo, como relatado acima e verificado no GRÁFICO 35. A correção das médias previstas com os valores da regressão ficou em 94,3%. Já a correlação das médias observadas com a média prevista ficou em 55%. Os ajustes do modelo, quando relacionamos a concentração de proteína, em relação aos ajustes feitos para a regressão trigonométrica ainda necessitam de melhorias (GRÁFICO 23GRÁFICO 35).

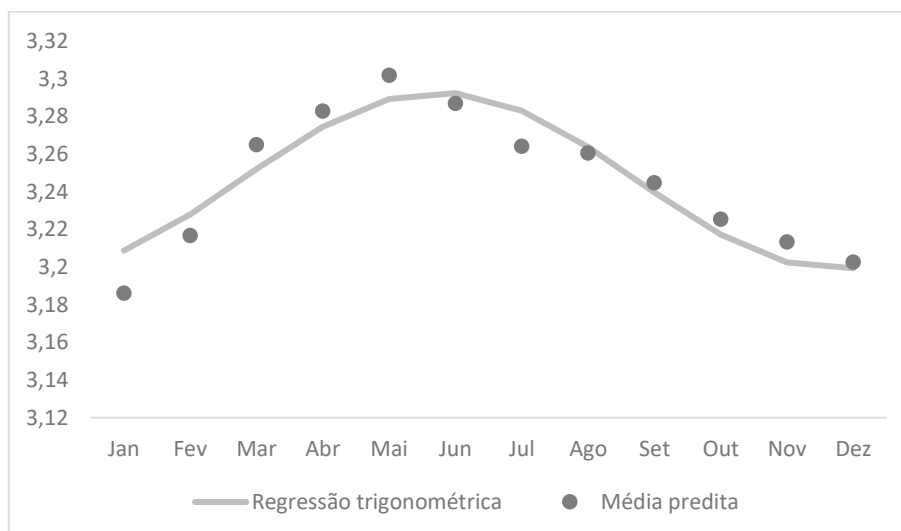
GRÁFICO 35 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DE VACAS AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.



FONTE: O autor (2022)

Com relação a curva de previsão para concentração de proteína, encontramos pico previsto para 26 de maio, conforme já relatado acima e com a curva bem próxima ao que foi encontrado para a concentração de proteína nos tanques de leite.

GRÁFICO 36 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO LEITE.



FONTE: O autor (2022)

A produção ou rendimento de proteína (em kg/d) ao longo dos anos seguiu um crescimento médio, apoiado pelo crescimento da produção de leite e da composição de proteína. O crescimento foi de 0,916 kg/d em 2013 para 1,035 kg/d em 2019. O crescimento em rendimento de proteína de 2013 para 2019 atingiu expressivos 12,9%.

Os dados apresentados da TABELA 17 expressam as informações observadas ao longo do período de 7 anos. As variações de rendimento de proteína foram de 11 de agosto (em 2015) até 07 de setembro (em 2013), uma diferença de 27 dias ou quase quatro semanas.

Esse resultado é similar ao encontrado anteriormente para rendimento de gordura e demonstra a influência que a média de produção de leite impõe ao modelo.

Os valores de rendimento de proteína acompanharam o crescimento da produção de leite e da concentração de proteína ao longo dos anos, apresentando uma maior variação em produção e amplitude a partir de 2016.

TABELA 17 - RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA O RENDIMENTO DE PROTEÍNA DO LEITE EM VACAS LEITEIRAS.

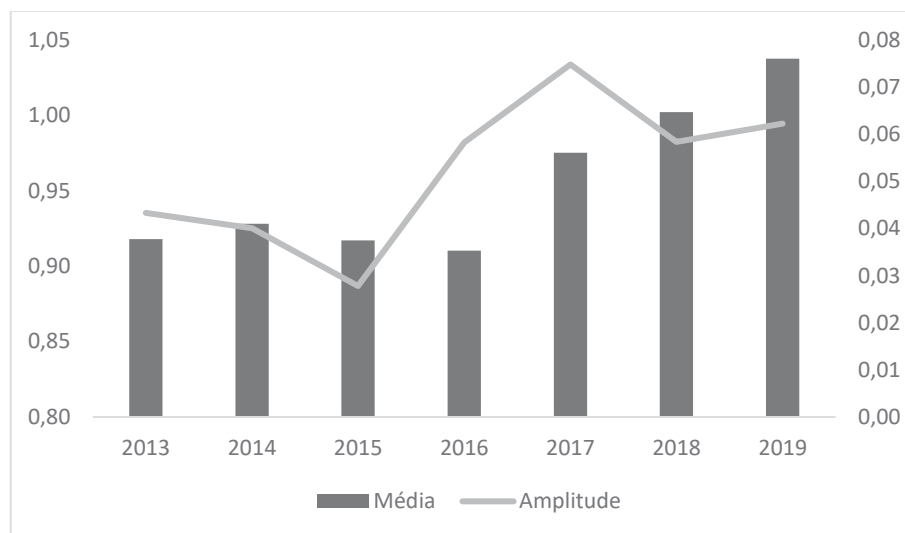
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	0,916 <sub>d</sub>	0,922 <sub>d</sub>	0,916 <sub>d</sub>	0,910 <sub>d</sub>	0,975 <sub>c</sub>	1,000 <sub>b</sub>	1,035 <sub>a</sub>	0,96
Máximo	0,96	0,97	0,94	0,97	1,05	1,06	1,10	1,00
Mínimo	0,88	0,89	0,89	0,85	0,9	0,94	0,98	0,91
Amplitude	0,04	0,04	0,03	0,06	0,07	0,06	0,06	0,04
Acrofase	8,2	7,54	7,32	7,62	7,34	7,78	7,67	7,64
Dia	249,35	229,46	222,8	231,87	223,13	236,68	233,24	232,3
Data	07-set	18-ago	11-ago	19-ago	12-ago	25-ago	22-ago	22-ago
F calculado	107,44	92,68	12,44	67,31	24,06	24,32	17,65	199,3

FONTE: O autor (2022)

Até essa data o rendimento de proteína se manteve relativamente constante e nos valores observados não apresentou diferença estatística nem da concentração de proteína em amostras de de vaca e não no rendimento de proteína (GRÁFICO 37).

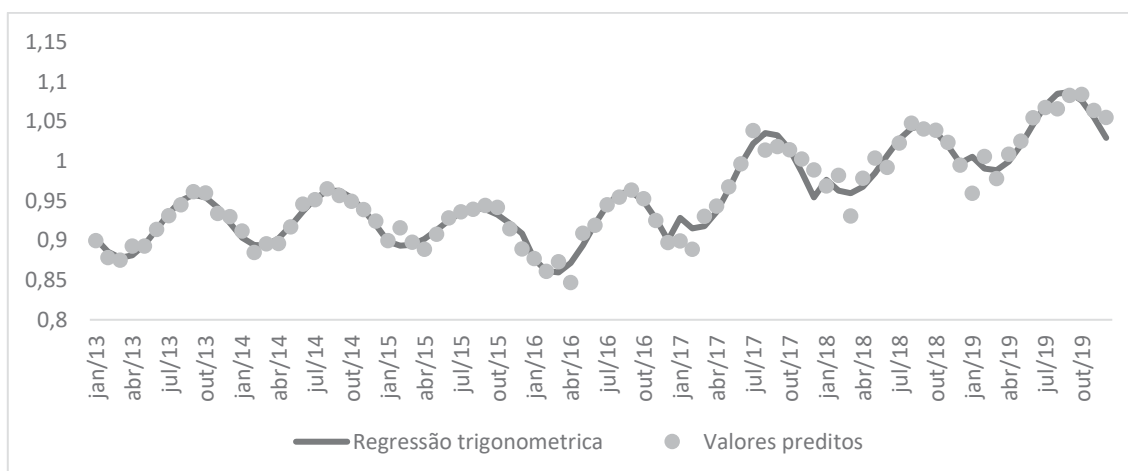
A correção das médias previstas com a regressão ficou em 98,9%. Já a correlação das médias observadas com a média prevista ficou em 55,6%. Os ajustes do modelo, quando relacionamos ao rendimento de proteína recebe um grande peso da média de produção de leite, similar ao que também ocorreu no rendimento de gordura (GRÁFICO 38).

GRÁFICO 37 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE RENDIMENTO DE PROTEÍNA NO LEITE DE VACAS.



FONTE: O autor (2022)

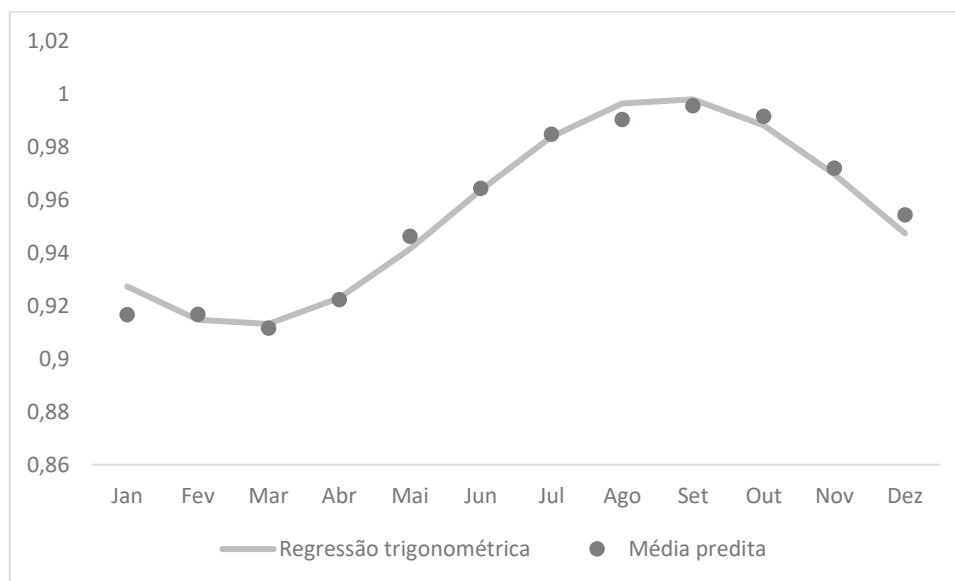
GRÁFICO 38 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA RENDIMENTO DE PROTEÍNA DAS VACAS EM LEITE AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019



FONTE: O autor (2022)

Com relação a curva de previsão para rendimento de proteína, encontramos pico previsto para 22 de agosto, conforme já relatado acima e com a curva bem próxima ao que foi encontrado para produção de leite para vacas em produção.

GRÁFICO 39 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA RENDIMENTO DE PROTEÍNA DO LEITE.



FONTE: O autor (2022)

Para os teores de lactose, encontramos os valores abaixo na TABELA 18. A variação ao longo dos anos aumentou de 4,58 (anos 2013, 2014 e 2015) para 4,62 (anos 2017, 2018 e 2019).

TABELA 18 – RESULTADOS DA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA COM AJUSTES PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE NO LEITE DE VACAS LEITEIRAS.

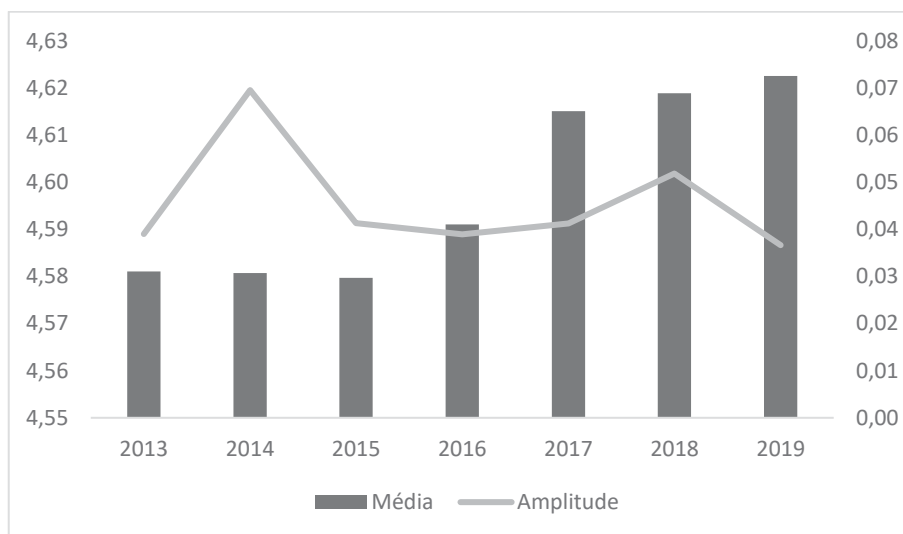
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	4,58 <sub>d</sub>	4,58 <sub>d</sub>	4,58 <sub>d</sub>	4,59 <sub>c</sub>	4,62 <sub>b</sub>	4,62 <sub>a,b</sub>	4,62 <sub>a</sub>	4,60
Máximo	4,62	4,65	4,62	4,63	4,66	4,67	4,66	4,64
Mínimo	4,54	4,51	4,54	4,55	4,57	4,57	4,59	4,56
Amplitude	0,04	0,07	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
Acrofase	8,44	8,64	8,49	8,20	8,56	8,54	8,86	8,53
Dia	256,80	262,70	258,28	249,54	260,34	259,73	269,37	259,52
Data	14-set	20-set	16-set	6-set	18-set	17-set	27-set	18-set
F calculado	14,88	23,54	70,66	27,77	13,75	28,60	45,62	132,40

FONTE: O autor (2022)

A concentração de lactose teve um pequeno incremento a partir de 2016. Como já foi descrito no capítulo anterior, a porcentagem de lactose tem correlação negativa com CCS.

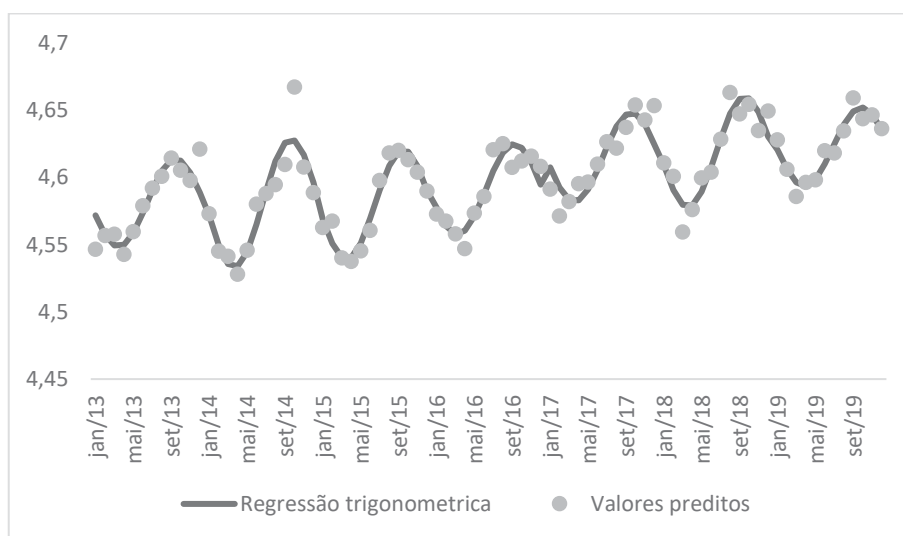
É possível observar no GRÁFICO 40 que amplitude para concentração de lactose não teve muito variação dentro das médias anuais, apesar do já citado aumento das médias.

GRÁFICO 40 - AMPLITUDE E MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE NO LEITE DE VACAS.



FONTE: O autor (2022)

GRÁFICO 41 - CURVA DE REGRESSÃO E VALORES PREDITOS PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE EM VACAS AO LONGO DOS ANOS DE 2013 A 2019.

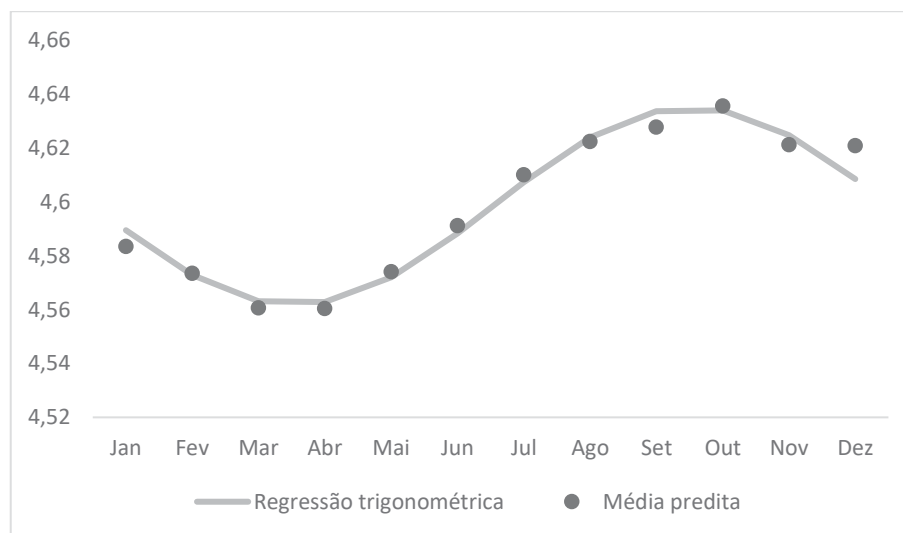


FONTE: O autor (2022)

Da mesma forma que a produção de leite e rendimentos de proteína e gordura, os picos de concentração de lactose estão em setembro, demonstrando sua relação direta com a produção de leite, ocorrendo entre os dias 06 de setembro (em 2016) e 27 de setembro (em 2019) as maiores médias de teor de lactose encontradas; uma diferença de 21 dias ou três semanas (GRÁFICO 42). A correlação da curva dos pontos de regressão com as médias preditas ficou em

98,3%, enquanto os valores observados e os valores preditos tiveram uma correção de 59,1%.

GRÁFICO 42 - CURVA DE VARIAÇÃO ESPERADA PARA CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE NO LEITE DE VACAS.



FONTE: O autor (2022)

Os valores de temperatura máxima apresentados na TABELA 19 demonstram a existência de 6 grupos de médias de temperaturas máximas e que esses grupos variam de 22,93°C (em 2013) a 24,55 °C (em 2019), um aumento de 1,62 °C na média, ou 7,1% ao longo dos anos.

A acrofase da temperatura máxima está entre 18 de dezembro (em 2015) e 12 de janeiro (em 2018), uma variação de 25 dias para a acrofase do dia mais quente do ano. A entrada do verão está diretamente relacionada com o pico de dia quente e depois o seu retorno para um novo ciclo de estações. No entendimento cotidiano, espera-se que o dia mais quente seria no meio do verão e não na mudança de estação. Porém, no ciclo de mudança de temperatura, teríamos poucos dias com maior período de luminosidade, esperando que no meio do verão, seriam dias longos e com temperaturas altas. Com os dados encontrado, verificamos que os dias longos estão na mudança da estação e corresponde com os dias mais quentes principalmente ligados a radiação e reflexão da incidência de raios UV do sol.

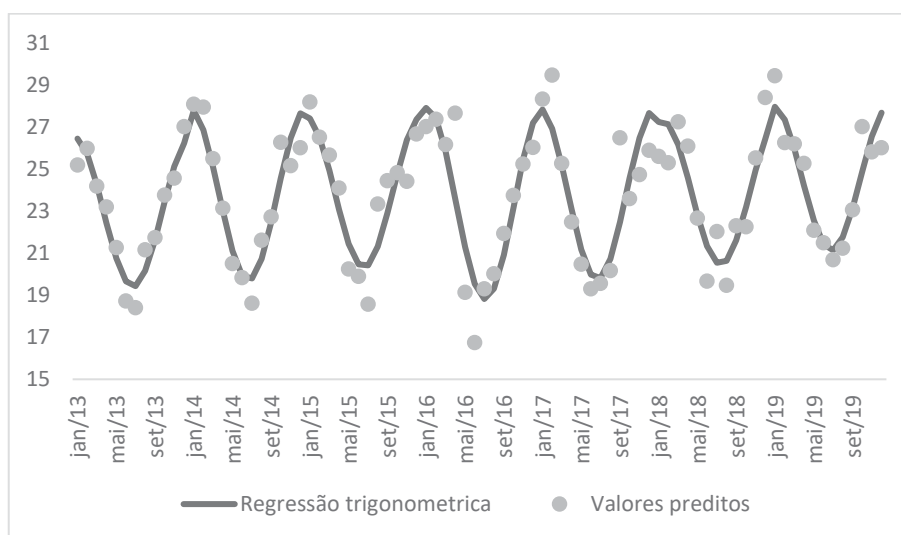
TABELA 19 - VALORES DE TEMPERATURA APLICADOS NA REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA DA FUNÇÃO COSENO.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Média	22,93 <sub>f</sub>	23,72 <sub>d</sub>	23,84 <sub>b,c</sub>	23,35 <sub>e</sub>	23,74 <sub>c,d</sub>	23,84 <sub>b,c</sub>	24,55 <sub>a</sub>	23,755
Máximo	27,242	28,528	28,725	28,823	28,908	28,359	28,929	27,768
Mínimo	18,420	19,058	19,105	17,913	18,738	19,419	20,179	19,741
Amplitude	4,300	4,735	4,810	5,455	5,085	4,470	4,375	4,014
Acrofase	11,726	11,630	11,546	12,092	11,645	12,392	11,813	11,833
Dia	356,670	353,756	351,188	367,808	354,208	376,917	359,312	359,919
Data	23-dez	20-dez	18-dez	2-jan	21-dez	12-jan	26-dez	27-dez
F calculado	52,563	39,745	19,097	16,763	14,151	14,725	24,393	69,411

FONTE: O autor (2022)

A correlação dos dados de temperatura com a regressão trigonométrica foi de 90,8%, demonstrados no GRÁFICO 43.

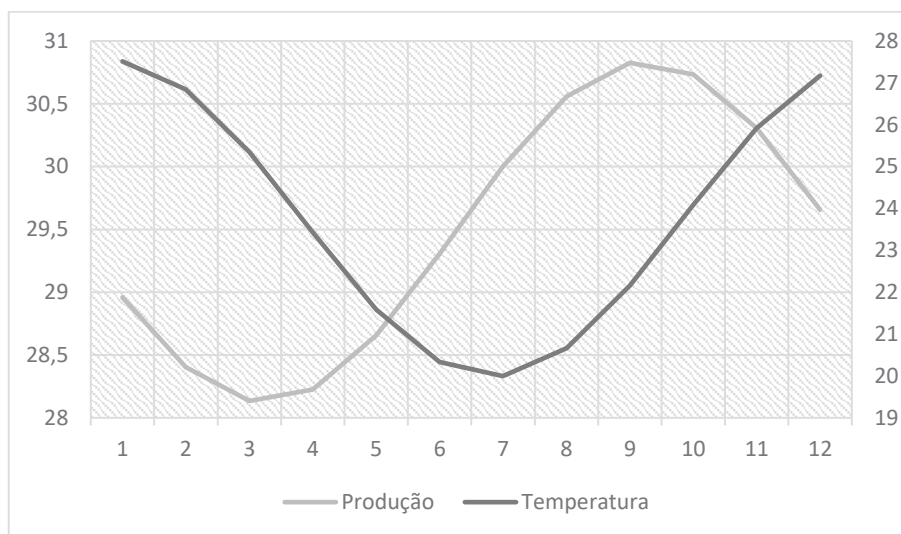
GRÁFICO 43 - REGRESSÃO TRIGONOMÉTRICA APLICADA A TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA AO LONGO DOS ANOS.



FONTE: O autor (2022)

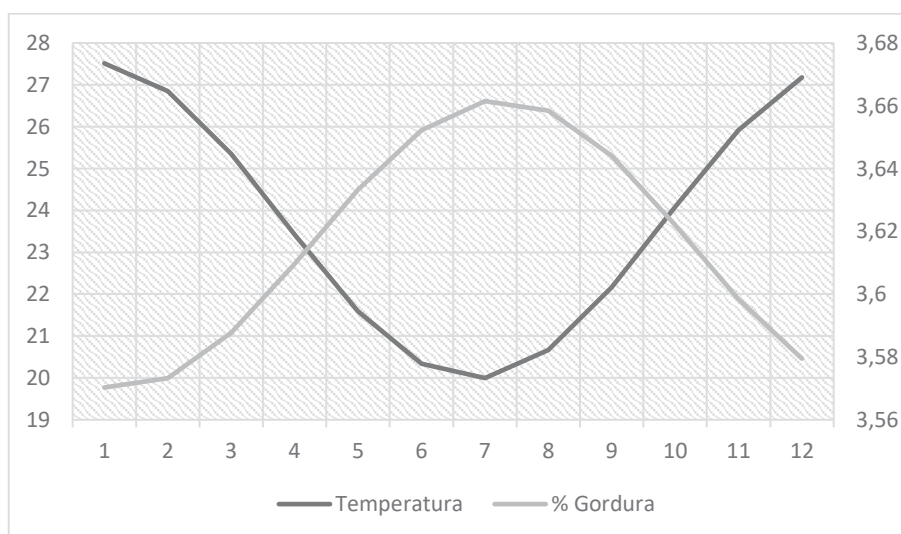
Após as verificações acima relacionadas, aplicamos os dois gráficos juntos, de produção de leite com temperatura e de gordura com temperatura, com o objetivo de verificarmos como ambos estão relacionadas, demonstrando a existência de uma correlação entre as regressões. Verificamos, que ambas as curvas trabalham em sincronismo sazonal, porém assíncronas em relação aos seus picos e nadir.

GRÁFICO 44 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CURVA DE TEMPERATURA COMPARADA COM A PRODUÇÃO DE LEITE MÉDIA DE VACAS.



FONTE: O autor (2022)

GRÁFICO 45 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CURVA DE TEMPERATURA COMPARADA COM A CONCENTRAÇÃO DE GORDURA NO LEITE DE VACAS.



FONTE: O autor (2022)

#### 4.4. DISCUSSÃO

De modo geral, a sazonalidade traz como consequência a instabilidade no volume de leite entregue nas plataformas das indústrias de recebimento de leite do país e por consequência contribui para a instabilidade no pagamento do leite aos produtores.

Em cenários em que as políticas sazonais de preços e cotas de produção estão em vigor, como um esforço para reduzir a sazonalidade na oferta de leite para a indústria, informações de sazonalidade que suportam a gestão e análise econômica podem beneficiar regiões ou rebanhos específicos. O conhecimento sobre fatores responsáveis pela sazonalidade e seus impactos nas propriedades, trazem benefícios adicionais para a gestão do negócio. Uma visão dos impactos econômicos nas decisões de médio e longo prazo são importantes para o negócio e para o produtor.

Um dos pontos de questionamento sobre a sazonalidade no Brasil está relacionada em grande parte ao sistema de produção voltado integralmente ou parcialmente ao pasto e seus processos de gestão. A pergunta principal estaria relacionada a disponibilidade de alimento, sendo que a principal característica de produção de leite nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste é ser tipicamente sazonal, visto que a oferta de gramíneas tropicais é maior no verão e menor no inverno.

As forrageiras tropicais produzem mais no verão, o que causa maior produção de leite nesse período. A concentração da produção de forragem no verão resulta, também, em menor custo de produção de leite no verão, porque reduz o consumo de concentrado pelo rebanho. A combinação de maior produção de leite com menor custo de produção no verão cria condições para reduzir o preço pago ao produtor nessa época, visto que o preço de sobrevivência deste é menor. Além desses fatores, sobressai ainda a não especialização do rebanho nacional, fator esse que onera a produção, uma vez que a produção é de baixa produtividade e qualidade. Assim, a sazonalidade da produção é acompanhada pela sazonalidade do preço do leite.

Nos sistemas de produção brasileiros, como relatado acima, as produções maiores são explicadas pelo período de maior produção de forrageiras. Outro ponto a destacar é que os animais da raça Holandesa não estão bem adaptados como os zebuínos a suportarem estas temperaturas mais altas. Essa diferença é importante e singular na produção de leite no Brasil, tendo em vista que os principais impactos quando tratamos de produção de leite são frequentemente atribuídas ao estresse térmico.

O estresse calórico ocorre durante o meio e o final do verão por causa da alta temperatura e da elevada umidade relativa do ambiente (West, 2003).

Embora os efeitos do estresse calórico na produção de leite estejam bem estabelecidos, vários fatores sugerem que o ritmo anual da síntese do leite é influenciado por fatores além do estresse calórico.

Primeiro, se a diminuição da produção no verão fosse causada apenas pelo estresse térmico, a produção anual deveria permanecer estável durante o outono até a primavera, com um declínio agudo na produção durante o verão. Além disso, o nadir da produção de leite ocorre no início de outono, bem após o pico da temperatura.

Por outro lado, se a produção brasileira tivesse altas produções no verão devido a maior disponibilidade das forrageiras, o volume de produção nos laticínios não acompanharia os preços de mercado e não seria necessário formar cotas no início do ano para evitar grandes produções no inverno e primavera.

No outono as espécies forrageiras tropicais estão no final do ciclo produtivo, apresentando menores teores de carboidratos não fibrosos e maiores teores de fibra em detergente neutro, permitindo assim, o aumento no teor de gordura no leite (Férrer et al., 2018). Esse poderia ser o caso em muitas regiões brasileiras, que utilizam raças zebuínas e pastagens para a produção de leite. A verificação desse ambiente nutricional propício para o aumento de gordura no leite, é a principal explicação até o momento para o aumento de sólidos no outono e no inverno.

A manipulação do fotoperíodo tem sido extensivamente estudada por seus efeitos na produção de leite (Salfer et al., 2018) As vacas aumentam consistentemente a produção de leite quando colocadas em um fotoperíodo com mais de 12 h de luz, com resposta máxima ocorrendo em um fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 horas de escuridão (Reksen et al., 1999). Este efeito pode estar relacionado a alterações hormonais causadas pela iluminação. Dahl et al. (1997) estabeleceram que o aumento da síntese do leite devido a um fotoperíodo artificial de 18 horas de luz está associado ao aumento das concentrações de IGF-1 circulante. Embora o efeito direto do IGF-1 na síntese do leite não esteja claro, sua concentração é aumentada após tratamento exógeno com somatotropina bovina recombinante, sugerindo um potencial aumento da produção de leite (Bauman & Vernon, 1993).

As concentrações de prolactina plasmática também são consistentemente elevadas sob iluminação mais longa (Lacasse et al., 2014; Stanisiewski et al.,

1988; Tucker et al., 1984). A prolactina é um importante motor de mudanças fisiológicas sazonais em outras espécies de mamíferos, impulsionando mudanças na reprodução (Martinet et al., 1984). Embora tenha sido sugerida uma associação entre prolactina e síntese de leite, o efeito não parece ser direto porque nenhuma resposta à prolactina exógena sobre a produção de leite foi observada em bovinos (Lacasse et al., 2012; Plaut et al., 1987).

O tratamento de longo prazo necessário para provocar os efeitos de longo fotoperíodo na síntese do leite fornece suporte adicional para este mecanismo. Em outras espécies, um fotoperíodo fixo deve ser aplicado por 4 a 12 semanas antes da indução ter efeito, o que é consistente com dados que sugerem que o efeito da iluminação sobre a produção de leite não se manifesta até 4 semanas após a administração (Dahl et al., 2000). Embora este mecanismo pareça uma explicação promissora para a incongruência entre o ritmo anual, ainda não foi bem examinado em vacas e novas pesquisas devem ser realizadas para investigar esse efeito (Salfer et al., 2018).

Salfer et al. (2019) examinaram o genótipo no locus diacilglicerol O-aciltransferase 1 (DGAT1) para determinar sua influência nos ritmos anuais de concentração de gordura, rendimento de gordura e produção de leite. O polimorfismo K2332A no gene DGAT1 é responsável por até 50% da variação genética na produção de gordura do leite (Salfer et al., 2019). O genótipo AA está associado à alta concentração de gordura do leite, o genótipo KK está associado com baixa gordura do leite, e o heterozigoto KA resulta em um fenótipo intermediário (Sartori et al., 2002). O experimento confirmou os resultados anteriores, com as vacas AA produzindo leite com uma concentração de gordura de leite 0,25% maior do que as vacas KA, que foi 0,36% maior que a KK.

Ritmos anuais de quase todas as variáveis de produção persistiram independentemente do genótipo DGAT1, com uma exceção única sendo a produção de leite em vacas com o genótipo AA. A razão para a falta de um ritmo anual neste grupo não é clara, mas pode ser uma consequência de uma menor prevalência desse genótipo. Foram detectados ritmos anuais para concentração e rendimento de gordura dentro do grupo AA. A conclusão do estudo de Salfer et al. (2019) é que o genótipo DGAT1 dos animais não afetou a forma dos ritmos anuais de concentração ou rendimento de gordura, com amplitudes e fases

semelhantes em todos os grupos. Estes resultados são semelhantes aos observados por Duchemin et al. (2013) que observaram que a concentração de gordura do leite não foi afetada pela interação do genótipo DGAT1 e estação, embora tenham observado uma interação entre o DGAT e o leite produzido no verão vs. inverno para concentração de ácidos graxos insaturados.

Quando comparamos os nossos resultados com os obtidos pelos pesquisadores acima citados, verificamos que mesmo sem as informações de DGAT dos rebanhos brasileiros, a condição de uma possibilidade de diferenciação nutricional, conforme relacionado devido às diversas formas produtivas, principalmente aos aspectos de produção a pasto, poderiam ser tão impactantes quanto a ocorrência deste gene. Isto posto, verificamos que os resultados são similares aos encontrados no hemisfério Norte, os efeitos estudados são aplicados de forma a avaliar os aspectos da sazonalidade endógena e confirmar efetivamente a suspeita de um relógio biológico aplicado a sazonalidade do fotoperíodo.

Além disso, maior número de lactações foi associado a picos ligeiramente anteriores em ritmos anuais de proteína do leite e rendimento de gordura (Salfer et al., 2018). A causa das alterações não é clara, mas pode estar relacionada ao aumento de produção observado à medida que o número de lactações aumenta.

Um ritmo sazonal na produção e composição do leite pode ser adaptável para melhorar e otimizar a nutrição dos neonatos. Do ponto de vista biológico, há uma clara vantagem em fornecer aos filhotes leite de alta energia, com altos teores de gordura e proteína, durante os meses de inverno. Em outros organismos, ritmos sazonais funcionam para maximizar o sucesso reprodutivo, com o objetivo de permitir que os recém-nascidos venham a nascer durante períodos de alta disponibilidade alimentar e condições climáticas favoráveis (Lincoln et al., 2003).

Como um componente importante da reprodução dos mamíferos, é razoável esperar que a lactação siga de forma semelhante a um ritmo anual e forneça mais leite e maior gordura e proteína aos recém-nascidos no inverno, quando as demandas energéticas são maiores.

A reprodução sazonal em ovelhas parece ser coordenada por interações do fotoperíodo e genes com relação direta aos relógios circadianos localizados dentro do hipotálamo. A melatonina é liberada da glândula pineal durante a fase

escura do fotoperíodo e se liga com alta afinidade ao hipotálamo (Johnston et al., 2006). A duração da liberação da melatonina afeta os genes presentes no hipotálamo, que age para influenciar a frequência pulsante do GnRH, afetando assim a resposta reprodutiva (Misztal et al., 2002). Embora este mecanismo seja bem caracterizado para controlar a reprodução sazonal, há escassez de pesquisas que examinam a presença de mecanismos que regem os ritmos anuais de lactação.

Os bovinos normalmente aumentam o consumo de ração no inverno e Ueda et al. (2016) relataram que matéria seca e fibra no rúmen de vacas leiteiras é maior no outono do que na primavera, com uma relação recíproca para a concentração de AGV ruminal. Fatores endócrinos que regulam o consumo têm sido relatados para seguir um ritmo anual em outros animais.

Existe a possibilidade lógica de aumento de energia do leite para que o neonato possa ter seu desenvolvimento constante e os fatores endógenos para que isso ocorra estão relacionados ao relógio do ciclo circadiano.

#### **4.5. CONCLUSÕES**

Existe um paradoxo na produção de leite ligada a temperatura e a sazonalidade de produção. Encontramos que o máximo de produção não está na estação que possui menor temperatura máxima ao longo do ano. No entanto, as maiores concentrações de gordura e proteína são encontrados nos meses de junho e julho, meses com menores temperaturas.

Concluimos que o observado no hemisfério Sul é similar ao observado nos Estados Unidos, porém diretamente oposto devido as estações do ano serem opostas.

As previsões para concentrações de gordura e proteína são menos ajustáveis aos modelos de sazonalidade do que as variáveis produção de leite, rendimentos de gordura e proteína e concentração de lactose.

É possível que a fisiologia tenha uma maior influência no processo de sazonalidade do que era previsto até o momento. Com o avanço das tecnologias que auxiliam na manutenção de temperatura, conforto animal e nutrição de precisão, as variações endógenas estão mais evidenciadas. Mais estudos

voltados para o tema principalmente nos processos que estão relacionados a fisiologia da reprodução e nutrição do neonato são necessárias.

Conhecer a sazonalidade de produção, dos componentes do leite e da fisiologia do animal, podem trazer vantagens econômicas para os produtores, principalmente antecipando-se nos processos de aquisição de insumos, de planejamento nas parições ou mesmo na tomada de decisão de estratégias nutricionais para incremento de sólidos do leite.

#### 4.6. REFERÊNCIAS

Bauman, D. E., & Vernon, R. G. (1993). Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. *Annu. Rev. Nutr.*, 13, 437–461. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.13.070193.002253>

Bourdon, L., Buguet, A., Cucherat, M., & Radomski, M. W. (1995). Use of a spreadsheet program for circadian analysis of biological/physiological data. *Aviat. Space Environ. Med.*, 66, 787–791.

Carvalho, P. A., Sanchez, L. M. B., Pires, C. C., Viégas, J., Velho, J. P., & Paris, W. (2003). Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bezerros machos de origem leiteira do nascimento aos 110 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1484–1491. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000600024>

Cornelissen, G. (2014). Cosinor-based rhythmometry. In Theor (pp. 1–24). <https://doi.org/10.1186/1742-4682-11-16>

Dahl, G. E., Buchanan, B. A., & Tucker, H. A. (2000). Photoperiodic effects on dairy cattle: A review. *J. Dairy Sci.*, 83, 885–893.

Dahl, G. E., Elsasser, T. H., Capuco, A. v, Erdman, R. A., & Peters, R. R. (1997). Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor- I. *J. Dairy Sci*, 80, 2784–2789. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76241-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76241-6)

Duchemin, S., Bovenhuis, H., Stoop, W. M., Bouwman, A. C., van Arendonk, J. A. M., & Visker, M. H. P. W. (2013). Genetic correlation between composition of bovine milk fat in winter and summer, and DGAT1 and SCD1 by season interactions. *J. Dairy Sci*, 96, 592–604. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5454>

Glatting, G., Kletting, P., Reske, S. N., Hohl, K., & Ring, C. (2007). Choosing the optimal fit function: Comparison of the Akaike information criterion and the F-test. *Med. Phys.*, 34, 4285–4292.

Hansen, P. J. (1985). Seasonal modulation of puberty and the postpartum anestrus in cattle: A review. *Livest. Prod. Sci.*, 12, 309–327.

Johnston, J. D., Tournier, B. B., Andersson, H., Masson-Pévet, M., Lincoln, G. A., & Hazlerigg, D. G. (2006). Multiple effects of melatonin on rhythmic clock gene expression in the mammalian pars tuberalis. *Endocrinology*, 147, 959–965. <https://doi.org/10.1210/en.2005-1100>

Kendall, P. E., & Webster, J. R. (2009). Season and physiological status affects the circadian body temperature rhythm of dairy cows. *Livest. Sci*, 125, 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.004>

Lacasse, P., Lollivier, V., Dessauge, F., Bruckmaier, R. M., Ollier, S., & Boutinaud, M. (2012). New developments on the galactopoietic role of prolactin in dairy ruminants. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 43, 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2011.12.007>

Lacasse, P., Vinet, C. M., & Petitclerc, D. (2014). Effect of prepartum photoperiod and melatonin feeding on milk production and prolactin concentration in dairy heifers and cows. *J. Dairy Sci*, 97, 3589–3598. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7615>

Lincoln, G. A., Anderson, H., & Loudon, A. (2003). Clock genes in calendar cells as the basis of annual timekeeping in mammals - a unifying hypothesis. *J. Endocrinol.*, 179, 1–13. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1790001>

Martinet, L., Allain, D., & Weiner, C. (1984). Role of prolactin in the photoperiodic control of moulting in the mink (*Mustela vison*). *J. Endocrinol.*, 103, 9–15. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1030009>

Misztal, T., Romanowicz, K., & Barcikowski, B. (2002). Melatonin-a modulator of the GnRH/LH axis in sheep. *Reprod. Biol*, 2, 267–275.

Nascimento, P. V. N., da Silva, F. F., Veloso, C. M., Bonomo, P., Teixeira, F. A., & Neto, J. G. (2009). Exigências nutricionais de bezerros da raça Holandesa alimentados com concentrado e feno de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(8), 1605–1613. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000800027>

Petitclerc, D., Peters, R. R., Chapin, L. T., Oxender, W. D., Refsal, K. R., Braun, R. K., & Tucker, H. A. (1983). Effect of blinding and pinealectomy on photoperiod and seasonal variations in secretion of prolactin in cattle. In *Exp* (pp. 205–211). 174-41726. [https://doi.org/10.3181/00379727-](https://doi.org/10.3181/00379727-174-41726)

Piccione, G., Messina, V., Scianó, S., Assenza, A., Orefice, T., Vazzana, I., & Zumbo, A. (2012). Annual changes of some metabolic parameters in dairy cows in the Mediterranean area. *Vet*, 82, 229–238.

Plaut, K., Bauman, D. E., Agergaard, N., & Akers, R. M. (1987). Effect of exogenous prolactin administration on lactational performance of dairy cows. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 4, 279–290. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(87\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0739-7240(87)90024-5)

Reksen, O., Tverdal, A., Landsverk, K., Kommisrud, E., Bøe, K. E., & Ropstad, E. (1999). Effects of photointensity and photoperiod on milk yield and reproductive performance of Norwegian Red cattle. *J. Dairy Sci*, 82(810), 75300–75302. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)

Salfer, I., Harvatine, K., Salfer, I. J., & Harvatine<sup>1</sup>, K. J. (2018). Seasonal variation in milk composition ResearchGate Seasonal Variation in Milk Composition. <https://www.researchgate.net/publication/327139271>

Salfer, I. J., Bartell, P. A., Dechow, C. D., & Harvatine, K. J. (2020). Annual rhythms of milk synthesis in dairy herds in 4 regions of the United States and their relationships to environmental indicators. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3696–3707. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17362>

Salfer, I. J., Dechow, C. D., & Harvatine, K. J. (2019). Annual rhythms of milk and milk fat and protein production in dairy cattle in the United States. *J. Dairy Sci*, 102, 742–753. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15040>

Sartori, R., Sartor-Bergfelt, R., Mertens, S. A., Guenther, J. N., Parrish, J. J., & Wiltbank, M. C. (2002). Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *Journal of Dairy Science*, 85(11), 2803–2812.

Signoretti, R. D., Coelho Da Silva, J. F., Valadares Filho, S. D. C., Pereira, J. C., Cecon, P. R., de Araújo, G. G. L., & de Queiroz, A. C. (1999). Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros da raça holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28(1), 195–204. <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000100028>

Stanisiewski, E. P., Chapin, L. T., Ames, N. K., Zinn, S. A., & Tucker, H. A. (1988). Melatonin and prolactin concentrations in blood of cattle exposed to 8, 16 or 24 hours of daily light. *J. Anim. Sci*, 66, 727–734. <https://doi.org/10.2527/jas1988.663727x>

Tucker, H. A., Petitclerc, D., & Zinn, S. A. (1984). The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. *J. Anim. Sci*, 59, 1610–1620. <https://doi.org/10.2527/jas1984.5961610x>

Ueda, K., Mitani, T., & Kondo, S. (2016). Relationship of rumen fill and fermentation to diurnal and seasonal variation of herbage intake in dairy cows grazed on perennial ryegrass pasture. *Anim. Sci*, 87, 1148–1156. <https://doi.org/10.1111/asj.12563>

West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci*, 86, 2131–2144. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)



## CAPÍTULO IV

RELAÇÃO DOS ASPECTOS DE MANEJO E NUTRIÇÃO COM O PERFIL DE  
ÁCIDOS GRAXOS EM TANQUES DE LEITE DE REBANHOS LEITEIROS NO  
BRASIL

## RELAÇÃO DOS ASPECTOS DE MANEJO E NUTRIÇÃO COM O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS EM TANQUES DE LEITE DE REBANHOS LEITEIROS NO BRASIL

### RESUMO

Este estudo investigou a relação de práticas de manejo, características alimentares, composição do leite e desempenho produtivo com o perfil de ácidos graxos (AG) em tanques de leite de rebanhos leiteiros. Nossa hipótese é que os rebanhos com maior concentração de AG *De Novo*, que são AG de cadeia curta e média sintetizados na glândula mamária, utilizariam melhores práticas de manejo e nutrição conhecidas por otimizar condições ruminais e que essas práticas acompanhavam a mudança das estações ao longo do ano. Trinta fazendas leiteiras, predominantemente da raça Holandesa, foram divididas em três grupos de acordo com os valores de AG *De Novo* expressos em g/100g de AG; AltoDN com média de 26,82, MédioDN com média de 25,48 e BaixoDN com média de 23,45 g/100g de AG. Foram realizadas 4 visitas em cada rebanho ao longo do ano de 2021, totalizando 120 visitas. Foram coletadas informações das práticas de manejo e das instalações. Foram coletadas e analisadas amostras de silagem de milho para composição química e de fezes para análise de amido fecal. Rebanhos ADN apresentaram maiores % de gordura e de % proteína que rebanhos BDN. Rebanhos ADN apresentaram menor densidade de vacas (m<sup>2</sup>/vacas) do que rebanhos BDN. Não foram detectadas diferenças entre rebanhos ADN e BDN para teores dietéticos de proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro e amido. No entanto, o teor de extrato etéreo dietético foi maior para os rebanhos ADN vs. BDN. Em resumo, rebanhos com instalações de alta densidade animal e mudanças mais frequentes na composição da dieta estão associados à menor síntese de AG *De Novo* e à redução da gordura do leite.

Palavras-chave: Perfil de ácidos graxos. Composição do leite. Manejo e nutrição de rebanhos leiteiros.

## MANAGEMENT AND NUTRITIONAL CONSIDERATIONS REGARDING THE FATTY ACID PROFILE OF MILK TANKS FROM BRAZILIAN DAIRY FARMS

### ABSTRACT

This study examined the correlation between Holstein dairy farm management techniques, feed characteristics, milk composition, and lactation performance and the De Novo Synthesis fatty acid profile in bulk milk. Our prediction was that farms with the highest concentration of FA de novo would implement superior management and feeding techniques known to maximize rumen conditions, and that these practices would fluctuate with the seasons. The 30 farms were separated into three groups based on the De Novo AG values reported in grams per one hundred grams of AG. The average HighDN is 26.82, the average MediumDN is 25.48, and the average LowDN is 23.45. In 2021, four visits were carried out. The collection of information about management procedures. Additionally, information regarding the cows' barns and housing structures was obtained. Samples of corn silage were collected and tested for their chemical content. There were no discrepancies across farms regarding milking days. We discovered differences across groups in terms of percent fat, percent protein, and AG De Novo, with DNA farms having more variances than BDN farms. ADN farms have a lower cow density than BDN farms (m<sup>2</sup>/cows). There were no variations in dietary dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, or starch between DNA and BDN farms. However, DNA farmers had a higher diet ether extract than BDN farms. This study reveals that high-density facilities and dietary composition alterations are associated with decreased De Novo AG synthesis and decreased milk fat on dairy farms.

Palavras-chave: Fatty acid profile. Milk composition. Management and nutrition of dairy herds.

## 5.1. INTRODUÇÃO

Em amostras de tanques leite coletadas de 3 a 20 vezes por mês em 430 fazendas comerciais norte-americanas por 15 meses, Barbano et al. (2014) identificaram correlações positivas entre a concentração de ácidos graxos (AG) *De Novo* (C4 a C14) no leite e as concentrações de gordura e proteína no leite. Conseqüentemente, identificar fatores de manejo e dietéticos relacionados à concentração de AG *De Novo* pode ser útil para fazer recomendações aos produtores com foco no aumento dos teores de gordura e proteína e melhorar a renda menos o custo alimentar de rebanhos leiteiros.

Para vacas Holandesas de alta produção, AG *De Novo* normalmente representam de 18 a 28% do total de AG da gordura de leite (Jensen, 2002b). Os perfis de AG variam devido a fatores animais como raça e genética e devido ao estágio de lactação (Woolpert et al., 2017b). Além disso, práticas nutricionais e de manejo podem influenciar os perfis de AG da gordura do leite e são os fatores ambientais predominantes que afetam a síntese de AG *De Novo* (Bauman & Griinari, 2003b; Palmquist et al., 1993).

Dietas ricas em carboidratos fermentáveis e AG polinsaturados podem resultar na depressão da gordura do leite (DGL) através do aumento dos processos de biohidrogenação ruminal, levando à formação de isômeros de CLA, que regulam a expressão de genes relacionados à síntese de AG *De Novo*, conforme já descrito no capítulo 1 dessa tese e mecanismo descrito por Harvatine & Bauman (2011). Além disso, práticas de manejo que mudam o comportamento alimentar, como densidade muito alta de vacas nos estábulos, competição para alimentação por conta de pouco espaçamento de cocho (< 0,7 m/vaca) ou ainda primíparas submissas impedidas de chegar ao cocho por multíparas dominantes (Sova et al., 2013), podem aumentar o risco de uma vaca ter um pH ruminal baixo (French & Kennelly, 1990b) gerando uma redução no teor de gordura do leite (Allen, 1997). Conseqüentemente, o teor de AG *De Novo* pode servir como um indicador das condições de fermentação ruminal.

Pela facilidade e rapidez que a composição de AG é determinada usando tecnologias de infravermelho médio proximal, as informações fornecidas sobre o estado nutricional do rebanho, as práticas de manejo, nutrição e instalações são os principais fatores que podem afetar o perfil de ácidos graxos do leite

(Palmquist et al., 1993). Woolpert et al. (2016, 2017) observaram que fazendas com maior porcentagem de gordura e com maior concentração de AG *De Novo* proporcionaram maior espaço de cocho para alimentação, menor densidade populacional e vacas foram alimentadas com TMR pelo menos duas vezes ao dia. Pesquisas anteriores avaliaram os efeitos de fatores alimentares ou de manejo nos perfis de AG do leite (Grummer, 1991; Harvatine et al., 2009; Neville & Picciano, 1997b; Palmquist et al., 1993).

Mais recentemente um novo estudo foi publicado (Castro et al., 2022), que apresentou resultados similares aos de Woolpert et al. (2016). Foram detectadas fortes relações positivas entre produção de leite, porcentagem de gordura, AG *De Novo* (AG C4 a C14), AG mistos (AG C16) e AG pré-formados (AG  $\geq$  C18), demonstrando que quando a produção de leite aumenta, o rendimento (kg/d) de todos esses componentes do leite também aumentam (Harvatine & Allen, 2005; Machado et al., 2017). Concluíram que devemos ter cuidado ao avaliar apenas as concentrações do tanque (g/100 g de leite) porque as variações no teor de AG podem estar relacionadas a outros fatores que levam a mudanças na produção de leite e, conseqüentemente, alteram a concentração de AG.

Por isso, o objetivo deste estudo foi conhecer o perfil de AG da gordura nos tanques de leite de rebanhos no Brasil, verificando as particularidades de manejo, composição alimentar, composição do leite e desempenho produtivo de rebanhos categorizados como Alto, Médio e Baixo *De Novo*.

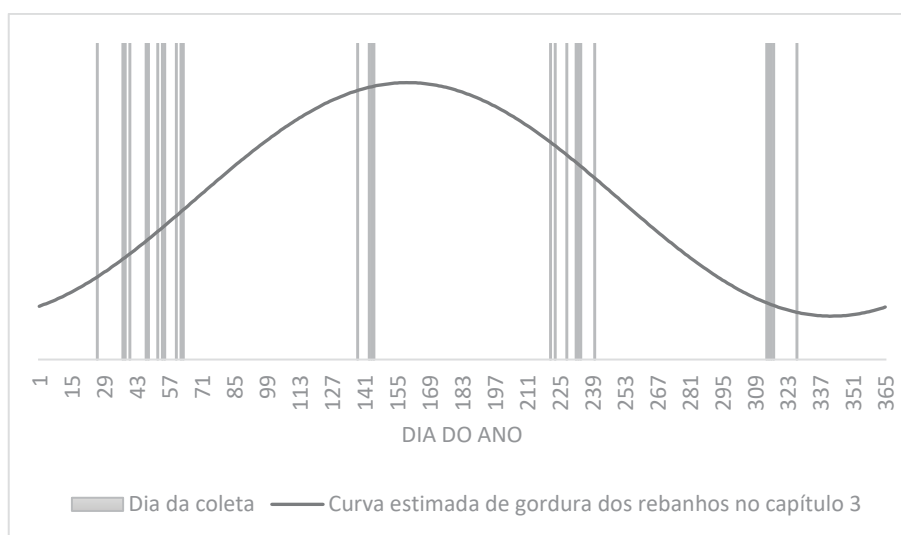
## 5.2. METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados em 29 rebanhos na região dos Campos Gerais do Paraná, correspondendo a uma fazenda em Ponta Grossa, três em Carambeí, duas em Arapoti, 23 fazendas na região de Castro e uma fazenda em Cristalina, no estado de Goiás. No grupo de fazendas da região dos Campos Gerais do Paraná, a distância horizontal da fazenda mais ao norte para a fazenda mais ao sul foi de 105,4 km, sendo a maior latitude 25°00'53.1"S e a menor latitude 24°08'40.0"S. A fazenda no estado de Goiás está localizada na latitude 16°53'17.9"S. Em estudos relativos a sazonalidade, considerar a latitude dos rebanhos participantes mostrou-se importante.

Ao total foram realizadas 4 coletas no ano, sendo as coletas realizadas uma em cada estação do ano. As visitas ocorreram durante todo o ano de 2021. Os dias de coleta ocorreram dentro das estações, buscando períodos de consolidação da estação em detrimento a momentos de proximidade com a mudança de estações.

Em média as coletas ocorreram 60 dias após o momento de mudança de estação previsto no calendário, da seguinte forma: Outono: 20 de março (dia 79), coletas realizadas em maio; Inverno: 21 de junho (dia 172), coletas realizadas em agosto; Primavera: 22 de setembro (dia 265), coletas realizadas em novembro; Verão: 21 de dezembro (dia 355), coletas realizadas em fevereiro (GRÁFICO 46).

GRÁFICO 46 - RELAÇÃO DA CURVA DE GORDURA DO LEITE COM A DATA DA COLETA DE DADOS A CAMPO.



FONTE: O autor (2022)

Os rebanhos foram escolhidos a partir de dois critérios principais: predominância de animais da raça Holandesa e inscrito no controle leiteiro oficial. Também foram buscadas similaridades do sistema de produção, aceite dos produtores e seus nutricionistas em compartilhar as distintas dietas das vacas em lactação, facilidade para realizar as coletas e envolvimento com o time de campo.

Verificamos no primeiro momento que não existia a influência das estações sobre o perfil de ácidos graxos e principalmente no perfil de AG

oriundos da síntese *De Novo*, conforme o processo de categorização de Woolpert et al. (2016a).

As fazendas foram categorizadas em três grupos, sendo Alto *De Novo* (**ADN**;  $26,82 \pm 0,69$  g/100g AG), Médio *De Novo* (**MDN**;  $25,48 \pm 0,40$  g/100g AG) ou Baixo *De Novo* (**BDN**;  $23,45 \pm 1,73$  g/100g AG) com base na concentração média de AG *De Novo* no leite. A divisão seguiu o procedimento de tercil, sendo usado o terço inferior e o terço superior para verificação dos dados que dividem precisamente o número de fazendas em cada grupo. Devido a não existência de diferença estatística para estação na proporção de AG *De Novo*, assumiu-se que cada coleta era uma nova fazenda, principalmente devido as diferenças de nutrição, manejo e ajustes distintos em cada visita.

Os dados das divisões das fazendas ao longo das 4 estações juntamente com o perfil predominante do rebanho encontram-se no QUADRO 3. Por esse quadro é possível identificar que normalmente existe uma clara predominância entre os grupos que foram atribuídos de alta, média e baixa proporção de AG *De Novo* e as fazendas. A maior parte das fazendas em que há acesso à pasto, apresentou perfil médio e alto de síntese *De Novo*. No verão 10 fazendas foram categorizadas BDN, 11 MDN e 9 ADN. No outono 12 fazendas BDN, 9 MDN e 8 ADN. No inverno 6 fazendas foram classificadas como BDN, 11 MDN e 13 ADN. E finalmente na primavera 12 fazendas foram agrupadas como BDN, 8 MDN e 10 ADN. A somatória dos grupos manteve uma igual distribuição entre visitas aos rebanhos, sendo 40 BDN, 39 MDN e 40 ADN. Uma única amostra de leite foi perdida e coleta de informações no Outono.

Em cada uma das 120 visitas (30 rebanhos x 4 estações) eram coletadas os seguintes dados: tamanho do barracão ou estábulo, comprimento da linha de cocho, número de camas, número de animais no lote de alta produção, número de tratos por dia e número de vezes que as dietas eram empurradas no cocho (*push-ups*). Além desses pontos, eram coletadas as informações nutricionais das dietas dos diferentes grupos de vacas em lactação, uma amostra de dieta total (TMR) do lote de alta e uma amostra do principal volumoso destes rebanhos, que era invariavelmente, silagem de milho.

QUADRO 3 - QUADRO DE DESCRIÇÃO DAS FAZENDAS AO LONGO DAS ESTAÇÕES.

	BDN				MDN				ADN				Predominante
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
1		1	1	1	1								BDN
2		1	1	1	1								BDN
3					1	1					1	1	MDN
4					1	1			1		1	1	ADN
5					1		1	1		1			MDN
6									1	1	1	1	ADN
7		1					1		1			1	ADN
8					1	1					1	1	ADN
9									1	1	1		ADN
10						1			1	1	1		MDN
11		1		1			1		1				MDN
12	1									1	1	1	ADN
13	1			1			1			1			BDN
14	1			1		1	1						MDN
15	1	1	1	1									BDN
16						1	1				1	1	MDN
17	1	1					1					1	BDN
18	1							1	1		1		ADN
19		1					1	1					MDN
20	1	1		1							1		BDN
21		1		1		1							MDN
22		1	1	1		1							BDN
23		1		1		1							MDN
24						1					1	1	ADN
25				1					1	1	1		ADN
26	1					1	1						MDN
27			1				1		1				MDN
28	1	1	1				1						BDN
29	1									1		1	ADN
30				1					1				MDN

Fazenda

As amostras de TMR foram amostradas de 5 a 10 locais equidistantes ao longo do comedouro da pista de alimentação, sempre do lote de vacas lactantes (VL) de alta produção. Amostras de silagens de milho foram coletadas de 5 a 10 pontos da parede do silo, sendo essas amostras homogêneas e posteriormente armazenadas em sacos plásticos para posterior análise bromatológica. No caso de rebanhos com mais de um grupo de vacas lactantes, todas as dietas tiveram sua composição registrada e todas as dietas foram analisadas para sua composição nutricional no software RLM Leite (Ração de Lucro Máximo), versão 3.3.40 (2022), mas somente a amostra de TMR do lote de vacas em lactação foi amostrada (TABELA 20). Estabelecemos como parâmetro que todas as fazendas consumiam a mesma silagem para todos os lotes de VL no dia da coleta (o que tipicamente corresponde à realidade).

Amostras dos dois principais volumosos (silagem de milho e pré-secado/silagem de gramínea/feno) e da TMR do lote de VL de alta produção tiveram seu tamanho de partícula determinado pelo conjunto de peneiras Penn State. Foram usadas as peneiras de tamanho 19 mm, 8 mm e fundo, conforme a metodologia de Heinrichs & Kononoff (2002). Os estratos de silagem (ou de TMR) que ficaram retidas nas peneiras de 8 e 19 mm foram somadas e este valor multiplicado pelo %FDN químico da amostra, gerando uma estimativa de FDNfe (FDN fisicamente efetivo) como um dos parâmetros de comparação entre os grupos.

Os alimentos foram selecionados por sua associação com potenciais alterações no teor ou composição da gordura do leite e categorizados como: grãos e resíduos energéticos (Schingoethe et al., 2009), monensina (Duffield et al., 2008), suplementos de gordura (Loften et al., 2014; Onetti & Grummer, 2004), leveduras (Desnoyers et al., 2009b) e fontes de aminoácidos essenciais (Zanton et al., 2014), tipicamente metionina protegida ou análoga. As relações forragem-concentrado em base MS foram calculadas com base na composição dos ingredientes relatada em cada visita.

TABELA 20 - CARACTERIZAÇÃO DAS FAZENDAS POR QUANTIDADE DE ANIMAIS, NÚMERO DE LOTES, SISTEMA DE CONTENÇÃO E TIPO DE SISTEMA DE ALOJAMENTO

Fazenda	Total de animais no rebanho	Animais em lactação	Animais no lote de alta	% animais no lote alta	Quantidade de lotes	Tipo de contenção de linha de alimentação	Tipo de sistema
1	711	372	101	27%	5	Livre	Free-stall
2	235	160	85	53%	2	Canzil	Pasto
3	415	192	109	57%	2	Livre	Compost
4	633	313	124	40%	4	Livre	Free-stall
5	611	247	147	60%	2	Livre	Compost
6	451	335	82	25%	4	Livre	Free-stall
7	833	458	84	18%	5	Canzil	Free-stall
8	933	406	55	14%	6	Canzil	Free-stall
9	241	136	39	28%	4	Livre	Free-stall
10	1590	599	100	17%	5	Livre	Compost
11	661	271	73	27%	5	Canzil	Free-stall
12	213	101	54	53%	2	Canzil	Compost
13	2064	971	161	17%	10	Livre	Free-stall
14	2467	1362	151	11%	11	Canzil	Free-stall
15	399	211	27	13%	4	Canzil	Free-stall
16	932	432	81	19%	5	Canzil	Compost
17	887	291	192	66%	2	Canzil	Free-stall
18	693	290	56	19%	5	Livre	Free-stall
19	380	126	57	45%	2	Canzil	Pasto
20	962	465	64	14%	3	Livre	Free-stall
21	696	261	91	35%	5	Livre	Pasto
22	692	344	102	30%	5	Canzil	Free-stall
23	1030	471	24	5%	3	Livre	Compost
24	504	252	126	50%	2	Canzil	Compost
25	261	117	52	45%	4	Livre	Free-stall
26	727	331	86	26%	5	Canzil	Free-stall
27	753	289	122	42%	4	Canzil	Free-stall
28	1080	541	121	22%	7	Livre	Free-stall
29	1117	401	87	22%	4	Livre	Free-stall
30	2408	976	166	17%	4	Canzil	Free-stall

Dados de produção e composição do leite das VL foram resgatadas através do controle leiteiro oficial mais próximo do dia da visita (QUADRO 4). Em cada visita eram coletadas duas amostras de leite do tanque: uma amostra de 150 ml que foi congelada para a posterior determinação do perfil de ácidos graxos do tanque de leite e outra amostra que era misturada com conservante bronopol, resfriada e encaminhada ao Laboratório Centralizado da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH). Nas amostras, para a avaliação dos parâmetros de qualidade do leite, foram realizadas análises para células somáticas, gordura, proteína, lactose e sólidos totais no equipamento Bentley 2000 (Bentley Instruments®), pelos sistemas ópticos e infravermelhos.

As análises bromatológicas realizadas na silagem foram proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), resíduo mineral (RM), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina, Cálcio (Ca) e Fósforo (P). Além das análises químicas das 120 amostras de silagem de milho, foram realizadas análises de amido fecal. Com uma colher de sopa, foram coletados dez bolos fecais recém excretados no piso das instalações e íntegros do lote de alta produção. As amostras foram acondicionadas em recipiente plástico com tampa, identificadas e enviadas ao abcLab (Castro, Paraná) para as análises de amido (Demiate et al., 2001).

As análises de perfil de AG foram realizadas por cromatografia gasosa, no Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal (LNCA) da ESALQ-USP, em Piracicaba-SP. A amostra de leite foi congelada sem conservante químico. A gordura do leite foi extraída usando o procedimento descrito por Hara e Randin (1978). Após a extração da gordura, as amostras foram metiladas (Christie, 1982) e 1 µL do extrato esterificado foi injetado em uma coluna capilar, com 100 m de comprimento por 0,25 µm de diâmetro interno e espessura de filme de 0,20 µm. A identificação de 52 FA foi feita por comparação de tempo de retenção e para determinar a porcentagem de cada AG Chromquest 4.1 (Thermo Electron, Itália).

Adicionalmente, adotando a mesma estratégia do grupo da Penn State (citar uma publicação recente do grupo do Harvatine) definimos um grupo com todos os ácidos graxos ímpares e ramificados. Os grupos de AG medidos e

utilizados na análise estão expressos como g de AG/100g de leite e como g de AG/100 g de AG, conforme descrito por Lynch et al (2005).

QUADRO 4 - DIFERENÇA ENTRE DIAS DA COLETA E CONTROLE LEITEIRO

Fazenda	Período	Data	Relação com o início da estação	Diferença de dias entre controle e coleta	data do controle	ANIMAIS EM LEITE	Proporção de primíparas	DIAS EM LEITE
1	1	04/03/2021	73	3	01/mar	369	39,30%	202
1	2	19/05/2021	59	13	01/jun	380	45,53%	266
1	3	25/08/2021	65	7	01/set	373	42,90%	262
1	4	15/11/2021	54	13	02/nov	364	40,66%	280
2	1	08/02/2021	49	15	23/fev	156	18,59%	196
2	2	19/05/2021	59	1	20/mai	157	14,65%	224
2	3	25/08/2021	65	5	20/ago	166	18,07%	209
2	4	18/11/2021	57	1	19/nov	159	16,35%	217
3	1	27/01/2021	37	0	27/jan	182	29,12%	188
3	2	19/05/2021	59	9	28/05/2021	188	30,32%	221
3	3	14/08/2021	54	12	26/08/2021	195	25,64%	223
3	4	15/11/2021	54	14	28/11/2021	202	26,73%	235
4	1	09/02/2021	50	4	05/fev	296	38,85%	194
4	2	19/05/2021	59	13	06/mai	308	37,34%	229
4	3	23/08/2021	63	10	02/set	325	34,15%	217
4	4	15/11/2021	54	3	12/nov	323	33,44%	230
5	1	01/03/2021	70	1	02/mar	247	44,94%	179
5	2	19/05/2021	59	15	04/mai	241	42,32%	219
5	3	23/08/2021	63	9	01/set	259	37,84%	221
5	4	15/11/2021	54	14	01/nov	240	34,17%	233
6	1	23/02/2021	64	7	16/fev	325	45,23%	254
6	2	19/05/2021	59	0	19/mai	330	41,52%	319

6	3	23/08/2021	63	3	20/ago	339	41,59%	245
6	4	15/11/2021	54	5	10/nov	345	41,16%	259
7	1	09/02/2021	50	6	15/fev	440	37,05%	194
7	2	19/05/2021	59	5	24/mai	463	36,29%	236
7	3	23/08/2021	63	7	30/ago	474	37,97%	244
7	4	15/11/2021	54	7	22/nov	456	39,91%	250
8	1	18/02/2021	59	14	04/fev	384	41,15%	191
8	2	19/05/2021	59	12	07/mai	399	38,60%	221
8	3	12/08/2021	52	6	06/ago	421	39,90%	222
8	4	16/11/2021	55	4	12/nov	420	39,05%	227
9	1	26/02/2021	67	8	18/fev	137	24,82%	156
9	2	24/05/2021	64	9	15/mai	130	20,00%	155
9	3	23/08/2021	63	3	20/ago	133	19,55%	155
9	4	18/11/2021	57	2	20/nov	143	17,48%	167
10	1	09/02/2021	50	5	04/fev	601	39,27%	174
10	2	24/05/2021	64	16	08/mai	597	35,85%	210
10	3	12/08/2021	52	7	05/ago	617	32,90%	208
10	4	16/11/2021	55	11	05/nov	581	30,29%	215
11	1	09/02/2021	50	8	17/fev	266	33,46%	221
11	2	24/05/2021	64	5	19/mai	266	27,82%	239
11	3	12/08/2021	52	12	24/ago	272	23,53%	224
11	4	15/11/2021	54	2	17/nov	281	23,49%	233
12	1	18/02/2021	59	10	08/fev	95	29,47%	196
12	2	24/05/2021	64	14	10/mai	99	26,26%	220
12	3	24/08/2021	64	13	06/set	103	31,07%	270
12	4	16/11/2021	55	8	08/nov	108	37,04%	268
13	1	27/01/2021	37	7	03/fev	888	38,85%	202
13	2	24/05/2021	64	14	07/jun	969	43,03%	225

13	3	24/08/2021	64	15	08/set	1021	44,17%	215
13	4	16/11/2021	55	13	03/nov	1005	40,30%	203
14	1	04/03/2021	73	6	26/fev	1303	39,68%	186
14	2	25/05/2021	65	6	31/mai	1341	42,06%	198
14	3	24/08/2021	64	7	31/ago	1381	39,68%	204
14	4	18/11/2021	57	8	25/nov	1424	39,19%	214
15	1	18/02/2021	59	10	08/02/2021	202	31,68%	193
15	2	25/05/2021	65	15	10/05/2021	215	31,63%	214
15	3	24/08/2021	64	13	06/09/2021	209	28,71%	188
15	4	16/11/2021	55	8	08/11/2021	219	29,68%	194
16	1	09/02/2021	50	6	03/fev	422	34,83%	206
16	2	25/05/2021	65	13	07/jun	418	38,04%	195
16	3	24/08/2021	64	11	13/ago	448	37,28%	189
16	4	18/11/2021	57	12	06/nov	438	35,16%	205
17	1	18/02/2021	59	6	12/fev	285	47,02%	237
17	2	25/05/2021	65	0	25/mai	292	39,04%	284
17	3	14/08/2021	54	11	25/ago	295	34,92%	287
17	4	15/11/2021	54	9	23/nov	290	35,17%	285
18	1	01/03/2021	70	5	24/fev	283	36,04%	201
18	2	24/05/2021	64	3	27/mai	271	34,32%	237
18	3	14/08/2021	54	15	30/jul	301	34,22%	223
18	4	15/11/2021	54	14	01/nov	304	38,16%	196
19	1	18/02/2021	59	5	13/fev	113	51,33%	188
19	2	24/05/2021	64	12	12/mai	109	55,96%	245
19	3	14/08/2021	54	3	11/ago	118	55,08%	230
19	4	15/11/2021	54	9	06/nov	163	52,76%	222
20	1	03/03/2021	72	16	19/mar	448	34,15%	235
20	2	25/05/2021	65	4	21/mai	442	31,67%	268

20	3	25/08/2021	65	2	27/ago	467	32,55%	223
20	4	18/11/2021	57	0	18/nov	503	36,78%	251
21	1	03/03/2021	72	0	03/mar	245	34,69%	182
21	2	25/05/2021	65	7	01/jun	256	39,06%	60
21	3	25/08/2021	65	14	08/set	282	40,43%	196
21	4	17/11/2021	56	14	03/nov	262	34,35%	213
22	1	25/02/2021	66	7	04/mar	321	36,14%	202
22	2	25/05/2021	65	8	02/jun	328	35,67%	224
22	3	25/08/2021	65	9	03/set	364	34,89%	201
22	4	17/11/2021	56	14	03/nov	363	32,78%	221
23	1	25/02/2021	66	4	01/mar	493	34,48%	147
23	2	25/05/2021	65	13	07/jun	297	18,86%	170
23	3	25/08/2021	65	12	06/set	549	38,07%	225
23	4	17/11/2021	56	16	01/nov	546	38,28%	190
24	1	25/02/2021	66	7	18/fev	242	35,95%	179
24	2	26/05/2021	66	8	18/mai	241	43,57%	217
24	3	25/08/2021	65	2	27/ago	267	42,70%	233
24	4	17/11/2021	56	5	22/nov	258	43,02%	255
25	1	19/02/2021	60	3	16/fev	109	31,19%	209
25	2	26/05/2021	66	20	15/jun	113	30,09%	211
25	3	12/08/2021	52	11	23/ago	121	30,58%	200
25	4	17/11/2021	56	1	18/nov	126	30,95%	236
26	1	23/02/2021	64	7	02/mar	302	40,73%	196
26	2	26/05/2021	66	6	20/mai	330	44,24%	233
26	3	19/08/2021	59	7	12/ago	330	47,27%	254
26	4	17/11/2021	56	2	15/nov	361	48,48%	233
27	1	23/02/2021	64	1	24/fev	261	46,74%	189
27	2	26/05/2021	66	0	26/mai	277	52,35%	208

27	3	19/08/2021	59	6	25/ago	292	51,37%	214
27	4	17/11/2021	56	13	29/nov	324	46,91%	254
28	1	23/02/2021	64	5	18/fev	517	37,91%	195
28	2	26/05/2021	66	0	26/mai	532	37,22%	234
28	3	19/08/2021	59	3	22/ago	570	34,04%	218
28	4	17/11/2021	56	2	19/nov	546	38,10%	233
29	1	23/02/2021	64	7	02/mar	360	31,67%	189
29	2	26/05/2021	66	5	31/mai	383	35,51%	192
29	3	19/08/2021	59	11	30/ago	421	38,72%	205
29	4	17/11/2021	56	12	29/nov	439	38,95%	207
30	1	11/02/2021	52	13	24/fev	938	42,86%	164
30	3	31/08/2021	71	6	25/ago	985	42,34%	159
30	4	28/11/2021	67	2	30/nov	1006	43,94%	192

A gordura saturada total foi calculada como a soma de C4:0, C5:0, C6:0, C7:0, C8:0, C9:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C14:0 iso, C14:0, C15:0, C15:0 iso, C15:0 anteiso, C16:0, C16:0 iso, C17:0, C17:0 iso, C17:0 anteiso, C18:0, C19:0 e C20:0. Os índices de insaturação de ácidos graxos, ou seja, o índice C10, índice C12, índice C14, índice C16, índice C18 e índice de ácido linoleico conjugado (CLA), como proxies para a atividade da  $\Delta 9$ -dessaturase na glândula mamária, foram calculados a partir da razão entre o produto e a soma do produto e ácido graxo precursor como descrito por Schennink et al. (2008).

Os índices de insaturação de ácidos graxos foram calculados expressando cada produto insaturado como uma proporção do produto mais produto saturado, multiplicado por 100 (Kelsey et al., 2003):

EQUAÇÃO 5 - EXEMPLO DO CÁLCULO EMPREGADO PARA FORMAÇÃO DO ÍNDICE DE INSATURAÇÃO:

$$\frac{C12:1}{C12:1 + C12:0} \times 100$$

Calculamos índices para os seguintes pares de produtos e substratos: C10:1 e C10:0 (C10index), C12:1 e C12:0 (C12index), C14:1 cis-9 e C14:0 (C14index), C16:1 cis-9 e C16:0 (C16index), C18:1 cis-9 e C18:0 (C18index), C18:2 cis-9, trans-11 (CLA) e C18:1 trans-11 (CLAindex).

Um segundo índice para CLA (CLAindex2) foi definido através da relação específica de conforme relatado por Kelsey et al. (2003). A definição desse segundo índice teve como objetivo identificar a existência de variações que indicassem subprodutos do processo de biohidrogenação, conforme também foi estabelecido por Kelsey et al. (2003).

EQUAÇÃO 6 - EQUAÇÃO DE VERIFICAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA BIOHIDROGENAÇÃO

$$\frac{\text{cis} - 9, \text{trans} 11 \text{ CLA}}{(\text{cis} - 9 \text{ trans} - 11 \text{ CLA} + \text{trans} - 11 \text{ CLA} : 1)} \times 100$$

As análises estatísticas foram realizadas com SAS (versão 9.4, SAS Institute Inc.) utilizando a fazenda como unidade experimental. Todos os dados

foram medidos ao longo do tempo por fazenda e foram verificados quanto à normalidade utilizando o procedimento UNIVARIATE do SAS.

As análises bromatológicas das silagens e das dietas foram submetidas a uma análise univariada conforme o modelo abaixo para verificação de diferenças ao longo do ano.

#### EQUAÇÃO 7 - MODELO LINEAR UNIVARIADA

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + P_j + \varepsilon_{ijk}$$

Aonde:

$y_{ijk}$  = variável de interesse;

$\mu$  = ajuste da média;

$\alpha_i$  = efeito fixo do grupo AG *De Novo* (1 a 3);

$P_j$  = efeito aleatório de estação (1 a 4);

$\varepsilon_{ijk}$  = erro do resíduo;

As diferenças na gestão, TMR e composição de leite para fazendas ADN vs. BDN foram determinadas utilizando-se o procedimento GLIMMIX do SAS com o grupo de AG *De Novo* como efeito fixo e fazenda como efeito aleatório com a seguinte equação do modelo:

#### EQUAÇÃO 8 - MODELO LINEAR GENERALIZADO

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + A_k + \varepsilon_{ijk}$$

Aonde:

$y_{ijk}$  = variável de interesse;

$\mu$  = ajuste da média;

$\alpha_i$  = efeito fixo do grupo AG *De Novo* (1 a 3);

$\beta_j$  = efeito fixo da covariável;

$A_k$  = efeito aleatório do rebanho (1 a 30);

$\varepsilon_{ijk}$  = erro do resíduo;

Uma distribuição de Poisson com uma função de link de registro foi usada para testar o número de ordenhas e o número de vezes que a dieta foi empurrada

(Woolpert et al., 2017b). Foi realizado o ajuste do modelo ideal resultando em uma relação qui-quadrada/graus de liberdade perto de 1.

Frequência de alimentação (1 ou 2 vezes por dia), frequência de ordenha (2 ou 3 vezes por dia), design da fazenda (*free-stall*, compost ou pasto) e inclusão de ingredientes de interesse no concentrado fora testadas utilizando uma abordagem semelhante a de Woolpert et al. (2017b). Todas as outras variáveis dietéticas e de manejo foram normalmente distribuídas e foram testadas com distribuição gaussiana com função de link de identidade. As diferenças foram declaradas significativas em  $P \leq 0,05$  e tendências em  $0,05 < P \leq 0,10$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de perfil de ácidos graxos dos tanques de leite dos 30 rebanhos monitorados estão descritos na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Os valores apresentados são comparáveis aos encontrados por Castro et al. (2022) em fazendas com sistemas robotizados de ordenha no Canadá. Os valores aqui encontrados também foram similares aos observados por Woolpert et al. (2016).

Para ilustrar esta similaridade entre os três estudos (presente trabalho, Castro et al. (2022) e Woolpert et al. (2016), seguem respectivamente algumas médias gerais observadas; concentração AG *De Novo* (0,93, 0,97 e 0,99 g/100g de leite), concentração AG *De Novo* (25,25, 26,2 e 25,9 g/100g de AG), rendimento AG *De Novo* (0,34, 0,34 e 0,31 kg/d), concentração de gordura (3,68, 3,97 e 3,98 g/100g leite) e rendimento de gordura (1,35, 1,42 e 1,27 kg/d).

TABELA 21 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE TANQUES DE LEITE DOS REBANHOS MONITORADOS.

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Produção (kg/d)	36,62	4,28	24,35	44,68
Gordura (%)	3,68	0,33	2,93	4,98
Gordura (kg/d)	1,35	0,18	0,84	1,70
Proteína (%)	3,28	0,11	3,00	3,54
Proteína (kg/d)	1,20	0,14	0,79	1,45
Lactose (%)	4,68	0,12	4,31	4,96
Sólidos Totais (%)	12,58	0,51	11,07	14,35
NUL	13,18	2,25	8,70	22,50
C14:0 (g/100g AG)	11,144	0,680	8,248	12,474
C16:0 (g/100g AG)	30,971	2,892	26,944	48,580

C18:0 (g/100g AG)	9,580	1,228	6,623	13,368
C18:1 cis-9 (g/100g AG)	20,302	1,907	11,452	24,118
AG <i>De Novo</i> (g/100g AG)	25,25	1,77	15,63	28,67
AG Misto (g/100g AG)	32,55	2,84	28,35	49,60
AG Pré-formado (g/100g AG)	37,52	2,74	29,21	43,82
AG Ímpares e Ramificados (g/100g AG)	3,83	0,32	3,15	4,72
AG <i>De Novo</i> (g/100g leite)	0,93	0,11	0,56	1,31
AG Misto (g/100g leite)	1,20	0,15	0,93	1,81
AG Pré-formado (g/100g leite)	1,38	0,15	1,02	1,90
AG Ímpares e Ramificados (g/100g leite)	0,14	0,02	0,10	0,18
AG <i>De Novo</i> (kg/d)	0,34	0,05	0,21	0,45
AG Misto (kg/d)	0,44	0,07	0,26	0,69
AG Pré-formado (kg/d)	0,50	0,07	0,34	0,65
AG Ímpares e Ramificados (kg/d)	0,05	0,01	0,03	0,07

AG *De Novo* = C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 e C14:1;

AG Misto = C16 e C16:1;

AG Pré-formado = C18, C18:1, C18:2, C20, C20:1, C20:2, C22, C22:1, C24, C24:1;

AG Ímpares e Ramificados = C11:0, C13:0, C14:ISO, C15:0, C17:0, C21:0, C23:0.

FONTE: O autor (2022)

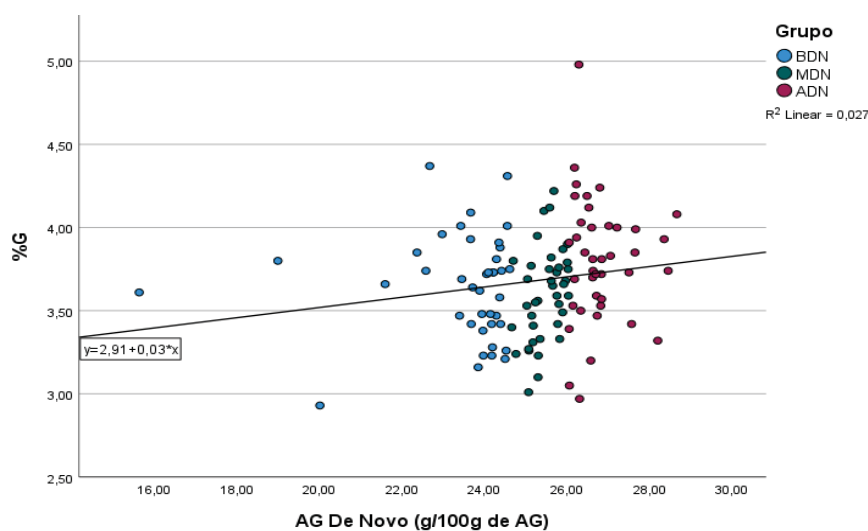
Após a verificação descritiva dos ácidos graxos, estimamos as correlações entre a concentração de gordura e os principais componentes do perfil de AG por local de síntese; AG *De Novo*, AG Misto, AG Pré-formado e AG Ímpares e Ramificados (AG I&R), os quais normalmente têm origem microbiana no rúmen. Os valores de correlação estão descritos de forma detalhada na TABELA 22 e são apresentados no GRÁFICO 49. Encontramos uma alta correlação entre a concentração de gordura no leite e a concentração de AG *De Novo* em g/100g de leite;  $r = 0,82$  ( $P < 0,01$ ).

Também foram encontradas altas correlações positivas ( $P < 0,01$ ) entre a porcentagem de gordura total do leite e as proporções de AG Mistos, Pré-formados e AG I&R; 0,73, 0,73 e 0,74, respectivamente. A magnitude destas correlações é similar às estimadas por Castro et al. (2022) e Barbano et al. (2014). De igual forma, a proporção de AG pré-formado (g/100 g de AG) foi negativamente correlacionada com a concentração de gordura do leite (g/100 g de leite); nosso resultado foi -0,14 e Castro et al. (2022) encontraram -0,26, corroborando com os resultados deste trabalho.

Observamos correlações negativas entre a proporção de AG *De Novo* e AG mistos (g/100 g de AG) com a proporção de AG pré-formados (g/100 g de AG), resultado similar ao encontrado nos rebanhos estudados por Castro et al. (2022).

Essas correlações refletem as diferentes origens dos AG *De Novo*, mistos e pré-formados, em que um aumento na proporção de AG *De Novo* foi resultante de uma maior proporção de AG sintetizados na glândula mamária a partir de acetato e butirato (Palmquist et al., 1993; Urrutia & Harvatine, 2017). Por outro lado, uma maior proporção de ácidos graxos pré-formados resultaria do aumento da ingestão de gordura ou aumento da mobilização lipídica (Castro et al., 2022). E finalmente os AG mistos (C16:0 e C16:1), como o próprio nome indica, podem ter origem na síntese *De Novo* na glândula mamária ou ter origem dietética, aproximadamente com iguais proporções de cada origem (GRÁFICO 47).

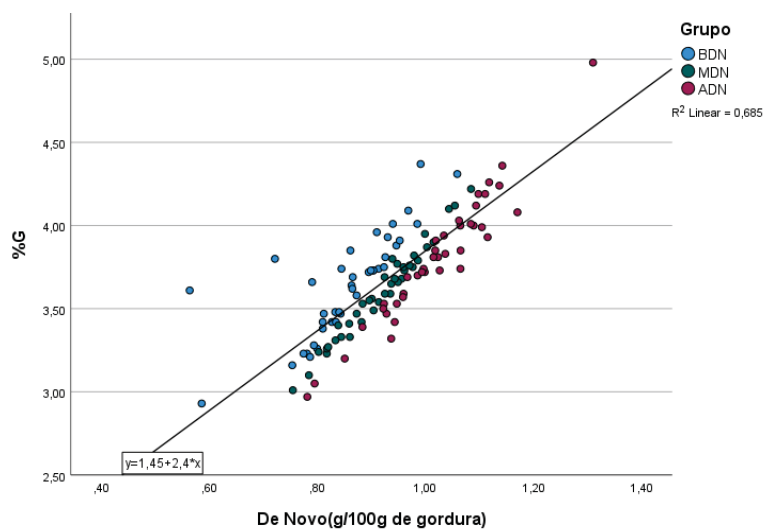
GRÁFICO 47 - GRÁFICO DE DISPERSÃO E CORRELAÇÃO DE AG *DE NOVO* (G/100G DE AG) POR % DE GORDURA NO LEITE.



FONTE: O autor (2022)

Diferente do levantamento de Castro et al. (2022) e Woolpert et al. (2016), incluímos como uma das categorias no perfil, o grupo de AG Ímpares e Ramificados. Diferentes grupos de pesquisa acomodam estes AG C15 e C17 como AG *De Novo* ou Misto, mas ambas alternativas estão erradas porque a síntese destes AG ocorre a partir da microbiota ruminal. Encontramos nessa categoria uma correlação positiva com AG *De Novo* de 0,40 e negativa para AG Pré-formados de -0,53. Ao estimar as correlações com AG Ímpares e Ramificados em g por 100 gramas de leite, encontramos uma correlação positiva de 0,74 com porcentagem de gordura e de 0,77 com AG *De Novo* em g/100g de leite (GRÁFICO 48).

GRÁFICO 48 - GRÁFICO DE DISPERSÃO E CORRELAÇÃO DE AG *DE NOVO* (G/100G DE LEITE) COM % DE GORDURA.



FONTE: O autor (2022)

Os ácidos graxos de cadeia ímpar possuem cadeia linear com um número ímpar de átomos de carbono, enquanto os ácidos graxos de cadeia ramificada são ácidos graxos isômeros com uma ramificação metil no penúltimo carbono (denominação iso) ou no antepenúltimo carbono (denominação anteiso). Os ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificada incluem ácido tetradecanóico (C14:0 iso), ácido pentadecanóico (C15:0, C15:0 iso e C15:0 anteiso), ácido hexadecanóico (C16:0 iso), ácido heptadecanóico (C17:0, C17:0 iso e C17:0 anteiso) e ácido esteárico (C18:0 iso) (Vlaeminck et al., 2006; Xin et al., 2020).

As concentrações dietéticas de amido e fibra desempenham papel central na concentração de gordura do leite e no perfil de AG desta gordura e por consequência na variação encontrada de AG ímpares e ramificados (Conte et al., 2018; Vlaeminck et al., 2006), estando associado a alterações na população microbiana ruminal e metabolismo (Vlaeminck et al., 2006). O teor relativo desses grupos de ácidos graxos na gordura do leite pode ser considerado um marcador de disfunções ruminais devido à redução do pH e, conseqüentemente, alto nível de ingestão de amido ou mudanças no ambiente.

GRÁFICO 49 - CORRELAÇÕES ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE E GRUPOS DE AG POR LOCAL DE ORIGEM.



FONTE: O autor (2022)

Devido ao fato de as amostras de leite de tanques terem sido coletadas em 4 diferentes estações, foi realizada análise estatística para verificar a existência de diferenças entre estações. Os componentes da gordura do leite com diferença estatística entre as estações foram: concentração de gordura ( $P < 0,01$ ), rendimento de gordura ( $P < 0,01$ ), concentração de proteína ( $P < 0,01$ ), concentração de lactose ( $P < 0,01$ ), concentração de sólidos totais ( $P < 0,01$ ), CCS ( $P < 0,01$ ), AG monoinsaturados ( $P < 0,05$ ), AG *De Novo* (g/100g) ( $P < 0,01$ ), AG Misto (g/100g) ( $P < 0,01$ ), AG ímpares e ramificados (g/100g) ( $P < 0,01$ ), AG *De Novo* (kg/d) ( $P < 0,01$ ), AG Misto (kg/d) ( $P < 0,01$ ) e AG ímpares e ramificados (kg/d) ( $P < 0,01$ ). Ainda foi encontrada tendência para o efeito de estação os seguintes componentes da gordura do leite: C14 ( $P = 0,06$ ), AG Misto ( $P = 0,10$ ), AG pré-formado ( $P = 0,08$ ), AG ímpares e ramificados ( $P < 0,06$ ) e AG saturados ( $P = 0,10$ ). Os demais itens não apresentaram diferença estatística ( $P > 0,10$ ) (TABELA 23).

TABELA 22 – CORRELAÇÕES ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE E GRUPOS DE AG POR LOCAL DE ORIGEM.

	Gordura %	AG De Novo (g/100g AG)	AG Misto (g/100g AG)	AG Pré-formado (g/100g AG)	AG I&R (g/100g AG)	AG De Novo (g/100g leite)	AG Misto (g/100g leite)	AG Pré-formado (g/100g leite)	AG I&R (g/100g leite)	AG De Novo (kg/d)	AG Misto (kg/d)	AG Pré-formado (kg/d)	AG I&R (kg/d)
Gordura %	0,16	0,03	-0,14	-0,14	0,02	0,82**	0,73**	0,73**	0,74**	0,50**	0,42**	0,38**	0,43**
AG De Novo (g/100g AG)		-0,44**	-0,24**	-0,24**	0,40**	0,68**	-0,17	-0,03	0,39**	0,50**	-0,20*	-0,07	0,25**
AG Misto (g/100g AG)			-0,75**	-0,75**	0,14	-0,21*	0,70**	-0,48**	0,12	-0,15	0,59**	-0,32**	0,12
AG Pré-formado (g/100g AG)					-0,53**	-0,25**	-0,61**	0,56**	-0,46**	-0,18*	-0,47**	0,41**	-0,35**
AG I&R (g/100g AG)						0,24**	0,11	-0,34**	0,68**	0,16	0,05	-0,27**	0,51**
AG De Novo (g/100g leite)							0,43**	0,51**	0,77**	0,65**	0,19*	0,24**	0,46**
AG Misto (g/100g leite)								0,19*	0,61**	0,25**	0,70**	0,05	0,39**
AG I&R (g/100g de leite)									0,31**	0,29**	0,03	0,60**	0,12
AG De Novo (kg/d)										0,48**	0,34**	0,09	0,66**
AG Misto (kg/d)											0,632**	0,71**	0,85**
AG Pré-formado (kg/d)												0,52**	0,74**
AG I&R (kg/d)													0,59**

\*\*Correlações significativas ao nível de 1% (2 extremidades); \*Correlações significativas ao nível de 5% (2 extremidades).

AG I&R = AG Ímpares e Ramificados

Principalmente os valores encontrados para gordura e proteína no inverno corroboram com os valores encontrados nos capítulos anteriores dessa tese. A partir desses valores, acreditávamos que seria possível os valores de AG De Novo terem uma influência sazonal, corroborado pelo trabalho de Kliem et al. (2013). Nos mesmos ácidos graxos indicados pelo autor encontramos tendência nos saturados totais e significância nos insaturados. No entanto nossa pesquisa foi a nível de tanque de fazendas e os autores desta pesquisa coletaram de supermercados.

TABELA 23 - MÉDIAS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS EM TANQUES DE LEITE.

	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Valor P
Produção (kg/d)	35,88 <sub>a</sub>	36,20 <sub>a</sub>	37,02 <sub>a</sub>	37,38 <sub>a</sub>	0,50
Gordura %	3,57 <sub>b</sub>	3,69 <sub>a,b</sub>	3,86 <sub>b</sub>	3,59 <sub>b</sub>	<0,01
Gordura (kg/d)	1,28 <sub>a</sub>	1,33 <sub>a,b</sub>	1,43 <sub>b</sub>	1,34 <sub>a,b</sub>	0,01
Proteína %	3,23 <sub>b</sub>	3,32 <sub>a</sub>	3,30 <sub>a,b</sub>	3,28 <sub>a,b</sub>	0,01
Proteína (kg/d)	1,16 <sub>a</sub>	1,20 <sub>a</sub>	1,22 <sub>a</sub>	1,22 <sub>a</sub>	0,25
Lactose %	4,62 <sub>b</sub>	4,62 <sub>b</sub>	4,82 <sub>a</sub>	4,66 <sub>b</sub>	<0,01
Sólidos %	12,34 <sub>a</sub>	12,56 <sub>a</sub>	12,94 <sub>b</sub>	12,48 <sub>a</sub>	<0,01
CCS (x10 <sup>3</sup> céls./mL)	193 <sub>b</sub>	239 <sub>a,b</sub>	126 <sub>c</sub>	195 <sub>d</sub>	<0,01
NUL (mg/dL)	12,87 <sub>a</sub>	13,06 <sub>a</sub>	13,32 <sub>a</sub>	13,45 <sub>a</sub>	0,75
C14:0	11,160 <sub>a</sub>	11,025 <sub>a</sub>	11,409 <sub>a</sub>	10,979 <sub>a</sub>	0,06
C16:0	29,968 <sub>b</sub>	31,117 <sub>a,b</sub>	31,033 <sub>a</sub>	31,771 <sub>a,b</sub>	0,11
C18:0					
C18:1 cis-9					
AG De Novo (g/100g AG)	25,34 <sub>a</sub>	24,93 <sub>a</sub>	25,79 <sub>a</sub>	24,92 <sub>a</sub>	0,18
AG Misto (g/100g AG)	31,56 <sub>b</sub>	32,70 <sub>a,b</sub>	32,60 <sub>a</sub>	33,35 <sub>a,b</sub>	0,10
AG Pré-formado (g/100g AG)	38,53 <sub>a</sub>	37,61 <sub>a,b</sub>	36,85 <sub>b</sub>	37,07 <sub>a,b</sub>	0,08
AG Ímpares e Ramificados (g/100g)	3,70 <sub>b</sub>	3,86 <sub>a,b</sub>	3,92 <sub>a</sub>	3,84 <sub>a,b</sub>	0,06
AG Saturado (g/100g AG)	67,31 <sub>b</sub>	68,22 <sub>a,b</sub>	68,88 <sub>a</sub>	68,76 <sub>a,b</sub>	0,10
AG Monoinsaturado (g/100g AG)	28,80 <sub>a</sub>	27,83 <sub>a,b</sub>	27,20 <sub>b</sub>	27,45 <sub>a,b</sub>	0,05
AG Poliinsaturado (g/100g AG)	3,03 <sub>a</sub>	3,05 <sub>a</sub>	3,07 <sub>a</sub>	2,97 <sub>a</sub>	0,83
AG Insaturado (g/100g AG)	31,83 <sub>a</sub>	30,88 <sub>a,b</sub>	30,27 <sub>b</sub>	30,42 <sub>a,b</sub>	0,11
AG De Novo (g/100g leite)	0,91 <sub>b</sub>	0,92 <sub>a</sub>	1,00 <sub>a</sub>	0,90 <sub>a</sub>	<0,01
AG Misto (g/100g leite)	1,13 <sub>b</sub>	1,21 <sub>a,b</sub>	1,26 <sub>a</sub>	1,20 <sub>a,b</sub>	0,01
AG Pré-formado (g/100g leite)	1,38 <sub>a</sub>	1,39 <sub>a</sub>	1,42 <sub>a</sub>	1,33 <sub>a</sub>	0,12
AG Ímpares e Ramificados (g/100g)	0,13 <sub>b</sub>	0,14 <sub>a,b</sub>	0,15 <sub>a</sub>	0,14 <sub>a</sub>	<0,01
AG De Novo (kg/d)	0,32 <sub>b</sub>	0,33 <sub>b</sub>	0,37 <sub>a</sub>	0,33 <sub>a,b</sub>	<0,01
AG Misto (kg/d)	0,40 <sub>b</sub>	0,43 <sub>a,b</sub>	0,47 <sub>a</sub>	0,45 <sub>a,b</sub>	0,01
AG Pré-formado (kg/d)	0,49 <sub>a</sub>	0,50 <sub>a</sub>	0,53 <sub>a</sub>	0,50 <sub>a</sub>	0,25
AG Ímpares e Ramificados (kg/d)	0,05 <sub>b</sub>	0,05 <sub>a,b</sub>	0,06 <sub>a</sub>	0,05 <sub>a,b</sub>	<0,01

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Em uma pesquisa com coletas mensais, Heck et al. (2009) encontrou diferença estatística em todos os componentes do leite e em todos os ácidos graxos, principalmente relacionando o mês de menor com o mês de maior média.

Encontraram que o mínimo de ácidos graxos saturados é em agosto e o máximo em fevereiro, correspondendo ao final do verão e final do inverno respectivamente. Como relatado, provavelmente devido ao número de dados ao longo do ano, sendo uma observação por fazenda por estação, este efeito tenha dado significância para alguns itens e não para todos, pois as influências de produção, manejo e nutrição de curto prazo impactam significativamente esse perfil.

No estudo de Heck et al. (2009) a maior variação sazonal foi encontrada nos ácidos graxos trans. As concentrações de C16:1 trans-9, C18:1 trans-11 e C18:2 cis-9, trans-11 (CLA) foram duas vezes maiores no leite de verão do que no leite de inverno. Encontraram que os ácidos graxos que tiveram um mínimo no verão foram os ácidos graxos que são sintetizados de novo, enquanto os ácidos graxos que tiveram um mínimo no inverno foram os ácidos graxos pré-formados.

O C16:0 origina-se em cerca de 50% do sangue arterial e 50% da síntese de novo (Barber et al., 1997), e esse ácido graxo obteve diferença estatística em nosso levantamento. Padrões sazonais semelhantes foram relatados por estudos na França (Wolff et al., 1995), Alemanha (Precht & Molkentin, 1997), Estados Unidos (Palmquist, Beaulieu, et al., 1993), Suíça (Collomb et al., 2008) e Holanda (Heck et al., 2009). Na Nova Zelândia, padrões sazonais bastante diferentes foram observados (Auld et al., 1998), principalmente devido ao uso de pastagens e com partos definidos de forma concentrada e sazonal, sendo adotado para maximizar a utilização das pastagens.

A dieta da vaca tem um grande impacto na composição do ácido graxo do leite (Palmquist, Beaulieu, et al., 1993). Os resultados encontrados na Holanda, uma dieta leiteira média no período de verão tem 25% (na base de MS) de pastagens e no inverno possui mais concentrado (31%) do que a dieta de verão (22%) e mais pré-secado (44% no inverno e 22% no verão).

Durante o processo de ensilagem das gramíneas, ocorrem extensas lipólises e perdas oxidativas de ácidos graxos (Dewhurst et al., 2006). Além disso, o consumo de pastagem é geralmente de plantas menos maduras do que quando usadas no processo de fenação ou ensilagem de gramíneas. Esse fato diminui ainda mais os níveis de ácidos graxos poli-insaturados no pré-secado em comparação com a pastagem, especialmente de C18:3 (Ferlay et al., 2006). Portanto, o aumento do teor de grama fresca dietética geralmente aumenta a concentração de C18:3 da dieta e, conseqüentemente, aumenta as concentrações de gordura do leite de C18:0, C18:1

cis-9, C18:1 trans-11, CLA e C18:3 cis-9, 12, 15 e diminui as concentrações de ácidos graxos de cadeia mais curta de sintetizados De Novo (Chilliard et al., 2001).

Nossos achados da composição de ácidos graxos de leite no verão em comparação com o inverno estão tendendo a similaridade do encontrado na Holanda e nos demais países, principalmente devido a localização geográfica das fazendas que gera uma influência bastante grande. Anteriormente na região empregava-se o uso de pastejo no período de inverno, principalmente de azevém e aveia. Nos últimos anos a intensificação maior e outros processos de manejo da vaca em período de transição tem influenciado a mudança do padrão sazonal, não ocorrendo mais uma variação muito grande na constituição da dieta ao longo do ano em rebanhos com animais em free-stall e compost, relacionados como a grande maioria dos rebanhos em nosso estudo.

Os ácidos graxos insaturados da dieta são extensivamente biohidrogenados pelos microrganismos ruminais. Durante esse processo, são formados ácidos graxos saturados e vários intermediários, principalmente ácidos graxos de cadeia trans. Com base em suas vias metabólicas, diferentes grupos de bactérias estarão envolvidas em diferentes etapas do processo de biohidrogenoização (Lock & Bauman, 2004). Dietas que induzem uma redução acentuada do pH ruminal, como dietas de alto concentrado, causam uma mudança nas populações bacterianas, com o aumento do crescimento das amilolíticas (*Megasphaera elsdenii*) e a redução do crescimento das fibrolíticas (*Butyrivibrio fibrisolvens*) (Heck et al., 2009).

Tal mudança está relacionada à biohidrogenação incompleta de ácidos graxos poli-insaturados e ao aumento da formação de ácidos graxos trans-10 em vez de ácidos graxos trans-11, o que reduz a síntese de ácidos graxos de novo na glândula mamária. Portanto, além da oferta direta de ácidos graxos ao leite, a dieta influencia indiretamente na composição do ácido graxo do leite alterando as populações bacterianas ruminais ou seu metabolismo.

Em vários animais, incluindo ruminantes,  $\Delta$  9-desaturase (SCD) adiciona uma ligação dupla cis-9 a diferentes ácidos graxos (Pereira et al., 2003). Vários estudos têm utilizado a razão de ácidos graxos no leite que são substrato e produto da enzima SCD como medida para a atividade desaturase (Kelsey et al., 2003; Lock & Garnsworthy, 2003; Soyeurt et al., 2008).

Embora este índice de insaturação possa dar uma indicação da atividade da enzima, é importante perceber que o índice não é uma medição direta da atividade enzimática e que também é influenciado por outros fatores (Schennink et al., 2008).

A TABELA 24 apresenta as variações sazonais nos índices de insaturação. Os nossos resultados demonstram padrão sazonal para o índice C12, diretamente ligada a síntese de Novo na glândula mamária com valores de menor insaturação no inverno e na primavera ( $p < 0,01$ ). Os demais índices não tiveram diferença significativa. Esses resultados são contrários aos encontrados por Heck et al. (2009) que encontraram variação significativa em todos os índices de insaturação nos rebanhos da Holanda.

TABELA 24 - INDICES DE INSATURAÇÃO POR ESTAÇÃO DO ANO

	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Valor P
	Média	Variância	Média	Variância	Média	Variância	Média	Variância	
C10index	8,50 <sub>a</sub>	0,28	8,74 <sub>a</sub>	0,42	8,73 <sub>a</sub>	0,28	8,76 <sub>a</sub>	0,27	0,22
C12index	1,65 <sub>a</sub>	0,24	1,40 <sub>b</sub>	0,06	1,12 <sub>c</sub>	0,04	1,01 <sub>c</sub>	0,03	<0,01
C14index	8,94 <sub>a</sub>	0,50	9,18 <sub>a</sub>	0,92	9,10 <sub>a</sub>	0,87	9,36 <sub>a</sub>	0,75	0,31
C16index	5,75 <sub>a</sub>	0,24	5,58 <sub>a</sub>	0,64	5,52 <sub>a</sub>	0,27	5,50 <sub>a</sub>	0,95	0,55
C18index	68,80 <sub>a</sub>	4,33	67,68 <sub>a</sub>	21,91	67,52 <sub>a</sub>	7,09	67,64 <sub>a</sub>	26,31	0,54
CLAindex	24,10 <sub>a</sub>	27,36	23,60 <sub>a</sub>	18,06	24,11 <sub>a</sub>	16,63	23,61 <sub>a</sub>	36,38	0,96
CLAIndex2	15,51 <sub>a</sub>	8,23	15,64 <sub>a</sub>	4,98	16,22 <sub>a</sub>	5,65	16,49 <sub>a</sub>	5,20	0,36

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Os indícios da variação sazonal poderiam estar relacionados particularmente ao CLA, causado principalmente pela variação sazonal no fornecimento de ácidos graxos para a glândula mamária (C18:1 trans-11). Esses resultados demonstraram que não obtivemos variação sazonal nestes índices, sendo contrário ao estudo de Heck et al. (2009) que encontrou um índice C14 menor no final da primavera e mais alto no início do outono. Padrões sazonais semelhantes foram encontrados para os outros índices, embora os menores valores para o índice C16 e c18. Nossos resultados, para C14 não obtiveram diferença estatística e o menor média foi 8,94 no verão e a maior média 9,36 na primavera. Nossos dados não encontraram relação provavelmente ao agrupamento próximo e a não coleta distribuída em diversos meses que pode ter contribuído para não significância nas estações.

Esses resultados discordam do estudo de Lock e Garnsworthy (2003), que mostraram que a atividade de SCD foi maior em maio e junho (C14index) ou julho (C16index e CLAindex), o que poderia explicar em parte a maior proporção de ácidos graxos insaturados no leite de verão europeu.

Apesar de não encontrarmos variação sazonal, ao dividir em grupos de perfil de ácidos graxos de Novo, encontramos diferença nos índices C14, C16 e C18 (TABELA 25).

TABELA 25 - INDICES DE SATURAÇÃO COMPARADOS POR GRUPOS DE AG DE NOVO.

	BDN		MDN		ADN		Valor P
	Média	Variância	Média	Variância	Média	Variância	
C10index	8,59 <sub>a</sub>	0,39	8,69 <sub>a</sub>	0,30	8,77 <sub>a</sub>	0,26	0,34
C12index	1,22 <sub>a</sub>	0,09	1,32 <sub>a</sub>	0,26	1,35 <sub>a</sub>	0,10	0,31
C14index	8,86 <sub>a</sub>	0,79	9,27 <sub>a</sub>	0,53	9,30 <sub>a</sub>	0,88	0,04
C16index	5,35 <sub>b</sub>	0,97	5,75 <sub>a</sub>	0,30	5,67 <sub>a,b</sub>	0,22	0,03
C18index	66,28 <sub>b</sub>	30,73	68,92 <sub>a</sub>	5,03	68,56 <sub>a</sub>	4,81	<0,01
CLAindex	23,12 <sub>a</sub>	28,16	24,82 <sub>a</sub>	22,97	23,66 <sub>a</sub>	20,86	0,29
CLAIndex2	15,10 <sub>b</sub>	7,72	16,28 <sub>a,b</sub>	6,02	16,53 <sub>a</sub>	3,49	0,02

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são bastante diferentes em  $p < ,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

O ácido linoleico conjugado (CLA) é um termo que representa uma mistura de isômeros posicionais e geométricos do ácido octadecadienóico com um sistema de ligação dupla conjugado. O ácido linoleico conjugado demonstrou possuir vários benefícios para a saúde com base em estudos biomédicos em uma variedade de modelos animais. Estes incluem anti-cancerígenos, anti-aterogênicos, anti-obesidade, anti-diabéticos e aprimoramento do sistema imunológico (Annen et al., 2004; Belury, 2002; T. C. Jenkins & McGuire, 2006). Esses efeitos podem estar relacionados a isômeros específicos de CLA, e esta é uma área ativa de pesquisa.

O ácido linoleico cis-9, trans-11 é o principal isômero de CLA encontrado no leite, sendo responsável por 75 a 90% do CLA total na gordura do leite (Bauman & Griinari, 2003b). Este isômero CLA foi estabelecido como tendo propriedades anticancerígenas quando incluído como suplemento dietético ou consumido como componente natural de alimentos (Ip et al., 1999). O CLA cis-9, trans-11 na gordura

do leite é principalmente um produto da síntese endógena através da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase, com o substrato sendo trans-11 18:1, um intermediário formado na biohidrogenação ruminal dos ácidos linoleico e linolênico (Bauman & Griinari, 2001, 2003b). O ácido linoleico conjugado também é um intermediário na biohidrogenação ruminal do ácido linoleico, e alguns escapam da biohidrogenação completa e fornecem o restante do CLA na gordura do leite.

A dieta tem uma grande influência na gordura do leite CLA, e isso tem sido extensivamente investigado (Bauman & Griinari, 2001; Chilliard et al., 2001). Ao modificar a dieta, o teor de CLA da gordura do leite pode ser variado em até cinco vezes. Em contraste, os efeitos de fatores fisiológicos como raça, estágio de lactação e paridade sobre o CLA na gordura do leite e o índice CLA-dessaturase têm recebido pouca atenção.

Quando mudamos a análise verificando os valores de acordo com a categorias de síntese De Novo, encontramos a seguinte relação com diferença estatística ( $p < 0,05$ ) concentração de Gordura ( $p < 0,02$ ), concentração de sólidos ( $p < 0,05$ ), CCS ( $p < 0,01$ ), C14 ( $p < 0,01$ ), AG de Novo ( $p < 0,01$ ), AG pré-formado ( $p < 0,01$ ), AG ímpares e ramificados ( $p < 0,01$ ), AG Saturados ( $p < 0,01$ ), AG Insaturados ( $p < 0,01$ ), AG Monoinsaturados ( $p < 0,01$ ), AG De novo (g/100g) ( $p < 0,01$ ), AG pré-formado (g/100g) ( $p < 0,03$ ), AG ímpares e ramificados (g/100g) ( $p < 0,01$ ), AG De Novo (kg/d) ( $p < 0,01$ ), AG ímpares e ramificados (kg/d) ( $p < 0,01$ ). Encontramos tendência para AG pré-formado (kg/d) ( $p < 0,06$ ). Esses valores estão próximos aos achados por Woolpert et al. (2016) que classificou os rebanhos em 2 grupos, Alta proporção de De novo e Baixa proporção de De Novo (TABELA 26).

Com os dados relacionados da TABELA 26 podemos verificar que encontramos diferença significativa entre os grupos para índice. Usando o conjunto de dados de Lock & Garnsworthy, (2003) também descobriram que o teor de gordura do leite de CLA e índice de CLA-dessaturase eram independentes da produção de leite e produção de gordura do leite e porcentagem de gordura do leite (Kelsey et al., 2003). Numerosas investigações demonstraram que a dieta tem um efeito substancial no teor de gordura do leite de CLA, mas os fatores fisiológicos e a variação entre os indivíduos foram menos bem estudados.

A conclusão de Kelsey et al. (2003) em seu estudo reforça a abordagem de relacionar dois aspectos principais para avaliação de questões fisiológicas, que são:

produção ruminal de trans-11 18:1 a uma menor razão de cis-9, trans-11 CLA, e à quantidade e atividade de  $\Delta 9$ -dessaturase.

TABELA 26 - MÉDIAS DE COMPONENTES DO LEITE CATEGORIZADOS POR AG *DE NOVO*.

	BDN	MDN	ADN	Valor P
Produção (Kg)	36,92 <sub>a</sub>	36,37 <sub>a</sub>	36,57 <sub>a</sub>	0,85
Gordura%	3,64 <sub>a,b</sub>	3,60 <sub>b</sub>	3,80 <sub>a</sub>	0,02
Gordura (kg/d)	1,34 <sub>a</sub>	1,31 <sub>a</sub>	1,39 <sub>a</sub>	0,14
Proteína%	3,26 <sub>a</sub>	3,28 <sub>a</sub>	3,31 <sub>a</sub>	0,17
Proteína (kg/d)	1,20 <sub>a</sub>	1,19 <sub>a</sub>	1,21 <sub>a</sub>	0,91
Lactose%	4,67 <sub>a</sub>	4,71 <sub>a</sub>	4,68 <sub>a</sub>	0,31
Sólidos%	12,47 <sub>a</sub>	12,53 <sub>a</sub>	12,73 <sub>a</sub>	0,05
Extrato desengordurado	8,87 <sub>a</sub>	8,94 <sub>a</sub>	8,95 <sub>a</sub>	0,12
CCS	238 <sub>a</sub>	156 <sub>b</sub>	171 <sub>a,b</sub>	0,01
NUL	12,65 <sub>a</sub>	13,17 <sub>a</sub>	13,70 <sub>a</sub>	0,11
C14_0	10,454 <sub>c</sub>	11,240 <sub>b</sub>	11,741 <sub>a</sub>	<0,01
C16_0	31,281 <sub>a</sub>	30,677 <sub>a</sub>	30,949 <sub>a</sub>	0,65
AG <i>De Novo</i> (g/100g AG)	23,45 <sub>c</sub>	25,48 <sub>b</sub>	26,82 <sub>a</sub>	<0,01
AG Misto (g/100g AG)	32,78 <sub>a</sub>	32,30 <sub>a</sub>	32,56 <sub>a</sub>	0,75
AG Pré-formado (g/100g AG)	39,29 <sub>a</sub>	37,50 <sub>b</sub>	35,76 <sub>c</sub>	<0,01
AG Ímpares e Ramificados (g/100g)	3,63 <sub>b</sub>	3,86 <sub>a</sub>	4,00 <sub>a</sub>	<0,01
AG Saturado (g/100g AG)	67,72 <sub>a,b</sub>	67,88 <sub>b</sub>	69,27 <sub>a</sub>	0,02
AG Monoinsaturado (g/100g AG)	28,47 <sub>b</sub>	28,14 <sub>b</sub>	26,86 <sub>a</sub>	0,01
AG Poliinsaturado (g/100g AG)	2,97 <sub>a</sub>	3,10 <sub>a</sub>	3,01 <sub>a</sub>	0,41
AG Insaturado (g/100g AG)	31,44 <sub>a,b</sub>	31,25 <sub>a</sub>	29,87 <sub>b</sub>	0,02
AG <i>De Novo</i> (g/100g leite)	0,85 <sub>c</sub>	0,92 <sub>b</sub>	1,02 <sub>a</sub>	<0,01
AG Misto (g/100g leite)	1,19 <sub>a,b</sub>	1,16 <sub>b</sub>	1,24 <sub>a</sub>	0,10
AG Pré-formado (g/100g leite)	1,43 <sub>a</sub>	1,35 <sub>b</sub>	1,36 <sub>a,b</sub>	0,03
AG Ímpares e Ramificados (g/100g)	0,13 <sub>b</sub>	0,14 <sub>b</sub>	0,15 <sub>a</sub>	<0,01
AG <i>De Novo</i> (kg/d)	0,31 <sub>b</sub>	0,33 <sub>b</sub>	0,37 <sub>a</sub>	<0,01
AG Misto (kg/d)	0,44 <sub>a</sub>	0,42 <sub>a</sub>	0,45 <sub>a</sub>	0,18
AG Pré-formado (kg/d)	0,53 <sub>a</sub>	0,49 <sub>a</sub>	0,50 <sub>a</sub>	0,06
AG Ímpares e Ramificados (kg/d)	0,05 <sub>b</sub>	0,05 <sub>b</sub>	0,06 <sub>a</sub>	<0,01

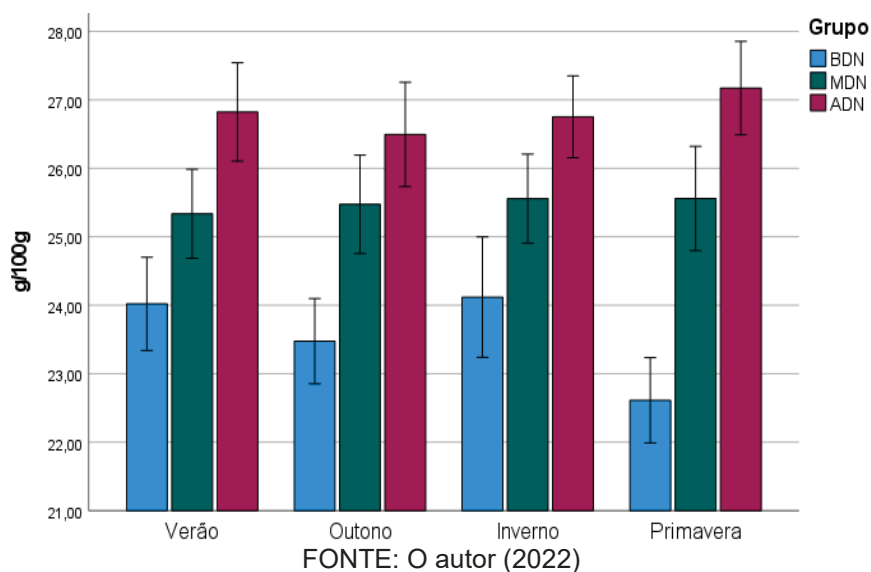
Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Com uma variação dentro dos índices a nível de separação dos grupos, podemos afirmar que existem diferentes relações entre as condições da saúde ruminal e dos indicadores de ácidos graxos a nível de tanque. Em sua maior proporção ou não, esses indicadores nos auxiliarão no desenvolvimento de práticas de manejo mais condizentes com os ajustes necessários a produção de leite.

GRÁFICO 50 - PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE NOVO POR 100 GRAMAS DE AG AO LONGO DO ANO SEPARADOS POR ESTAÇÕES



Conforme já relatado acima, o perfil de ácidos graxo De Novo ao longo do ano teve pouca variação e não encontrou diferença estatística significativa  $p=0,18$ . Esse resultado nos possibilitou como dito a retirada do efeito das estações na separação dos grupos ADN aumentando o nosso N experimental que nos auxiliou a identificar outros fatores (GRÁFICO 50 - PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE NOVO POR 100 GRAMAS DE AG AO LONGO DO ANO SEPARADOS POR ESTAÇÕES).

Apesar de não encontrarmos a diferença em g/100 gramas de ácidos graxos, encontramos diferença significativa entre os grupos ao relacionar a produção dos rebanhos e a composição de gordura do leite. Verificando que o primeiro ajuste tem relação direta com a composição em média de gordura do leite e já relatamos que ocorre um aumento no período do inverno, mantendo uma diferença significativa para % de gordura (TABELA 23 - MÉDIAS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS EM TANQUES DE LEITE) os valores do modelo ( $p<0,01$ ) e GRÁFICO 53 demonstram um aumento significativo no inverno.

Quanto a AG De Novo em Kg/dia ( $p<0,01$ ) tendo em vista a manutenção da mesma diferença estatística do supracitado, reforçam o aspecto de uma melhor condição ruminal e a influência esperada de um ambiente de melhor fermentação (GRÁFICO 52).

GRÁFICO 51 - AG DE NOVO EM GRAMAS POR 100 GRAMAS DE LEITE AO LONGO DO ANO.

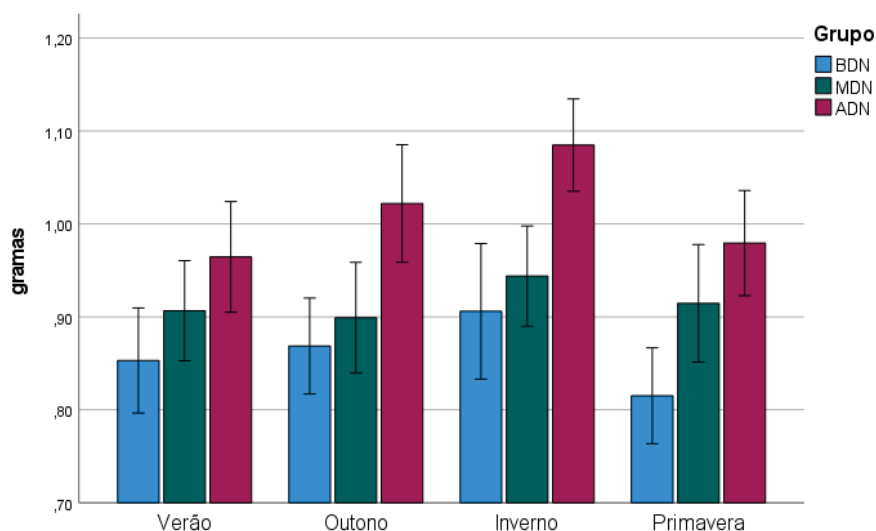
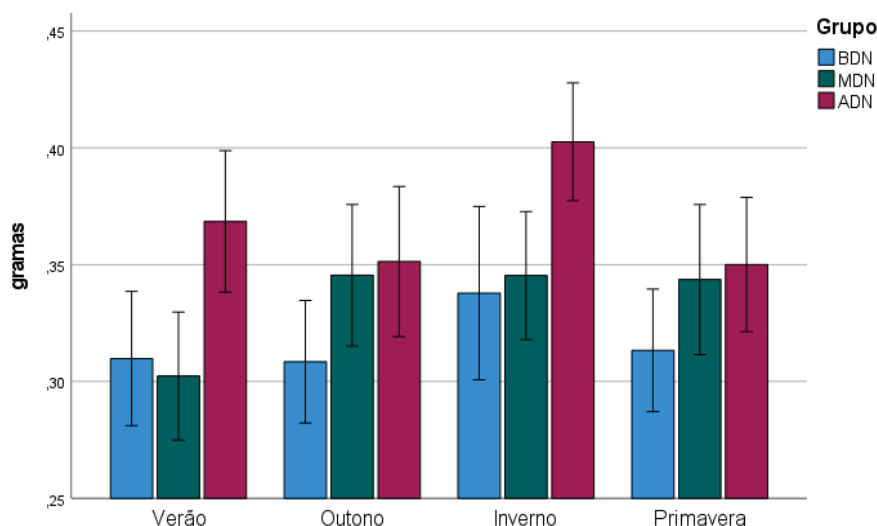


GRÁFICO 52 - AG DE NOVO POR QUILOGRAMA DE LEITE PRODUZIDO AO DIA AO LONGO DO ANO.



FONTE: O autor (2022)

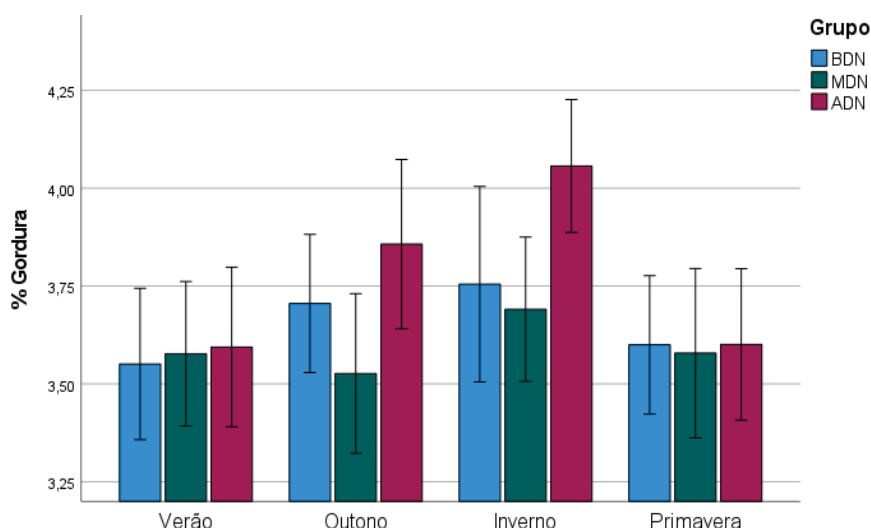
Em nosso trabalho não encontramos diferença estatística para produção de leite entre os grupos, diferente do trabalho de Woolpert et al. (2016) que encontrou tendência. Para os critérios de rendimento da gordura do leite, o rendimento de proteína e o de proteínas não encontramos diferença estatística, sendo contrários ao que foi encontrado por Woolpert et al. (2016), porém o teor de gordura do leite foi maior nas fazendas categorizadas como a Alta síntese AG De Novo ( $p < 0,02$ ).

Esses resultados são consistentes com pesquisas anteriores que descobriram que o conteúdo AG De Novo está correlacionado positivamente com a gordura do leite

(Barbano et al., 2014; Woolpert et al., 2017b). AG De novo, expresso como g/100g de AG, g/100 g de leite, e Kg/d foram maiores ( $P < 0,01$ ) nas fazendas ADN. Como separamos as fazendas por esse critério, era esperado esse resultado.

Fazendas com maior ADN apresentam também uma maior proporção de ímpares e ramificados que respondem a uma boa qualidade de fermentação e população microbiana ruminal. Esse aspecto é importante uma vez que está com alta correlação com produção de sólidos do leite que impactam diretamente no preço recebido pelo produtor. Fazendas que estão presentes neste grupo apesar de não termos significativa diferença em médias globais, o valor adicional de 0,05 em proteína somados aos 0,16 para gordura, são ganhos anuais significativos em termos proporcionais no que impactam a produção anual de uma propriedade.

GRÁFICO 53 - CONCENTRAÇÃO DE GORDURA DO LEITE AO LONGO DO ANO CORRIGIDO PARA O ESTAÇÃO E GRUPO DE AG DN



FONTE: O autor (2022)

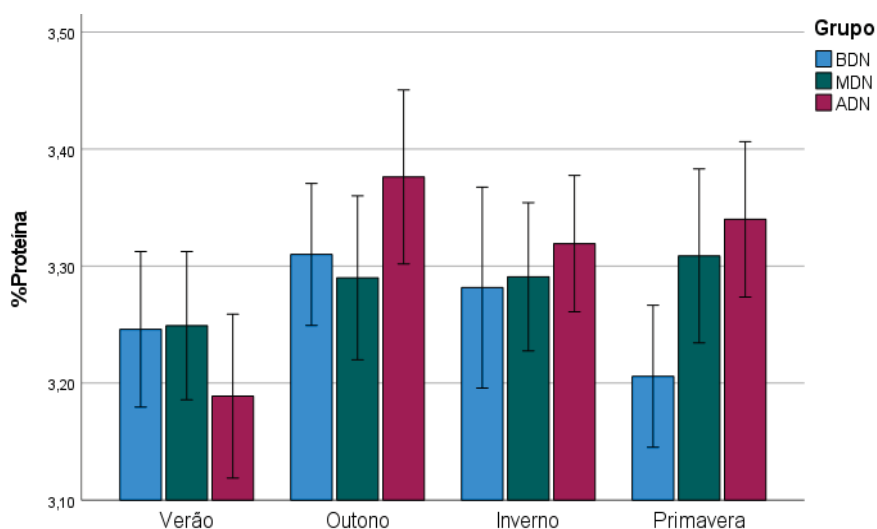
No GRÁFICO 53 é possível verificarmos que a melhor condição de fermentação ruminal no período de inverno traz mais benefícios para que o rebanho possa ter um efetivo aumento de concentração de gordura. Embora todos os grupos aumentem a produção de gordura no período de inverno, corroborando com os próprios capítulos dessa tese, verificamos que uma melhor condição ruminal proporciona aumentos mais pronunciados de concentração de gordura no leite.

Esse modelo teve significância ao nível de  $p < 0,01$ , demonstrando que existe diferença não só entre os períodos e entre os grupos, mas em sua conjunção de fatores que afetam a produção de gordura ao longo do ano.

No GRÁFICO 54 verificamos que ao longo do ano tivemos uma variação esperada da proteína do leite, conforme o resultado encontrado nos capítulos anteriores em que a maior média ocorreria no outono, nos meses de maio. Como as coletas ocorreram neste mês, os valores de maior média coincidiram. O que verificamos adicional, foi que a curva de proteína tem uma maior relação nas fazendas BDN, enquanto ADN não teve uma correlação com o já visto anteriormente.

Neste modelo verificamos que os grupos MDN e ADN não se comportaram conforme a curva prevista no capítulo 2 dessa tese. Seria possível que os valores de proteína possuem maior sensibilidade as mudanças ruminais do que a gordura e essas não são perceptíveis a nível de fazenda.

GRÁFICO 54 - CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA DO LEITE AO LONGO DO ANO CORRIGIDO PARA O PERÍODO E GRUPO DE AG DN



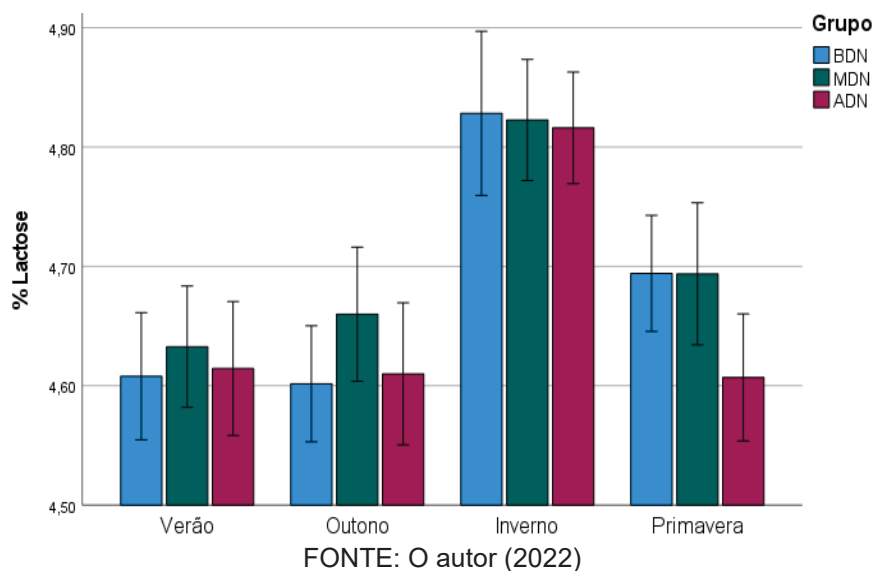
FONTE: O autor (2022)

Da mesma forma que foi realizado com % de gordura e % de proteína, verificamos a concentração de lactose em % do leite dentro das estações do ano e sua relação com os grupos de AG De Novo. O GRÁFICO 55 apresenta o resultado encontrado e nos chamou a atenção os valores de lactose superiores no período do inverno que diretamente demonstraram relação com a sazonalidade de lactose em Kg de lactose já explorado nesta tese.

O valor em concentração de lactose com pico sazonal é esperado para a primavera, momento que na correção do modelo foi de valor mais baixo. Essa relação esperada em sazonalidade também pode estar relacionada com o mês da coleta que é mais próximo ao pico de lactose, sendo a coleta realizada em agosto e o pico

esperado em setembro. No período da primavera as coletas em novembro, um período mais distante do pico sazonal esperado.

GRÁFICO 55 - CONCENTRAÇÃO DE LACTOSE DO LEITE AO LONGO DO ANO CORRIGIDO PARA O PERÍODO E GRUPO DE AG DN



De fato, a lactose determina a quantidade de água absorvida nos alvéolos e, portanto, o volume de leite produzido (Fox, Uniacke-Lowe, McSweeney, & O'Mahony, 2015). Glicemia e balanço energético em vacas estão positivamente correlacionados com a lactose no leite (Larsen & Moyes, 2015; Reist et al., 2002) especialmente em raças de alta produção (Costa, Lopez-Villalobos, Sneddon, Shalloo, Franzoi, de Marchi, et al., 2019b). Costa et al. (2019) em sua revisão sugeriram que a disponibilidade de glicose sanguínea pós-hepática poderia ser um regulador chave indireto da produção de leite. É importante destacar a importância da produção de leite e que a captação de glicose do sangue para produzir lactose é uma prioridade metabólica nas vacas de leite, principalmente nas raças com genética desenhada para essa especialidade.

A composição do leite é inalterada mesmo em caso de quebra das reservas corporais (Zhao, 2014), sendo uma prioridade em detrimento a outras relações fisiológicas do animal em produção. Por exemplo, uma diminuição repentina do nível de energia da dieta ou aumento na demanda de energia em vacas de alto rendimento pode resultar em um balanço energético negativo e mobilização das reservas de gordura do tecido para o sangue, passando pelo fígado.

Os dados que coletamos demonstram mais ainda essa relação, principalmente na relação das necessidades de produção de lactose a partir do rumen e da movimentação da glicose circulante, principalmente a necessidade de estudos que relacionem a menor proporção de lactose no grupo ADN, que por hora nos parece ter relação com a microbiota ruminal com maior proporção de produção de propionato.

Não encontramos diferença significativa para AG Misto ( $p < 0,75$ ), sendo o contrário do encontrado por Woolpert et al. (2017). Metade do AG misto é originária da síntese de novo quando as vacas estão em balanço energético positivo (Loften et al., 2014) e não encontramos diferenças para a comparação de C16. É possível que o mesmo mecanismo que conduzia a síntese de AG De Novo, menor que 14 carbonos também estivesse conduzindo a Síntese de Palmítico. Uma explicação alternativa, as fazendas ADN estavam alimentando mais ácido palmítico através da suplementação do produto de alimentação inerte de rumen.

O ácido palmítico dietético tem sido encontrado para aumentar o teor de gordura do leite sem diminuir a regulação da nova síntese (Loften et al., 2014). Como encontramos uma diferença estatística para o C16 Index, nos mostrou que as fazendas com maior ADN tiveram um índice médio superior as fazendas de BDN. De alguma forma, demonstra que as fazendas BDN estavam usando produtos com alto teor de palmítico, aumentando os AG Mistos. Essa constatação nos auxilia a retirar um viés sobre o uso de alimentos com palmítico, principalmente demonstrando que não deve existir diferença estatística entre as fazendas que usam esse item e as fazendas que não usam.

Woolpert et al. (2016) não foi detectou diferença na proporção de fazendas que usam gordura inerte de rumen e a relação com o perfil de AG De novo. Ressalta que a composição dos produtos de gordura inerte no rumen alimentados nas fazendas não foi fornecida aos pesquisadores (Woolpert et al., 2016a). Em nossos dados, verificamos diferença estatística para C16\_cis9 para os grupos isoladamente, mas não para a soma de todos os C16. Isso pode indicar o uso de suplementação em fazendas BDN de gordura inerte no rumen a base de palmítico mascarando a relação existente e que contribui para o índice de C16 apresentar diferença estatística ( $p < 0,03$ ).

AG pré-formado expressa como g/100 g AG e como leite g/100 g foram menores ( $p < 0,01$  TABELA 27) nas fazendas ADN, com tendência ( $p = 0,06$ ) em AG pré-formado Kg/d. Esses resultados sugerem que as mudanças na AG pré-formado

expressas como g/100g de AG foram resultado do aumento do rendimento AG De Novo, e não porque as vacas nas fazendas BDN estavam produzindo mais AG pré-formado por dia.

As descrições das coletas de campo realizadas separadas em grupos de AG De Novo e a sua análise estatística com significância estão relacionadas na TABELA 27. É possível verificar que a frequência de ordenha em 2 vezes por dia é similar ao encontrado por Woolpert et al. (2016), com uma maior frequência de duas ordenhas nas fazendas categorizadas com Alto síntese De Novo (ADN).

TABELA 27 - DIFERENÇA DAS INFORMAÇÕES COLETADAS ENTRE OS GRUPOS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE SÍNTESE DE NOVO.

	BDN	MDN	ADN	Valor P
Nº de Ordenhas	2,70 <sub>a</sub>	2,62 <sub>a</sub>	2,58 <sub>a</sub>	0,50
Frequência de 2 ordenhas	30%	38,5%	42,5%	0,50
Total rebanho	886,58 <sub>a</sub>	918,59 <sub>a</sub>	715,08 <sub>a</sub>	0,23
Vacas em Lactação	416,30 <sub>a</sub>	411,36 <sub>a</sub>	330,10 <sub>a</sub>	0,28
% Lactação	47,99% <sub>a</sub>	44,82% <sub>a</sub>	48,59% <sub>a</sub>	0,19
Vacas lote alta	91,90 <sub>a</sub>	99,46 <sub>a</sub>	88,80 <sub>a</sub>	0,52
% alta/total	28,17% <sub>a</sub>	31,61% <sub>a</sub>	32,77% <sub>a</sub>	0,45
Lotes	5 <sub>a</sub>	4 <sub>a</sub>	4 <sub>a</sub>	0,51
Tratos por dia	1,70 <sub>a</sub>	1,56 <sub>a</sub>	1,63 <sub>a</sub>	0,46
Frequência de 2 tratos por dia	70,0%	56,4%	62,5%	0,45
Empurros	5,25 <sub>a</sub>	5,18 <sub>a</sub>	5,50 <sub>a</sub>	0,71
Empurros > 5 vezes ao dia	65%	51,3%	72,5%	0,14
Tamanho do barracão (m <sup>2</sup> )	841 <sub>a</sub>	1238 <sub>a,b</sub>	1330 <sub>b</sub>	0,01
Linha de cocho	58,28 <sub>a</sub>	63,59 <sub>a</sub>	57,50 <sub>a</sub>	0,44
Densidade das vacas	0,109 <sub>a</sub>	0,094 <sub>a,b</sub>	0,080 <sub>b</sub>	<0,01
M <sup>2</sup> /vaca	9,82 <sub>a</sub>	13,24 <sub>a,b</sub>	16,76 <sub>b</sub>	<0,01
M/vaca no cocho	0,73 <sub>a</sub>	0,71 <sub>a</sub>	0,69 <sub>a</sub>	0,81
THI In	67,82 <sub>a</sub>	66,70 <sub>a</sub>	65,67 <sub>a</sub>	0,34
Vacas/cama	1,01 <sub>a</sub>	1,00 <sub>a</sub>	1,02 <sub>a</sub>	0,81
Dias em leite	215,75 <sub>a</sub>	209,72 <sub>a</sub>	219,80 <sub>a</sub>	0,41

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Os rebanhos relativamente grandes em nosso estudo com médias de vacas em leite acima de 300 animais é relativamente o dobro de animais relatados na média no estudo de Woolpert et al. (2016). Em relação aos dias em leite, nosso estudo similarmente não encontrou diferença estatística, porém está com 35 dias a mais em relação ao relatado no estudo norte americano.

Diferente do estudo de Woolpert et al. (2016) não coletamos as informações de médias de escore corporal e de informações de tempo em alimentação, sendo que previamente o estudo já demonstrou a inviabilidade da coleta dessas informações principalmente devido as questões de manejo e de estrutura das fazendas para realizar essa coleta de dados.

O número de animais em alta produção com um tamanho relativo iria trazer viés ao estudo e possibilitaria uma menor eficiência de coleta de informações por parte dos pesquisadores. As informações gerais, quanto a frequência de informações, quantidade de tratos, quantidade de lotes, tamanho do barracão, densidade das vacas e demais informações foram coletadas em cada visita e reorganizadas em caso de mudança de informações ou de estrutura na fazenda ao longo do ano. Identificamos que em questões estruturais pouca coisa modifica nas fazendas, sendo que o processo de maior mudança estaria relacionado principalmente a fatores nutricionais.

Entre os grupos de AG De novo previamente definidos, encontramos diferença significativa entre eles somente em densidade de vacas e  $m^2/vacas$  disponível nos barracões. Possivelmente está associado a uma maior concentração de fazendas em uma estrutura de compost bar. Essa questão impactou de forma diferente o nosso estudo, pois não tínhamos as informações de número de camas por vaca em compost bar. Em nosso trabalho, 20 fazendas eram free-stall, 7 compost e 3 a pasto. Em termos de quantidade de vacas por cama nos free-stall, encontramos que praticamente todas as fazendas trabalhavam com subpopulação ou que no máximo 1,02 vacas por cama, não gerou uma diferença significativa entre os valores encontrados.

Na TABELA 28, verificamos a divisão de informações relacionadas ao tipo de barracão e tipo de pista de alimentação. Principalmente os novos projetos e as fazendas com compost estão utilizando linhas de cocho com barras livres e não canzil. As fazendas a pasto são todas com canzil na linha do cocho. Verificamos também que no grupo ADN não apresenta fazendas com o sistema de pasto.

Esse sistema foi definido conforme o local de permanência em ócio e deitada, principalmente por não possuírem barracão. Eram 3 fazendas que participaram nesse modelo no estudo. Como cada visita foi considerada uma fazenda diferente, o valor total de visitas em fazendas com pastagem ficou em 12, sendo que neste caso todas elas permaneceram com BDN e MDN, sendo que o MDN ocorreu no inverno.

TABELA 28 - REFERENCIAS DAS FAZENDAS VISITAS E DE SEUS SISTEMAS PRODUÇÃO E MANEJO

		BDN	MDN	ADN
Canzil ou livre	Canzil	22	21	16
	Livre	18	18	24
Sistema	Compost	3	12	13
	Free-stall	31	21	27
	Pastagem	6	6	0

FONTE: O autor (2022)

Os dados demonstram que nenhuma fazenda com animais a pasto foi categorizada com ADN durante o experimento. Predominantemente eram 3 fazendas que em algum momento foi categorizada como Médio De Novo. Quanto ao Compost existiu uma diferença estatística e foi predominante para Média e Alta De Novo. Dessa forma, entendemos que o Compost tem maior prevalência em médio e alta síntese De Novo e os rebanhos pastagem tem prevalência em média e baixa síntese De Novo.

Quanto a composição do leite, realizando uma análise de comparação entre os sistemas e entre os grupos. Entre os sistemas, encontramos uma diferença estatística para produção de leite maior nos rebanhos que eram free-stall em relação aos demais ( $p < 0,01$ ). Os rebanhos free-stall produziram em média 3 litros a mais que os demais. Não encontramos diferença em gordura, proteína, sólidos e CCS.

A concentração de lactose foi superior 0,05 pontos percentuais para os rebanhos em free-stall ( $p < 0,05$ ) e Nitrogênio ureico foi superior 1,43 pontos percentuais nos rebanhos free-stall comparado a compost ( $p < 0,02$ ). Essa diferença nos levou a analisar dentro dos grupos a existência de diferença (TABELA 29).

Ao verificar dentro dos grupos em relação aos sistemas, não encontramos diferença estatística em sua maioria. No grupo BDN não houve diferença estatística para nenhum item em relação ao sistema. No grupo MDN encontramos diferença estatística para os sistemas em free-stall para produção média de leite ( $p < 0,03$ ), sendo este grupo com média superior com 37,80 kg de leite dia e para concentração de lactose que encontramos o valor superior de 4,72% com  $p < 0,01$ . No grupo MDN também verificamos uma tendência para média de CCS, tendo o grupo free-stall uma média de 182 e os demais grupos acima de 250.

Já para o grupo ADN encontramos tendência para leite com uma produção de 37,76 ( $p < 0,09$ ) nos sistemas que utilizam free-stall e uma média menor de NUL de 12,20 ( $p < 0,01$ ) em relação a média de 14,43 nos sistemas compost (TABELA 29).

A densidade de vacas por barracão foi menor, corroborando com os valores encontrados por Woolpert et al. (2016), encontrando valor  $p < 0,01$  nas fazendas de ADN. Esse resultado indica que fazendas com uma densidade maior possuem um perfil de AG De Novo de alta proporção. O valor de  $m^2$  por animais foi superior nas fazendas com alto de novo, sendo 16,76 e nas fazendas de BDN foi 9,82 (TABELA 30).

TABELA 29 - AVALIAÇÃO DE PRODUÇÃO DE LEITE ENTRE SISTEMAS DE ALOJAMENTO.

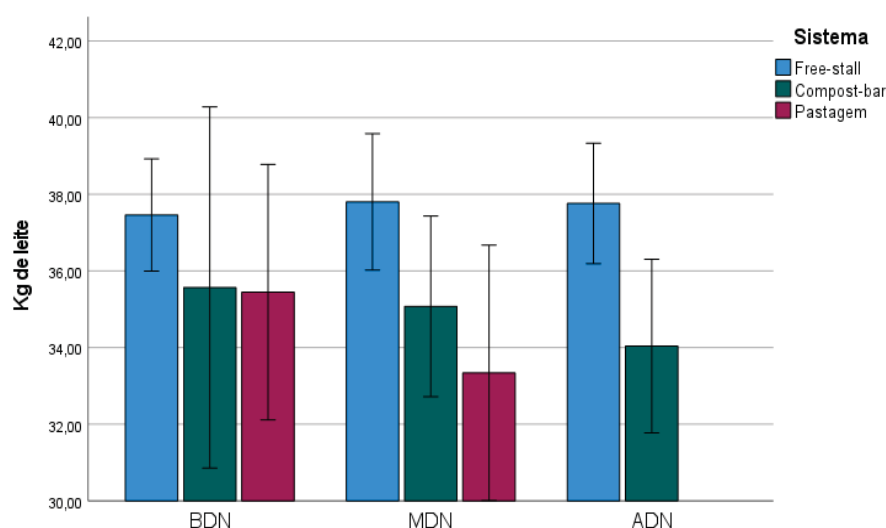
	Compost (n=7)	Free-stall (n=20)	Semi- confinado (n=3)	Valor P
LEITE KG. / LACT - 305	34,65 <sub>b</sub>	37,65 <sub>a</sub>	34,39 <sub>b</sub>	0,01
% GORDURA	3,73 <sub>a</sub>	3,71 <sub>a</sub>	3,62 <sub>a</sub>	0,64
% PROTEÍNA	3,30 <sub>a</sub>	3,29 <sub>a</sub>	3,27 <sub>a</sub>	0,65
% LACTOSE	4,65 <sub>b</sub>	4,70 <sub>a</sub>	4,69 <sub>a,b</sub>	0,02
% SÓLIDOS	12,62 <sub>a</sub>	12,66 <sub>a</sub>	12,53 <sub>a</sub>	0,61
CCS (x 1000/ml)	244,93 <sub>a</sub>	224,92 <sub>a</sub>	250,33 <sub>a</sub>	0,55
NUL	12,17 <sub>b</sub>	13,53 <sub>a</sub>	13,21 <sub>a,b</sub>	0,02

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

GRÁFICO 56 - PRODUÇÃO DE LEITE DIVIDIDOS EM AG DE NOVO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO



FONTE: O autor (2022)

Não encontramos diferença estatística no espaço para as vacas no cocho ( $P < 0,81$ ). A variação desse espaço variou entre 0,69 a 0,73. Ao contrário de Woolpert et al. (2017) que encontrou maior espaço nas fazendas com alto De Novo,

encontramos maior espaço nas fazendas de Baixo De Novo. Pode ser decorrente de muitas fazendas sem canzil com baixo de novo.

Encontramos uma diferença significativa na densidade de animais nas fazendas ( $P < 0,01$ ). Quando verificamos a  $m^2/vaca$ , uma vez que o número de barracões em sistema de compost bar era significativo, o valor do grupo ADN foi de  $16,76 m^2$  por vaca enquanto o valor de BDN foi  $9,82 m^2/vaca$ . Dessa forma, foi possível identificar o mesmo achado nos trabalhos no hemisfério norte que demonstram que um aumento na densidade provoca uma diminuição no perfil de ácido graxos de Novo e uma redução da % de gordura.

TABELA 30 - MÉDIAS DE COMPOSIÇÃO DO LEITE DENTRO DE GRUPOS DE AG DE NOVO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO.

	Compost (n=7)	Free-stall (n=20)	Semi-confinado (n=3)	Valor P	
BDN	LEITE KG	35,57 <sub>a</sub>	37,46 <sub>a</sub>	35,45 <sub>a</sub>	0,45
	% GORDURA	3,53 <sub>a</sub>	3,65 <sub>a</sub>	3,60 <sub>a</sub>	0,80
	% PROTEÍNA	3,33 <sub>a</sub>	3,27 <sub>a</sub>	3,27 <sub>a</sub>	0,64
	% LACTOSE	4,62 <sub>a</sub>	4,69 <sub>a</sub>	4,68 <sub>a</sub>	0,37
	% SÓLIDOS	12,56 <sub>a</sub>	12,45 <sub>a</sub>	12,52 <sub>a</sub>	0,89
	CCS (x 1000/ml)	324,33 <sub>a</sub>	254,00 <sub>a</sub>	236,33 <sub>a</sub>	0,44
	NUL	12,80 <sub>a</sub>	11,13 <sub>a</sub>	12,67 <sub>a</sub>	0,44
MDN	LEITE KG	35,08 <sub>b</sub>	37,80 <sub>a</sub>	33,34 <sub>b</sub>	0,03
	% GORDURA	3,62 <sub>a</sub>	3,62 <sub>a</sub>	3,64 <sub>a</sub>	0,99
	% PROTEÍNA	3,27 <sub>a</sub>	3,29 <sub>a</sub>	3,26 <sub>a</sub>	0,70
	% LACTOSE	4,64 <sub>b</sub>	4,72 <sub>a</sub>	4,71 <sub>a,b</sub>	0,01
	% SÓLIDOS	12,59 <sub>a</sub>	12,49 <sub>a</sub>	12,55 <sub>a</sub>	0,78
	CCS (x 1000/ml)	250,92 <sub>a</sub>	182,29 <sub>a</sub>	264,33 <sub>a</sub>	0,08
	NUL	13,46 <sub>a</sub>	12,39 <sub>a</sub>	13,75 <sub>a</sub>	0,33
ADN	LEITE KG	34,04 <sub>a</sub>	37,76 <sub>b</sub>	. <sup>1</sup>	0,09
	% GORDURA	3,87 <sub>a</sub>	3,86 <sub>a</sub>	. <sup>1</sup>	0,87
	% PROTEÍNA	3,33 <sub>a</sub>	3,32 <sub>a</sub>	. <sup>1</sup>	0,82
	% LACTOSE	4,67 <sub>a</sub>	4,69 <sub>a</sub>	. <sup>1</sup>	0,43
	% SÓLIDOS	12,83 <sub>a</sub>	12,79 <sub>a</sub>	. <sup>1</sup>	0,79
	CCS (x 1000/ml)	221,08 <sub>a</sub>	224,70 <sub>a</sub>	. <sup>1</sup>	0,91
	NUL	14,43 <sub>a</sub>	12,20 <sub>b</sub>	. <sup>1</sup>	0,01

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>2</sup>

1. Essa categoria não é usada em comparações porque não existe nenhuma outra categoria válida para comparação

2. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Uma densidade alta nos barracões reduz o tempo que as vacas passam ociosas e ruminando (Batchelder, 2000). As vacas dão preferência a ficar ociosas e deitadas ruminando sobre manter uma alimentação, devido a concorrência para as

camas (Grant & Albright, 2001b). Devido a condição de compost das fazendas visitadas, a grande maioria das vacas estavam com maior espaço em barracão. Os dados de Woolpert et al. (2016) demonstraram que quando a densidade de animais excede 1 vaca por cama, as vacas podem reduzir o tempo de alimentação, aumentar a taxa de ingestão por tempo no cocho com menos idas ao cocho ao longo do dia, a fim de maximizar o tempo gasto deitado. Portanto, a maior densidade observada nas fazendas BDN pode ter resultado em mudanças tanto no comportamento de repouso quanto de alimentação.

Seymour et al. (2005) relataram que o pH ruminal médio tende a diminuir e o tempo abaixo de um pH de 5,8 aumentou quando a densidade das vacas ficava em 1,42 em comparação com 1,00 por cama. Hill et al. (2007) não mediram o pH ruminal, mas relataram uma redução de 0,2% na gordura do leite quando as vacas estavam alojadas em 1,42 vacas por cama em comparação com 1,00 ( $P = 0,03$ ), presumivelmente devido a alterações nas condições de rumen. No entanto, (Krawczel et al., 2012b) não relataram nenhuma mudança na composição do leite, mas um aumento na agressividade próximo ao cocho, com uma diminuição no tempo de ociosidade quando as vacas estavam alojadas em 1,42 em comparação com 1,00 por vaca.

TABELA 31 - AVALIAÇÃO DE PONTOS DE MANEJO ENTRE GRUPOS DE AG DE NOVO

	BDN	MDN	ADN	Valor P
% Lactação	47,99% <sub>a</sub>	44,82% <sub>a</sub>	48,59% <sub>a</sub>	0,19
% alta/total	28,17% <sub>a</sub>	31,61% <sub>a</sub>	32,77% <sub>a</sub>	0,45
Lotes	5 <sub>a</sub>	4 <sub>a</sub>	4 <sub>a</sub>	0,51
Tratos por dia	1,70 <sub>a</sub>	1,56 <sub>a</sub>	1,63 <sub>a</sub>	0,46
Empurros	5,25 <sub>a</sub>	5,18 <sub>a</sub>	5,50 <sub>a</sub>	0,71
M <sup>2</sup> /vaca	9,82 <sub>b</sub>	13,24 <sub>a,b</sub>	16,76 <sub>a</sub>	0,00
Densidade vacas/cama	1,01 <sub>a</sub>	1,00 <sub>a</sub>	1,02 <sub>a</sub>	0,81
M/vaca no cocho	0,73 <sub>a</sub>	0,71 <sub>a</sub>	0,69 <sub>a</sub>	0,81

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Nosso estudo não detectou diferença no espaço por vaca na linha de cocho, ficando igual os dados encontrados por Woolpert et al (2016). Woolpert et al. (2016) relatou que no estudo de Sova et al. (2013) relataram que um aumento de 10 cm/vaca na linha do cocho estava associado a um aumento de 0,06% no teor de gordura do

leite. Acreditamos que a grande participação de compost bar e do formato sem canzil possam ter influenciado esse resultado. Os resultados de diferença em cm ficaram próximo a 4 cm, relativamente abaixo do que foi pesquisado por Sova et al. (2013).

O grupo BDN teve ligeiramente 0,73 cm/vaca, o MDN ficou com 0,71 e o ADN ficou com 0,69. Um aumento de free-stall no grupo BDN deveria ter gerado uma diminuição nos cm/vaca, porém ocorreu o contrário e acreditamos que a forma de livre acesso trouxe uma diferença na condição e na forma de atividade dos animais que podem contribuir para diminuir o espaço de linha de cocho e manter uma menor competição de acesso.

Não foi detectada diferença na frequência de entrega de ração entre as fazendas ( $p=0,46$ ) porém ao posicionar os sistemas encontramos diferença principalmente devido às fazendas com pastagens ( $p<0,01$ ). Devido à essa particularidade, teríamos um viés no modelo.

Quando checamos o sistema para verificar a diferença interna, dentro das médias, também não encontramos diferença estatística. Pesquisas sustentam que a alimentação das vacas com maior frequência gera um comportamento alimentar mais natural (de Vries et al., 2005), diminui a classificação (de Vries et al., 2008), e está associada a um aumento do teor de gordura do leite (Rottman et al., 2014; Sova et al., 2013).

A classificação contra partículas longas pode resultar em uma redução do pH ruminal (de Vries et al., 2008), potencialmente aumentando o risco da vaca para a depressão da gordura do leite (Allen, 1997; Bauman et al., 2006). Nos dados encontrados por Castro et al. (2022) em seu levantamento encontrou que em robôs também não encontrou diferença para a frequência de tratos e frequência de empurros.

Da mesma forma encontrada por Woolpert et al. (2016) que as fazendas ADN tendiam a ter maior quantidade de empurros, encontramos uma diferença estatística entre os sistemas. No Grupo de ADN as fazendas em free-stall empurraram 5,93 vezes ao dia em média comparado a 4,62 das fazendas em compost ( $P < 0,05$ ).

Porém, não encontramos diferença entre os grupos para, sendo um resultado que pode ter uma influência das fazendas com pastagem que ficaram no grupo de baixa e com uma menor frequência de empurros e tratos.

TABELA 32 - RELAÇÃO FREQUENCIA DE TRATOS E EMPURROS DE DIETA COM TIPOS DE SISTEMA

		Compost (n=7)	Free-stall (n=20)	Semi-confinado (n=3)
BDN	Tratos por dia	1,81 <sub>a</sub>	2,00 <sub>a</sub>	1,00 <sub>b</sub>
	Empurros	5,61 <sub>a</sub>	4,67 <sub>a</sub>	3,67 <sub>a</sub>
MDN	Tratos por dia	1,76 <sub>a</sub>	1,50 <sub>a,b</sub>	1,00 <sub>b</sub>
	Empurros	5,81 <sub>a</sub>	4,50 <sub>a</sub>	4,33 <sub>a</sub>
ADN	Tratos por dia	1,67 <sub>a</sub>	1,54 <sub>a</sub>	. <sup>1</sup>
	Empurros	5,93 <sub>a</sub>	4,62 <sub>b</sub>	. <sup>1</sup>

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>2</sup>

1. Essa categoria não é usada em comparações porque não existe nenhuma outra categoria válida para comparação

2. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

O esperado em termos de manejo é que quando a alimentação é entregue com menor frequência deve ser empurrada para cima com maior frequência, a fim de fornecer à vaca acesso físico à alimentação (DeVries et al., 2003). No entanto, (DeVries & von Keyserlingk, 2005b) descobriram que as vacas são mais motivadas a comer por entrega da dieta fresca do que simplesmente empurrando mais vezes ao dia.

Não foi detectada diferença nas fazendas MS, FDN, FDA, FDN da forragem, FDN fisicamente efetivo e amido (TABELA 33). No entanto, pesquisas apontadas por Woolpert et al. (2016) relataram influência do amido (Oba & Allen, 2003) e FDN (Allen, 1997). Encontramos diferença entre os grupos para Energia Líquida da lactação, maior para o grupo ADN em relação ao grupo BDN ( $p=0,03$ ), Proteína Bruta total da dieta, maior no grupo ADN em relação ao BDN (18,62 vs 17,54,  $p < 0,01$ ) e na % de proteína degradável no rumen maior para ADN (10,96 vs 10,17,  $p=0,05$ ). Encontramos uma diferença significativa com  $p < 0,05$  ( $p=0,02$ ) para % EE das dietas, com média de 4,07 para o grupo ADN vs 3,95 sobre a média do BDN.

Dadas as condições de perfil de AG De Novo, procuramos entender se existiu diferença e como ela comportou ao longo do ano para fazer uma segunda análise utilizando esse fator como comparação. Encontramos neste caso diferença estatística para %MS, Energia Líquida da Lactação (Mcal/Kg de MS), % de FDN e %FDA ( $p < 0,05$

para todos os itens citados). Os dados quanto ao período estão demonstrados na TABELA 38.

Oba e Allen (2003) observaram uma diminuição no rendimento da gordura do leite em resposta ao aumento do teor de amido em uma dieta de amido elevado (32 vs 21% da MS). No entanto, encontramos em nosso estudo, amido dietético na casa de 24,55 e 24,69% da MS ( $P = 0,92$ ) para fazendas BDN e ADN, respectivamente. Devido a diferença de variedades em relação aos híbridos e tratamentos utilizados no hemisfério norte, é provável que a diferença média dos grupos e a baixa utilização do potencial do amido dietético.

TABELA 33 - RELAÇÃO DE PARÂMETROS NUTRICIONAIS E GRUPOS DE PERFIL DE AG.

	BDN	MDN	ADN	Valor P
% Matéria Seca	51,45 <sub>a</sub>	51,04 <sub>a</sub>	50,13 <sub>a</sub>	0,29
Energia Líquida				
Lactação (Mcal/kg MS)	1,46 <sub>b</sub>	1,47 <sub>a</sub>	1,47 <sub>a</sub>	0,03
% Nutrientes				
Digestíveis Totais	66,59 <sub>a</sub>	67,14 <sub>a</sub>	67,08 <sub>a</sub>	0,80
% Proteína Bruta	17,54 <sub>b</sub>	18,49 <sub>a</sub>	18,62 <sub>a</sub>	0,01
% Proteína				
Degradável no Rúmen	10,17 <sub>b</sub>	10,71 <sub>a</sub>	10,96 <sub>a</sub>	0,05
% Fibra em				
Detergente Neutro	33,08 <sub>a</sub>	32,46 <sub>a</sub>	32,58 <sub>a</sub>	0,25
% Fibra em				
Detergente Ácido	13,44 <sub>a</sub>	14,49 <sub>a</sub>	14,23 <sub>a</sub>	0,33
% FDN Forragem	27,52 <sub>a</sub>	27,17 <sub>a</sub>	27,14 <sub>a</sub>	0,65
% FDN Fisicamente				
Efetivo (>8mm)	13,82 <sub>a</sub>	14,05 <sub>a</sub>	14,02 <sub>a</sub>	0,86
% Amido	24,55 <sub>a</sub>	24,68 <sub>a</sub>	24,69 <sub>a</sub>	0,92
% Extrato Etéreo	3,95 <sub>b</sub>	3,94 <sub>b</sub>	4,07 <sub>a</sub>	0,02

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

O conteúdo dietético de FDN isolado não demonstra completamente como o FDN afetará a gordura do leite. Por exemplo, a substituição parcial de grãos de milho e silagem por uma fonte de fibra não forrageira diminuiu o pH ruminal e o teor de gordura do leite, apesar do amido mais baixo e maior FDN na dieta (Dann et al., 2015). Em nosso estudo fizemos dois levantamentos sobre a FDNefetiva, sendo uma estimada pelo programa de formulação de dietas e relatada na TABELA 34, onde não obtivemos diferença estatística ( $p=0,86$ ), na silagem de milho coletada e analisada

como a primeira fonte de forragem e na dieta total coletada no cocho. Esses dois FDN efetivos calculados serão apresentados em uma discussão abaixo.

TABELA 34 - DIETAS COLETADAS E SUA RELAÇÃO AO LONGO DAS ESTAÇÕES.

	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Valor P
% Matéria Seca	49,49 <sub>b</sub>	49,99 <sub>b</sub>	50,90 <sub>a,b</sub>	53,09 <sub>a</sub>	<0,01
Energia Líquida Lactação (Mcal/kg MS)	1,47 <sub>a,b</sub>	1,47 <sub>a,b</sub>	1,47 <sub>a</sub>	1,46 <sub>b</sub>	0,02
% Nutrientes Digestíveis Totais	67,22 <sub>a</sub>	66,95 <sub>a</sub>	66,84 <sub>a</sub>	66,73 <sub>a</sub>	0,97
% Proteína Bruta	18,29 <sub>a</sub>	18,13 <sub>a</sub>	18,21 <sub>a</sub>	18,22 <sub>a</sub>	0,99
% Proteína Degradável no Rúmen	10,65 <sub>a</sub>	10,44 <sub>a</sub>	10,63 <sub>a</sub>	10,72 <sub>a</sub>	0,91
% Fibra em Detergente Neutro	33,39 <sub>a</sub>	32,43 <sub>a,b</sub>	32,05 <sub>b</sub>	32,95 <sub>a,b</sub>	0,02
% Fibra em Detergente Ácido	15,28 <sub>a</sub>	14,78 <sub>a,b</sub>	13,27 <sub>a,b</sub>	12,90 <sub>b</sub>	0,01
% FDN Forragem	27,37 <sub>a</sub>	27,36 <sub>a</sub>	27,27 <sub>a</sub>	27,11 <sub>a</sub>	0,96
% FDN Fisicamente Efetivo (>8mm)	13,90 <sub>a</sub>	13,95 <sub>a</sub>	14,04 <sub>a</sub>	13,95 <sub>a</sub>	1,00
% Amido	24,49 <sub>a</sub>	24,69 <sub>a</sub>	24,69 <sub>a</sub>	24,68 <sub>a</sub>	0,96
% Extrato Etéreo	3,96 <sub>a</sub>	3,98 <sub>a</sub>	4,04 <sub>a</sub>	3,96 <sub>a</sub>	0,48

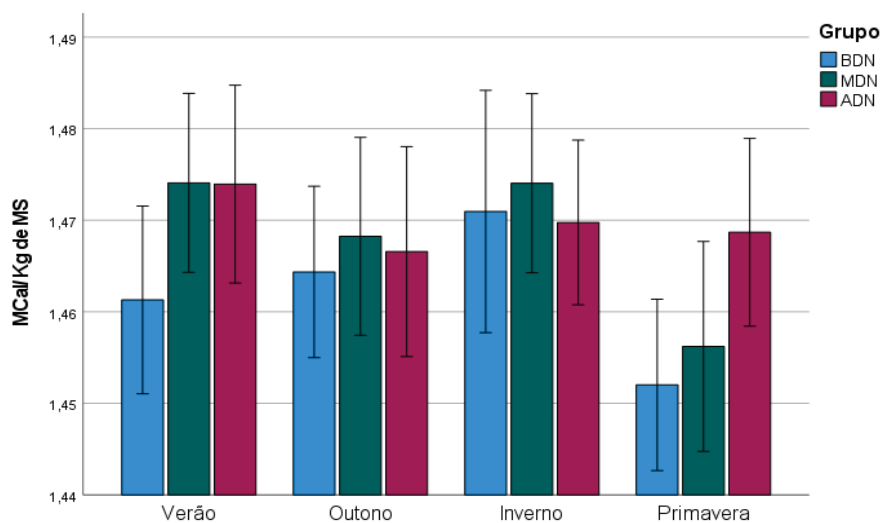
Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Zebeli et al. (2012) propôs que entre 14,8 e 19,6% da MS de FDN com tamanho acima de 8 mm seria a faixa segura de formulação para FDNfe. Nessa faixa, os animais mantêm um pH ruminal que permite a sobrevivência da flora responsável pela digestão da fibra no rúmen, sem prejudicar o consumo de alimentos. Os valores que encontramos para FDNfe nas dietas calculadas estão próximos aos estabelecidos por Zebeli, sendo que os valores no grupo BDN estão menores numericamente, mas sem diferença significativa.

GRÁFICO 57 - GRUPOS DE AG DE NOVO E SUA RELAÇÃO COM AS ESTAÇÕES PARA ENERGIA LÍQUIDA NA LACTAÇÃO



FONTE: O autor (2022)

Um modelo linear ajustado para Energia Líquida na Lactação em (Mcal/Kg de MS) demonstrou que as fazendas que ADN buscam mais energia líquida na lactação principalmente ajustando os seus níveis no período da primavera em que os níveis de componentes do leite continuam altos, sendo esse ajuste uma relação direta a energia do leite ( $p < 0,05$ ).

Verificando que no período de inverno não teríamos uma diferença nessas condições de composição dos componentes do leite, a nossa hipótese é que os nutricionistas tendem a modificar alguns aspectos da dieta para adequar principalmente aos níveis de composição do leite. As médias do modelo foram BDN 1,462, MDN 1,468 e ADN 1,470 com nível de significância à  $p < 0,01$ .

Em relação a PB, encontramos uma diferença estatística entre os grupos, sendo que a média para o grupo ADN estava com 18,62 % vs 17,54% das fazendas BDN ( $p = 0,01$ ). Ligado a esse fato, encontramos uma maior % de Proteína degradável no rumen que refletiram esses dados, sendo 10,96% para fazendas ADN vs 10,17% para BDN.

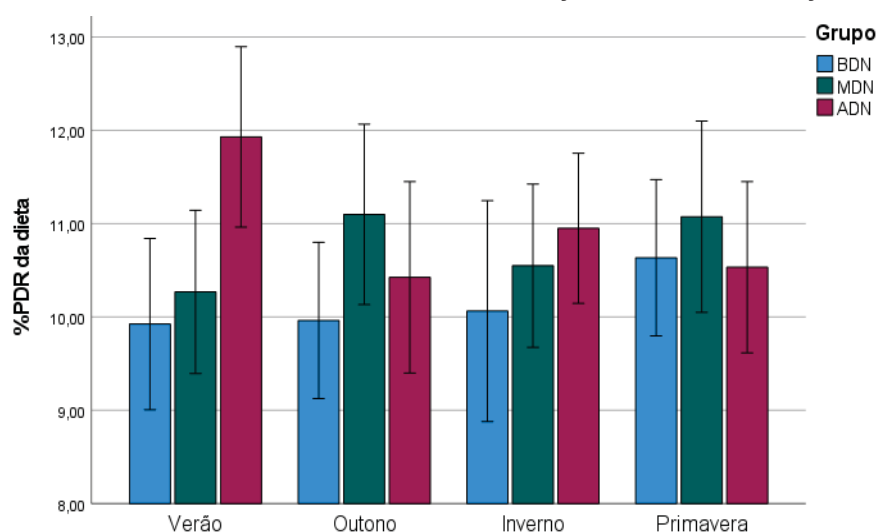
Não encontramos diferença estatística significativa para % de PB na composição de leite dos grupos, o que nos faz acreditar que a proteína da dieta está com direta correlação com uma melhor manutenção da flora ruminal, principalmente contribuindo para populações de proteolíticas possam realizar maior produção gerando uma % de gordura maior no leite. Verificamos os valores para o grupo de %

de Proteína Degradável no Rúmen, encontramos médias relativas de 10,14, 10,74 e 10,96 (BDN, MDN e ADN respectivamente) com um  $p < 0,05$ .

Principalmente encontramos um valor mais significativo entre os grupos no verão e ao checar as informações de PB das silagens os valores de PB deste componente estavam menores neste período.

Não encontramos diferença estatística no Nitrogênio Ureico do leite indicando que os balanceamentos de proteína nas dietas estão mais adequados. O levantamento sobre o uso de aminoácidos protegidos para degradação ruminal foi realizado. Em nossos dados, 35% das fazendas do grupo ADN utilizavam algum tipo de aminoácido by-pass enquanto no grupo BDN eram 32%. Não encontramos diferença estatística para esse item.

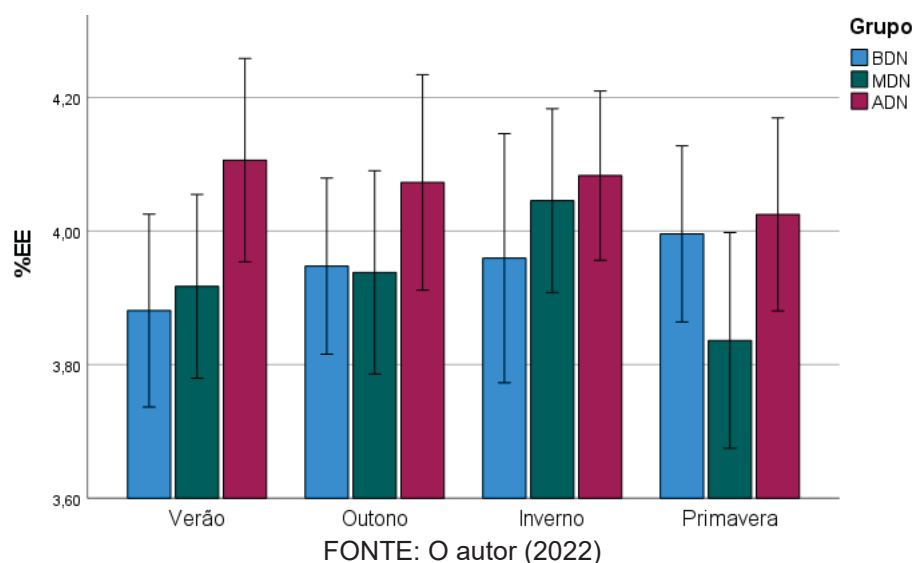
GRÁFICO 58 - GRUPOS DE AG DE NOVO E SUA RELAÇÃO COM AS ESTAÇÕES PARA PDR



FONTE: O autor (2022)

Nas fazendas com alto ADN a %EE foi maior ( $p = 0,02$ , TABELA 34). A relação entre a composição da gordura dietética e da gordura do leite foi revisada anteriormente (Bauman & Griinari, 2003a; Bauman & Lock, 2006; Harvatine et al., 2009) considerando que níveis excessivos de gordura dietética são um fator de risco para a depressão da gordura do leite.

GRÁFICO 59 - GRUPOS DE AG DE NOVO E SUA RELAÇÃO COM AS ESTAÇÕES PARA %EE



Woolpert et al. (2016) relata em seu estudo que vacas do grupo ADN tinham 3,7% de EE enquanto o grupo BDN tinha 4,4% EE, comentando que níveis como estes não se esperava um efeito sobre a síntese de novo. Em nosso estudo obtivemos o contrário de Woolpert et al (2016), sendo que o grupo de alto ADN apresentou maior %EE em relação ao grupo BDN. Woolpert et al (2016) comentando sobre o seus resultados entende que existe uma maior e mais aprofundada análise para entender a composição do perfil de AG que é medida usando EE, e se continha muito AG poli-insaturada que, combinada com outros fatores alimentares e de gestão, pode ter causado uma mudança na via de biohigenogênio que reduziu a síntese de novo AG nas fazendas BDN (Bauman e Griinari, 2003).

Em nosso estudo, acreditamos que um dos pontos e aspectos que envolvem essa informação das dietas estaria relacionado a baixa inclusão de gordura dietética, principalmente relacionadas a uma média aplicação desses produtos, sendo estes usados mais comumente em lotes de alta e não na totalidade do rebanho. Esse é um ponto importante, pois a dieta para fazer a análise foi corrigida de acordo com a proporção de animais em cada lote.

Analisando os valores de %EE no modelo encontramos um  $p=0,01$ , com médias de EE nas dietas de 3,94, 3,93 e 4,07% para BDN, MDN e ADN respectivamente. Esses valores sugerem que os grupos de ADN apesar de um valor maior de % de EE o perfil de EE não afetou a condição da microbiota ruminal e supriu energeticamente adensando mais a dieta em detrimento aos níveis de amido, sendo uma estratégia para fazendas com alta produção.

Um conteúdo típico de EE para uma dieta de vaca leiteira de alta produção é de cerca de 4 a 5% de MS (NRC, 2001) e esses valores em nosso estudo foram relativamente mais baixos que os previstos na literatura. Nas fazendas de nosso estudo encontramos em média 3 grupos de dieta, com uma diferença entre eles normalmente em poucos itens, retirando-se alguns itens de maior custo e substituindo por itens ou realizando a adequação.

O custo de gordura dietética no Brasil é um item relativamente caro e nas fazendas que utilizam o produto tendem a usar somente no lote de alta. O lote de alta em nosso estudo representou em média 32% nas fazendas ADN e 28% nas fazendas BDN. Poderia estar aí um dos pontos de diferença encontrado em nosso estudo. Outro ponto tem relação com o %EE da silagem, que não obtivemos diferença estatística, mas era ligeiramente menor nas fazendas ADN em relação a BDN e iremos abordar esse tema mais abaixo.

Aditivos como monensina (Duffield et al., 2008), gordura protegida (Loften et al., 2014), e aminoácidos essenciais (Zanton et al., 2014) podem afetar o teor, rendimento e composição da gordura do leite. No entanto, corroborando com os resultados de Woolpert et al. (2016) o presente estudo não encontrou relação entre aditivos e os grupos de AGDeNovo ( $P > 0,10$ ; TABELA 35). Os grupos foram bem coesos em relação a utilização de aditivos sendo que a maioria dos grupos utilizava nas suas dietas aditivos em todos os grupos de alimentação ou no lote de alta.

TABELA 35 - RESULTADOS DAS MÉDIAS DE INCLUSÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES ENTRE OS GRUPOS DE AG DE NOVO.

	BDN	MDN	ADN	Valor P
Monensina	65%	65%	60%	0,81
Gordura	58%	50%	60%	0,73
Metionina	65%	63%	70%	0,83

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para proporções da coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Fizemos uma análise bromatológico da silagem usada nas fazendas no dia da coleta. Não foram detectadas diferenças na composição química em relação aos grupos, conforme a TABELA 36 ( $P > 0,10$ ). Porém, encontramos uma tendência do FDN efetivo através das peneiras Penn State para a TMR com uma diferença de

54,42% para fazendas BDN e 58,93% para fazendas ADN (p=0,07). Essa diferença sendo tendência corrobora com a indicação de que uma melhor FDN efetiva tenha influência em uma melhora da condição da fermentação ruminal.

TABELA 36 - RESULTADO BROMATOLOGICO DAS SILAGENS POR GRUPO DE AG DE NOVO

	BDN	MDN	ADN	Valor P
%MST	34,36 <sub>a</sub>	35,27 <sub>a</sub>	35,05 <sub>a</sub>	0,72
%RM	3,23 <sub>a</sub>	3,53 <sub>a</sub>	3,35 <sub>a</sub>	0,49
%PB	7,36 <sub>a</sub>	7,31 <sub>a</sub>	7,36 <sub>a</sub>	0,98
%EE	3,38 <sub>a</sub>	3,27 <sub>a</sub>	3,18 <sub>a</sub>	0,29
%FDN	40,73 <sub>a</sub>	41,16 <sub>a</sub>	42,94 <sub>a</sub>	0,31
%FDA	22,65 <sub>a</sub>	22,98 <sub>a</sub>	23,98 <sub>a</sub>	0,36
%Lignina	2,94 <sub>a</sub>	3,33 <sub>a</sub>	3,19 <sub>a</sub>	0,15
Amido Fecal	2,77 <sub>a</sub>	3,10 <sub>a</sub>	2,88 <sub>a</sub>	0,69
FDNfe (silagem)	78,28% <sub>a</sub>	77,94% <sub>a</sub>	76,40% <sub>a</sub>	0,82
FDNfe (TMR)	54,42% <sub>a</sub>	57,26% <sub>a</sub>	58,93% <sub>a</sub>	0,07

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

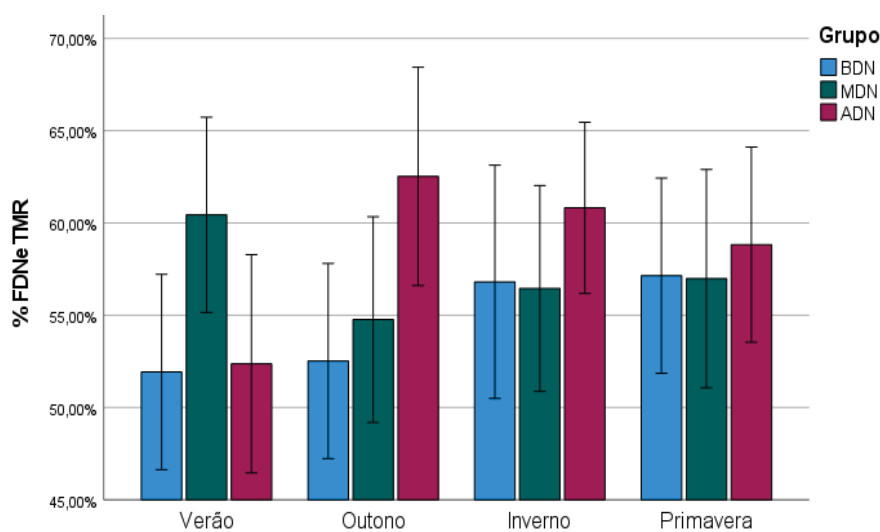
1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

Após a aplicação no modelo verificamos que as fazendas ADN em quase todo o período de coleta estiveram com FDNfe acima de 55%. O GRÁFICO 60 apresenta os resultados de FDNfe TMR ao longo do ano separado entre os períodos de coleta. Um desequilíbrio negativo nos valores de FDN efetivo na dieta favorecem a queda do pH ruminal e isso pode desencadear distúrbios não favoráveis.

Com a avaliação do tamanho de partículas das forragens no separador de Penn State em mãos, o teor matéria seca, e de FDN de cada forragem, pode-se estimar a quantidade de FDNfe > 8mm na dieta. A quantidade de FDN acima de 8 mm de cada forragem é estimada multiplicando a proporção de partículas acima de 8 mm pelo teor de FDN na MS da forragem e a inclusão dessa forragem na dieta.

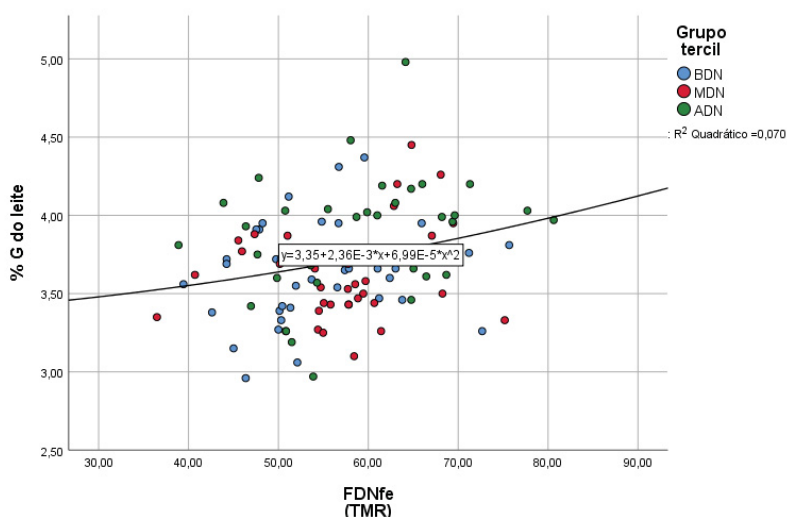
GRÁFICO 60 - FDNfe da TMR ao longo do ano



FONTE: O autor (2022)

Verificando a dispersão dos valores de FDNfe da TMR e sua relação com % de gordura de leite, uma curva quadrática com  $R^2 = 0,07$  é demonstrado no **Erro! Fonte d e referência não encontrada..** Existe uma tendência no aumento da FDNfe ter uma relação com a % de gordura do leite e por consequência nos grupos de Ácidos Graxos de Síntese de novo

GRÁFICO 61 - DISPERSÃO DOS VALORES DE FDNFE DA TMR POR %GORDURA DO LEITE



FONTE: O autor (2022)

Na TABELA 37 - ANÁLISE BROMATOLÓGICA DAS SILAGENS EM DIFERENTES PERÍODOS DO ANO TABELA 37 demonstramos os valores bromatológicos das silagens de milho ao longo do ano separados por estações. Foram

encontradas diferença estatística para %EE, %FDA, % Lignina e Amido fecal. Também encontramos uma tendência à diferença de %FDN. Verificando as datas de coleta e os valores, acreditamos que as mudanças de silo foram ocorrendo ao longo do ano e silos com melhores condições foram abertos a partir de setembro, tendo uma tendência maior para %FDN na primavera que corrobora com esse pensamento.

TABELA 37 - ANÁLISE BROMATOLÓGICA DAS SILAGENS EM DIFERENTES PERÍODOS DO ANO

	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Valor P
%MST	35,89 <sub>a</sub>	34,00 <sub>a</sub>	35,48 <sub>a</sub>	34,14 <sub>a</sub>	0,40
%RM	3,24 <sub>a</sub>	3,34 <sub>a</sub>	3,28 <sub>a</sub>	3,61 <sub>a</sub>	0,56
%PB	7,16 <sub>a</sub>	7,08 <sub>a</sub>	7,47 <sub>a</sub>	7,67 <sub>a</sub>	0,32
%EE	3,42 <sub>a</sub>	3,14 <sub>a,b</sub>	3,04 <sub>b</sub>	3,52 <sub>a</sub>	<0,01
%FDN	39,40 <sub>a</sub>	41,99 <sub>a</sub>	41,14 <sub>a</sub>	44,06 <sub>a</sub>	0,06
%FDA	21,64 <sub>a</sub>	23,65 <sub>a,b</sub>	22,66 <sub>a,b</sub>	24,98 <sub>b</sub>	0,02
%Lignina	3,08 <sub>a,b</sub>	3,43 <sub>a</sub>	2,77 <sub>b</sub>	3,34 <sub>a,b</sub>	0,01
Amido Fecal	2,73 <sub>a,b</sub>	2,27 <sub>a</sub>	2,96 <sub>a,b</sub>	3,72 <sub>b</sub>	0,01
FDNfe (silagem)	76,58% <sub>a</sub>	75,88% <sub>a</sub>	78,33% <sub>a</sub>	79,33% <sub>a</sub>	0,77
FDNfe (TMR)	55,10% <sub>a</sub>	56,23% <sub>a</sub>	58,50% <sub>a</sub>	57,70% <sub>a</sub>	0,46

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>1</sup>

1. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

FONTE: O autor (2022)

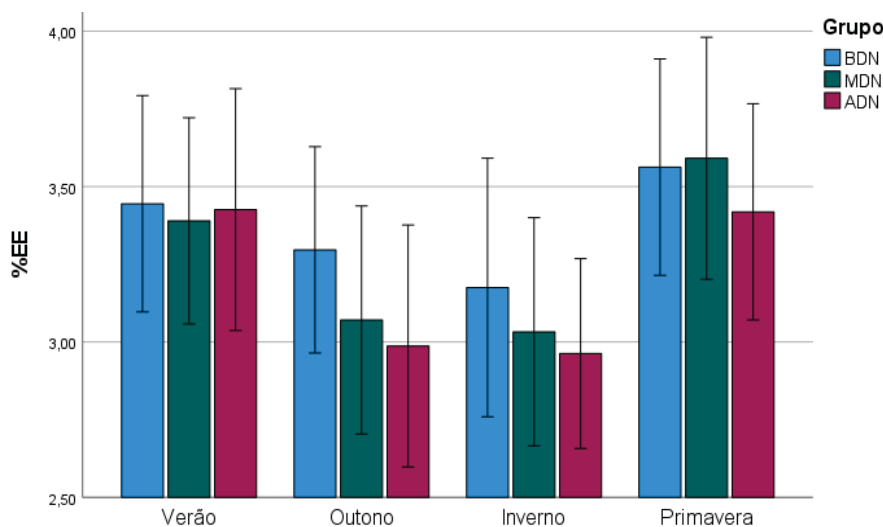
Já no FDA, os valores foram crescentes ao longo do ano, chegando a valores de 24,98% na primavera ( $p < 0,02$ ) demonstrando que houve uma mudança na maioria das silagens utilizadas nas dietas. Não encontramos diferença estatística aplicada no modelo para FDN nas silagens ao longo do ano ( $p = 0,42$ ). O aumento de FDA da silagem, impactam diretamente na redução da digestibilidade da fibra e no seu valor energético.

A fermentação das silagens pode resultar em perdas de qualidade nutricional em relação à cultura fresca que deu origem a mesma (Muck, 1988), as alterações que ocorrem durante a fermentação exercem influência marcante na composição química, ingestão e digestibilidade da forragem (Jobim et al., 2007).

Os valores de % EE são menores no outono e inverno e maiores no verão e primavera ( $P < 0,01$ ). Utilizando esses valores para correção das dietas é possível alinhar esses resultados com uma maior oportunidade de inclusão de gordura ao longo do ano. Na maioria dos meses do ano os valores de EE para o grupo ADN esteve relativamente mais baixos que os valores do grupo BDN.

Esses dados considerando somente a silagem corroboram com os dados encontrados por Woolpert et. Al de que existe uma tendencia para que as dietas com mais baixo teor de EE teriam maior AG De Novo principalmente pela influência do perfil de ácidos graxos da dieta e pela redução da probabilidade de efeitos diretos ligados a bio-hidrogenação.

GRÁFICO 62 - VALORES DE %EE DE SILAGEM AO LONGO DOS PERÍODOS DE COLETA POR GRUPOS



FONTE: O autor (2022)

Muitos fatores podem afetar a taxa e a extensão da digestão do amido, interferindo de forma dinâmica na quantidade de amido que será fermentado no rúmen ou que chegará ao intestino delgado. É desejável que a degradação do amido seja otimizada no rúmen, devido à natureza de seu produto, principalmente acetato e propionato, que aumentam sua eficiência na utilização metabólica pelo ruminante quando comparado a absorção intestinal de glicose (Philippeau et al., 1999).

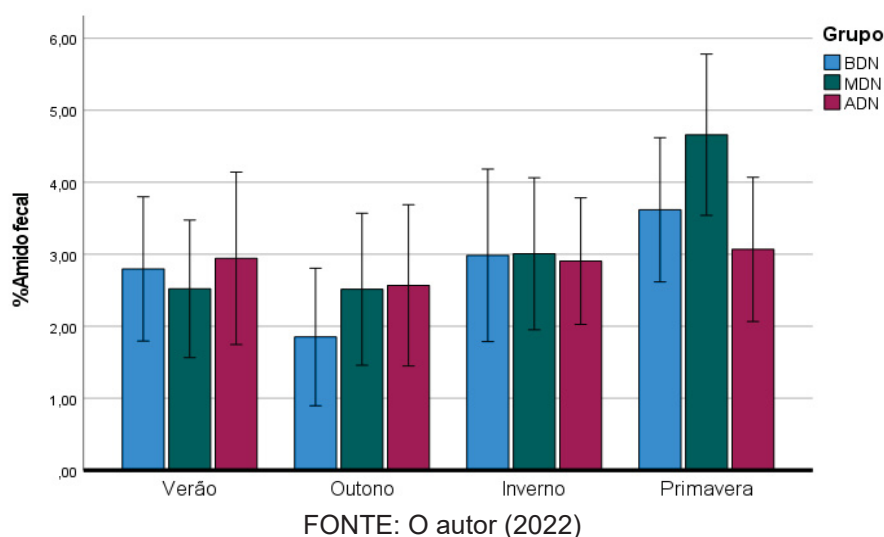
Diretamente, quando não temos uma boa fermentação ruminal, devemos ter uma maior expressão de amido fecal em relação ao amido ingerido.

Nos rebanhos leiteiros, é comum observar visualmente fezes de vacas contendo quantidade considerável de partículas de milho não digerido (Arcari e Santos, 2013). A análise laboratorial do amido fecal, por sua vez, é mais precisa pois detecta ainda pequenas partículas e fragmentos de amido não visíveis a olho nu. Se os valores de concentrações de amido fecal estiverem acima de 3%, alimentos específicos ricos em amido devem ser observados para elucidar o problema (Grant &

Ferraretto, 2018). Porém, se esses níveis forem superiores a 5%, provavelmente inadequado processamento de grãos deve estar ocorrendo.

Em nosso estudo não encontramos diferença entre grupos de AG De Novo para amido fecal ( $p=0,69$ ), porém encontramos uma diferença significativa para os períodos do ano ( $p<0,01$ ). Aplicando o modelo, encontramos uma tendência para diferença entre os grupos. As médias para os grupos ficariam em %2,81 BDN, 3,17 MDN e 2,87 ADN. Como a maioria das dietas estavam similares em amido e não obtivemos diferença estatística para esse item, presumimos que os efeitos de digestibilidade do amido não tiveram relação direta com a fermentação ruminal.

GRÁFICO 63 - AMIDO FECAL AO LONGO DO ANO RELACIONADO POR GRUPO DE AG DE NOVO



## 5.5. CONCLUSÕES

Nosso estudo seguiu os mesmos métodos de avaliação realizados no hemisfério norte com o objetivo de avaliar a relação do manejo, composição dietética e do leite com o conteúdo de AG de síntese de leite. O presente estudo confirmou as mesmas magnitudes de diferença de práticas de manejo, como maior densidade de vacas. Identificou que o processo de categorização poderia ser conduzido mesmo com diversidade de sistemas produtivos, pois apesar das limitações, o perfil de AG De Novo é de fácil conhecimento dos processos que o impactam.

As fazendas com menor AG De novo, em média, produziam menos gordura do leite. Além disso, identificamos que existem diferenças ao longo do ano que impactam

o perfil e que são a nível de vaca, pois possuem uma relação endógena fisiológica. As fazendas de alto AG De Novo apresentaram maior teor de gordura, consequentemente de sólidos.

Nosso estudo trabalho com um volume de vacas em leite relativamente grande e que as decisões dietéticas relacionadas ainda a muito custo desafiam o processo de escolha do nutricionista ao longo do ano, mudando a dieta e a forma de tratamento dos processos de controle leiteiro realizados pela associação.

## 5.6. REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO IV

Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.*, 80, 1447–1462.

Annen, E. L., Collier, R. J., McGuire, M. A., & Vicini, J. L. (2004). Effects of dry period length on milk yield and mammary epithelial cells. *J. Dairy Sci.*, 87, E66–E76.

Auldist, M. J., Walsh, B. J., & Thomson, N. A. (1998). Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *Journal of Dairy Research*, 65(3), 401–411. <https://doi.org/10.1017/S0022029998002970>

Barbano, D. M., Melilli, C., & Overton, T. R. (2014). Advanced use of FTIR spectra of milk for feeding and health management. In N. Y. Syracuse (Ed.), *Proc. Cornell Nutrition Conf* (pp. 105–113).

Barber, M. C., Clegg, R. A., Travers, M. T., & Vernon, R. G. (1997). Lipid metabolism in the lactating mammary gland. *Biochimica et Biophysica Acta - Lipids and Lipid Metabolism*, 1347(2–3), 101–126. [https://doi.org/10.1016/S0005-2760\(97\)00079-9](https://doi.org/10.1016/S0005-2760(97)00079-9)

Batchelder, T. L. (2000). The impact of head gates and overcrowding on production and behavior patterns of lactating dairy cows. In *Dairy Housing and Equipment Systems. Managing and Planning for Profitability*. Natural Resource.

Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2001). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low-fat milk syndrome. *Livest. Prod. Sci.*, 70, 15–29.

Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2003a). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23, 203–227. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.NUTR.23.011702.073408>

Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2003b). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.*, 23, 203–227.

Bauman, D. E., & Lock, A. L. (2006). Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. *Proc. Tri-State Dairy Nutr*, 1–14.

Bauman, D. E., Mather, I. H., Wall, R. J., & Lock, A. L. (2006). Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J. Dairy Sci*, 89, 1235–1243.

Belury, M. A. (2002). Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanisms of action. *Annual Review of Nutrition*, 22, 505–531. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.NUTR.22.021302.121842>

Castro, M. M. D., Matson, R. D., Santschi, D. E., Marcondes, M. I., & DeVries, T. J. (2022). Association of housing and management practices with milk yield, milk composition, and fatty acid profile, predicted using Fourier transform mid-infrared spectroscopy, in farms with automated milking systems. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21150>

Chilliard, Y., Ferlay, A., & Doreau, M. (2001). Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*, 70(1–2), 31–48. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00196-8)

Collomb, M., Bisig, W., Bütikofer, U., Sieber, R., Bregy, M., & Etter, L. (2008). Fatty acid composition of mountain milk from Switzerland: Comparison of organic and integrated farming systems. *International Dairy Journal*, 18(10–11), 976–982. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.05.010>

Conte, G., Dimauro, C., Serra, A., Macciotta, N. P. P., & Mele, M. (2018). A canonical discriminant analysis to study the association between milk fatty acids of ruminal origin and milk fat depression in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 1–14. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13941>

Costa, A., Lopez-Villalobos, N., Sneddon, N. W., Shalloo, L., Franzoi, M., de Marchi, M., & Penasa, M. (2019). Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 5883–5898. <https://doi.org/10.3168/JDS.2018-15955>

Dann, H. M., Fredin, S. M., Cotanch, K. W., Grant, R. J., Kokko, C., Ji, P., & Fujita, K. (2015). Effects of corn-based reduced-starch diets using alternative carbohydrate sources on performance of lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 4041–4054. <https://doi.org/10.3168/JDS.2014-9078>

de Vries, A., Overton, M., Fetrow, J., Leslie, K., Eicker, S., & Rogers, G. (2008). Exploring the impact of sexed semen on the structure of the dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 91(2), 847–856.

de Vries, A., Risco, C. A. A., Vries, A. de, & Risco, C. A. A. (2005). Trends and seasonality of reproductive performance in Florida and Georgia dairy herds from 1976 to 2002. 88(9), 3155–3165. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(05\)72999-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72999-4)

Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C., & Sauvant, D. (2009). Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1620–1632. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1414>

DeVries, T. J., Keyserlingk, M. A. G. von, & Beauchemin, K. A. (2003). Short communication: Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86, 4079–4082.

DeVries, T. J., & von Keyserlingk, M. A. G. (2005). Time of feed delivery affects the feeding and lying patterns of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(2), 625–631. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(05\)72726-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72726-0)

Dewhurst, R. J., Shingfield, K. J., Lee, M. R. F., & Scollan, N. D. (2006). Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3–4), 168–206. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.04.016>

Duffield, T. F., Rabiee, A. R., & Lean, I. J. (2008). A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 2. Production effects. *Journal of Dairy Science*, 91(4), 1347–1360. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0608>

Ferlay, A., Martin, B., Pradel, P., Coulon, J. B., & Chilliard, Y. (2006). Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in Tarentaise and Montbéliarde cow breeds. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 4026–4041. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72446-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72446-8)

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015). Dairy chemistry and biochemistry, second edition. *Dairy Chemistry and Biochemistry*, Second Edition, 1–584. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2>

French, N., & Kennelly, J. J. (1990). Effects of Feeding Frequency on Ruminal Parameters, Plasma Insulin, Milk Yield, and Milk Composition in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 73(7), 1857–1863. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78866-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78866-2)

Grant, R. J., & Albright, J. L. (2001). Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 84, E156–E163. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(01\)70210-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(01)70210-x)

Grant, R. J., & Ferraretto, L. F. (2018). Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. *Journal of Dairy Science*, 101(5). <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13729>

Grummer, R. R. (1991). Effect of Feed on the Composition of Milk Fat. *Journal of Dairy Science*, 74(9), 3244–3257. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78510-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78510-X)

Harvatine, K. J., & Allen, M. S. (2005). The effect of production level on feed intake, milk yield, and endocrine responses to two fatty acid supplements in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 88, 4018–4027.

Harvatine, K. J., & Bauman, D. E. (2011). Characterization of the acute lactational response to trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid. *J. Dairy Sci.*, 94, 6047–6056.

Harvatine, K. J., Boisclair, Y. R., & Bauman, D. E. (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal*, 3, 40–54.

Heck, J. M. L., van valenberg, H. J. F., Dijkstra, J., & van Hooijdonk, A. C. M. (2009). Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 4745–4755. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2146>

Heinrichs, A. J., & Kononoff, P. J. (2002). Evaluating particle size of forages and TMRs using the new Penn State Particle Separator. *Penn State Coop Ext., Col. Agric. Sci*, 42, 1–15.

Hill, C. T., Krawczel, P. D., Dann, H. M., Ballard, C. S., Hovey, R. C., & Grant, R. J. (2007). Effect of stocking density on the short-term behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci*, 90, 244, Suppl. 1).

Ip, C., Banni, S., Angioni, E., Carta, G., McGinley, J., Thompson, H. J., Barbano, D., & Bauman, D. (1999). Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. *Journal of Nutrition*, 129(12), 2135–2142. <https://doi.org/10.1093/JN/129.12.2135>

Jenkins, T. C., & McGuire, M. A. (2006). Major advances in nutrition: Impact on milk composition. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1302–1310. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72198-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72198-1)

Jensen, R. G. (2002). The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 295–350. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74079-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74079-4)

Kelsey, J. A., Corl, B. A., Collier, R. J., & Bauman, D. E. (2003). The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(8), 2588–2597. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(03\)73854-5](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(03)73854-5)

Kliem, K. E., Shingfield, K. J., Livingstone, K. M., & Givens, D. I. (2013). Seasonal variation in the fatty acid composition of milk available at retail in the United Kingdom and implications for dietary intake. *Food Chemistry*, 141(1), 274–281. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.02.116>

Krawczel, P. D., Klaiber, L. B., Butzler, R. E., Klaiber, L. M., Dann, H. M., Mooney, C. S., & Grant, R. J. (2012). Short-term increases in stocking density affect the lying and social behavior, but not the productivity, of lactating Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(8), 4298–4308. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4687>

Larsen, T., & Moyes, K. M. (2015). Are free glucose and glucose-6-phosphate in milk indicators of specific physiological states in the cow? *Animal*, 9, 86–93.

Lock, A. L., & Bauman, D. E. (2004). Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*, 39(12), 1197–1206. <https://doi.org/10.1007/S11745-004-1348-6>

Lock, A. L., & Garnsworthy, P. C. (2003). Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and  $\delta 9$ -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science*, 79(1), 47–59. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00118-5](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00118-5)

Loften, J. R., Linn, J. G., Drackley, J. K., Jenkins, T. C., Soderholm, C. G., & Kertz, A. F. (2014). Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(8). <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7919>

Lynch, J. M., Lock, A. L., Dwyer, D. A., Noorbakhsh, R., Barbano, D. M., & Bauman, D. E. (2005). Flavor and stability of pasteurized milk with elevated levels of conjugated linoleic acid and vaccenic acid. *Journal of Dairy Science*, 88(2), 489–498. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72711-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72711-9)

Machado, H. V. N., Pereira, J. C., Bettero, V. P., Leonel, F. de P., Araújo, R. P., Moreira, L. M., Teixeira, R. B., & Zervoudakis, J. T. (2017). Influence of lipid supplementation on milk components and fatty acid profile. *Rev. Bras. Zootec.*, 46, 910–916.

Neville, M. C., & Picciano, M. F. (1997). Regulation of milk lipid secretion and composition. *Annual Review of Nutrition*, 17, 159–184. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.NUTR.17.1.159>

NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.  
Oba, M., & Allen, M. S. (2003). Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *J. Dairy Sci*, 86, 184–194.

Onetti, S. G., & Grummer, R. R. (2004). Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and stage of lactation: A meta-analysis of literature. *Animal Feed Science and Technology*, 115(1–2), 65–82. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.02.009>

Palmquist, D. L., Beaulieu, A. D., & Barbano, D. M. (1993). Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, 76, 1753–1771.

Pereira, S. L., Leonard, A. E., & Mukerji, P. (2003). Recent advances in the study of fatty acid desaturases from animals and lower eukaryotes. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 68(2), 97–106. [https://doi.org/10.1016/S0952-3278\(02\)00259-4](https://doi.org/10.1016/S0952-3278(02)00259-4)

Precht, D., & Molckentin, J. (1997). Effect of feeding on conjugated cis  $\Delta 9$ , trans  $\Delta 11$ -octadecadienoic acid and other isomers of linoleic acid in bovine milk fats. *Nahrung - Food*, 41(6), 330–335. <https://doi.org/10.1002/FOOD.19970410603>

Reist, M., Erdin, D., von Euw, D., Tschuemperlin, K., Leuenberger, H., Chilliard, Y., Hammon, H. M., Morel, C., Philipona, C., Zbinden, Y., Kuenzi, N., & Blum, J. W. (2002). Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3314–3327. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74420-2](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74420-2)

Rottman, L. W., Ying, Y., Zhou, K., Bartell, P. A., & Harvatine, K. J. (2014). The daily rhythm of milk synthesis is dependent on the timing of feed intake in dairy cows. *Physiol. Rep.*, 2.

Schennink, A., Heck, J. M. L., Bovenhuis, H., Visker, M. H. P. W., van Valenberg, H. J. F., & van Arendonk, J. A. M. (2008). Milk fatty acid unsaturation: Genetic parameters and effects of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) and Acyl CoA: Diacylglycerol acyltransferase 1 (DGAT1). *Journal of Dairy Science*, 91(5), 2135–2143. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0825>

Schingoethe, D. J., Kalscheur, K. F., Hippen, A. R., & Garcia, A. D. (2009). The use of distillers products in dairy cattle diets. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 5802–5813. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2549>

Seymour, W. M., Campbell, D. R., & Johnson, Z. B. (2005). Relationships between rumen volatile FA concentrations and milk production in dairy cows: A literature study. *Anim. Feed Sci Technol*, 119, 155–169.

Sova, A. D., LeBlanc, S. J., McBride, B. W., & DeVries, T. J. (2013). Associations between herd-level feeding management practices, feed sorting, and milk production in freestall dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 96, 4759–4770.

Soyeurt, H., Dehareng, F., Mayeres, P., Bertozzi, C., & Gengler, N. (2008). Variation of  $\delta^9$ -desaturase activity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91(8), 3211–3224. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0518>

Urrutia, N. L., & Harvatine, K. J. (2017). Acetate dose-dependently stimulates milk fat synthesis in lactating dairy cows. *J. Nutr.*, 147, 763–769.

Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A. R. J., Fonseca, A. J. M., & Dewhurst, R. J. (2006). Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim. Feed Sci*, 131, 389–417. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017>

Wolff, R. L., Bayard, C. C., & Fabien, R. J. (1995). Evaluation of sequential methods for the determination of butterfat fatty acid composition with emphasis on trans-18:1 acids. Application to the study of seasonal variations in french butters. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72(12), 1471–1483. <https://doi.org/10.1007/BF02577840>

Woolpert, M. E., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Melilli, C., Chase, L. E., Grant, R. J., & Barbano, D. M. (2016). Management, nutrition, and lactation performance are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on northeastern US dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 99, 8486–8497.

Woolpert, M. E., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Melilli, C., Chase, L. E., Grant, R. J., & Barbano, D. M. (2017). Management practices, physically effective fiber, and ether extract are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on Holstein dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 100, 5097–5106.

Xin, H., Xu, Y., Chen, Y., Chen, G., Steele, M. A., & Guan, L. L. (2020). Short communication: Odd-chain and branched-chain fatty acid concentrations in bovine colostrum and transition milk and their stability under heating and freezing treatments. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11483–11489. <https://doi.org/10.3168/JDS.2020-18994>

Zanton, G. I., Bowman, G. R., Vázquez-Añón, M., & Rode, L. M. (2014). Meta-analysis of lactation performance in dairy cows receiving supplemental dietary methionine sources or postprandial infusion of methionine. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 7085–7101. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8220>

Zebeli, Q., Aschenbach, J. R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B. N., & Drochner, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1041–1056. <https://doi.org/10.3168/JDS.2011-4421>

Zhao, F. Q. (2014). Biology of glucose transport in the mammary gland. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 3–17. <https://doi.org/10.1007/S10911-013-9310-8>

## ANEXO 3 – Dados dos componentes do leite

QUADRO 5 - RELAÇÃO DAS MÉDIAS DE TODOS OS COMPONENTES DO LEITE OBSERVADOS DE ÁCIDOS GRAXOS

Descrição	Estações do ano			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Produção (Kg)	35,88 <sub>a</sub>	36,20 <sub>a</sub>	37,02 <sub>a</sub>	37,38 <sub>a</sub>
Gordura%	3,57 <sub>a</sub>	3,69 <sub>a,b</sub>	3,86 <sub>b</sub>	3,59 <sub>a</sub>
Gordura (kg/d)	1,28 <sub>a</sub>	1,33 <sub>a,b</sub>	1,43 <sub>b</sub>	1,34 <sub>a,b</sub>
Proteína%	3,23 <sub>a</sub>	3,32 <sub>b</sub>	3,30 <sub>a,b</sub>	3,28 <sub>a,b</sub>
Proteína (kg/d)	1,16 <sub>a</sub>	1,20 <sub>a</sub>	1,22 <sub>a</sub>	1,22 <sub>a</sub>
Lactose%	4,62 <sub>a</sub>	4,62 <sub>a</sub>	4,82 <sub>b</sub>	4,66 <sub>a</sub>
Sólidos%	12,34 <sub>a</sub>	12,56 <sub>a</sub>	12,94 <sub>b</sub>	12,48 <sub>a</sub>
Extrato desengordurado	8,81 <sub>a</sub>	8,91 <sub>a</sub>	9,07 <sub>b</sub>	8,90 <sub>a</sub>
CCS	193 <sub>a,c,d</sub>	239 <sub>a,b</sub>	126 <sub>c</sub>	195 <sub>b,d</sub>
NUL	12,87 <sub>a</sub>	13,06 <sub>a</sub>	13,32 <sub>a</sub>	13,45 <sub>a</sub>
C4 0	2,771 <sub>a</sub>	2,680 <sub>a,b</sub>	2,646 <sub>a,b</sub>	2,461 <sub>b</sub>
C6 0	1,960 <sub>a</sub>	1,922 <sub>a</sub>	1,947 <sub>a</sub>	2,004 <sub>a</sub>
C8 0	1,249 <sub>a</sub>	1,220 <sub>a</sub>	1,280 <sub>a</sub>	1,257 <sub>a</sub>
C10 0	3,135 <sub>a</sub>	3,086 <sub>a</sub>	3,241 <sub>a</sub>	3,143 <sub>a</sub>
C10 1	,291 <sub>a</sub>	,295 <sub>a</sub>	,310 <sub>a</sub>	,302 <sub>a</sub>
C11 0	,095 <sub>a</sub>	,107 <sub>a,b</sub>	,115 <sub>b</sub>	,103 <sub>a,b</sub>
C12 0	3,692 <sub>a</sub>	3,623 <sub>a</sub>	3,858 <sub>a</sub>	3,689 <sub>a</sub>
C13 0 iso	,037 <sub>a</sub>	,037 <sub>a</sub>	,037 <sub>a</sub>	,039 <sub>a</sub>
C13 0 anteiso	,085 <sub>a</sub>	,073 <sub>a</sub>	,056 <sub>b</sub>	,060 <sub>b</sub>
C12 1	,062 <sub>a</sub>	,052 <sub>a</sub>	,044 <sub>b</sub>	,038 <sub>b</sub>
C13 0	,172 <sub>a</sub>	,189 <sub>a,b</sub>	,211 <sub>b</sub>	,208 <sub>b,c</sub>
C14 0 iso	,070 <sub>a</sub>	,091 <sub>b</sub>	,093 <sub>b</sub>	,093 <sub>b</sub>
C14 0	11,160 <sub>a</sub>	11,025 <sub>a</sub>	11,409 <sub>a</sub>	10,979 <sub>a</sub>
C15 0 iso	,217 <sub>a</sub>	,222 <sub>a</sub>	,224 <sub>a</sub>	,218 <sub>a</sub>
C15 0 anteiso	,449 <sub>a</sub>	,453 <sub>a</sub>	,453 <sub>a</sub>	,445 <sub>a</sub>
C14 1c9	1,025 <sub>a</sub>	1,027 <sub>a</sub>	1,053 <sub>a</sub>	1,046 <sub>a</sub>
C15 0	1,112 <sub>a</sub>	1,152 <sub>a</sub>	1,164 <sub>a</sub>	1,154 <sub>a</sub>
C16 0 iso	,236 <sub>a</sub>	,238 <sub>a</sub>	,253 <sub>a</sub>	,241 <sub>a</sub>
C16 0	29,968 <sub>a</sub>	31,117 <sub>a,b</sub>	31,033 <sub>b</sub>	31,771 <sub>a,b</sub>
C17 0 iso	,401 <sub>a</sub>	,410 <sub>a</sub>	,414 <sub>a</sub>	,404 <sub>a</sub>
C16 1c9	1,589 <sub>a</sub>	1,582 <sub>a</sub>	1,562 <sub>a</sub>	1,577 <sub>a</sub>
C17 0	,634 <sub>a</sub>	,673 <sub>a,b</sub>	,682 <sub>b</sub>	,683 <sub>a,b</sub>
C17 1	,190 <sub>a</sub>	,203 <sub>a</sub>	,199 <sub>a</sub>	,186 <sub>a</sub>
C18 0	9,628 <sub>a</sub>	9,652 <sub>a</sub>	9,497 <sub>a</sub>	9,543 <sub>a</sub>
C18 1 trans	2,588 <sub>a</sub>	2,501 <sub>a</sub>	2,517 <sub>a</sub>	2,439 <sub>a</sub>
C18 1 c9	21,224 <sub>a</sub>	20,311 <sub>a,b</sub>	19,654 <sub>b</sub>	20,018 <sub>a,b</sub>
C18 1 c11	,595 <sub>a</sub>	,607 <sub>a</sub>	,604 <sub>a</sub>	,603 <sub>a</sub>
C18 1 c12	,382 <sub>a</sub>	,395 <sub>a</sub>	,381 <sub>a</sub>	,377 <sub>a</sub>
C18 1 c13	,079 <sub>a</sub>	,082 <sub>a</sub>	,082 <sub>a</sub>	,083 <sub>a</sub>
C18 1 t16	,302 <sub>a</sub>	,316 <sub>a</sub>	,314 <sub>a</sub>	,307 <sub>a</sub>
C18 1 c15	,145 <sub>a</sub>	,148 <sub>a</sub>	,152 <sub>a</sub>	,150 <sub>a</sub>
C18 2 c9c12	2,196 <sub>a</sub>	2,210 <sub>a</sub>	2,206 <sub>a</sub>	2,101 <sub>a</sub>
C20 0	,106 <sub>a</sub>	,106 <sub>a,b</sub>	,114 <sub>a,b</sub>	,118 <sub>b</sub>
C18 3 n6	,012 <sub>a</sub>	,012 <sub>a</sub>	,011 <sub>a</sub>	,012 <sub>a</sub>
C18 3 n3	,047 <sub>a</sub>	,047 <sub>a</sub>	,043 <sub>a</sub>	,048 <sub>a</sub>
C20 1	,332 <sub>a</sub>	,313 <sub>a</sub>	,329 <sub>a</sub>	,325 <sub>a</sub>
C18 2 c9t11	,476 <sub>a</sub>	,467 <sub>a</sub>	,488 <sub>a</sub>	,483 <sub>a</sub>
C18 2 t10c12	,003 <sup>1</sup>	,009 <sup>2</sup>	. <sup>1</sup>	,005 <sup>2</sup>
C21 0	,005 <sub>a</sub>	,005 <sub>a</sub>	,008 <sub>a</sub>	,006 <sub>a</sub>
C20 2	,025 <sub>a</sub>	,022 <sub>a</sub>	,022 <sub>a</sub>	,023 <sub>a</sub>
C20 3 n6	,023 <sub>a</sub>	,025 <sub>a,b</sub>	,029 <sub>b</sub>	,030 <sub>b,c</sub>
C22 0	,108 <sub>a</sub>	,110 <sub>a</sub>	,118 <sub>a</sub>	,121 <sub>a</sub>
C203n3	,005 <sub>a</sub>	,012 <sub>a</sub>	,007 <sub>a</sub>	,007 <sub>a</sub>
C20 4 n6	,164 <sub>a</sub>	,177 <sub>a,b</sub>	,185 <sub>b</sub>	,179 <sub>a,b</sub>
C 22 1n9	. <sup>1</sup>	. <sup>1</sup>	. <sup>1</sup>	. <sup>1</sup>
C23 0	,011 <sub>a</sub>	,021 <sub>b</sub>	,018 <sub>a,b</sub>	,014 <sub>a,b</sub>
C22 2	,006 <sup>2</sup>	,026 <sup>2</sup>	. <sup>1</sup>	. <sup>1</sup>
C20 5 n3	,028 <sub>a</sub>	,027 <sub>a</sub>	,028 <sub>a</sub>	,029 <sub>a</sub>

C24 0	,015 <sub>a</sub>	,018 <sub>b</sub>	,019 <sub>b</sub>	,018 <sub>a,b</sub>
C24 1	,002 <sub>a</sub>	,002 <sup>2</sup>	,004 <sub>b</sub>	,003 <sub>a,b</sub>
C22 5	,055 <sub>a</sub>	,064 <sub>a</sub>	,056 <sub>a</sub>	,058 <sub>a</sub>
C22 6 n3	,002 <sub>a</sub>	,004 <sub>a</sub>	,010 <sub>a</sub>	,004 <sub>a</sub>
AG De Novo	25,34 <sub>a</sub>	24,93 <sub>a</sub>	25,79 <sub>a</sub>	24,92 <sub>a</sub>
AG Misto	31,56 <sub>a</sub>	32,70 <sub>a,b</sub>	32,60 <sub>b</sub>	33,35 <sub>a,b</sub>
AG Pré-formado	38,53 <sub>a</sub>	37,61 <sub>a,b</sub>	36,85 <sub>b</sub>	37,07 <sub>a,b</sub>
AG Ímpares e Ramificados	3,70 <sub>a</sub>	3,86 <sub>a,b</sub>	3,92 <sub>b</sub>	3,84 <sub>a,b</sub>
Saturado	67,31 <sub>a</sub>	68,22 <sub>a,b</sub>	68,88 <sub>b</sub>	68,76 <sub>a,b</sub>
Monoinsaturado	28,80 <sub>a</sub>	27,83 <sub>a,b</sub>	27,20 <sub>b</sub>	27,45 <sub>a,b</sub>
Poliinsaturado	3,03 <sub>a</sub>	3,05 <sub>a</sub>	3,07 <sub>a</sub>	2,97 <sub>a</sub>
Insaturado	31,83 <sub>a</sub>	30,88 <sub>a,b</sub>	30,27 <sub>b</sub>	30,42 <sub>a,b</sub>
De Novo(g/100g)	,91 <sub>a</sub>	,92 <sub>a</sub>	1,00 <sub>b</sub>	,90 <sub>a</sub>
Misto (g/100g)	1,13 <sub>a</sub>	1,21 <sub>a,b</sub>	1,26 <sub>b</sub>	1,20 <sub>a,b</sub>
Pré-formado (g/100g)	1,38 <sub>a</sub>	1,39 <sub>a</sub>	1,42 <sub>a</sub>	1,33 <sub>a</sub>
AG Ímpares e Ramificados (g/100g)	,13 <sub>a</sub>	,14 <sub>a,b</sub>	,15 <sub>b</sub>	,14 <sub>a</sub>
De Novo (Kg/d)	,32 <sub>a</sub>	,33 <sub>a</sub>	,37 <sub>b</sub>	,33 <sub>a,b</sub>
Misto (Kg/d)	,40 <sub>a</sub>	,43 <sub>a,b</sub>	,47 <sub>b</sub>	,45 <sub>a,b</sub>
Pré-formado (Kg/d)	,49 <sub>a</sub>	,50 <sub>a</sub>	,53 <sub>a</sub>	,50 <sub>a</sub>
AG Ímpares e Ramificados (Kg/d)	,05 <sub>a</sub>	,05 <sub>a,b</sub>	,06 <sub>b</sub>	,05 <sub>a,b</sub>

Nota: os valores na mesma linha e subtabela que não compartilham o mesmo subscrito são diferentes em  $P < 0,05$  no teste de igualdade de duas etapas para médias de coluna. Células sem nenhum subscrito não são incluídas no teste. Os testes consideram variâncias iguais.<sup>3,4</sup>

1. Essa categoria não é usada em comparações porque não existe nenhuma outra categoria válida para comparação

2. Essa categoria não é usada em comparações porque a soma de ponderações de caso é menor que dois.

3. Os testes são ajustados para todas as comparações entre pares em uma linha de cada subtabela mais interna usando a correção Bonferroni.

4. As comparações entre pares não são executadas para algumas subtabelas devido a problemas numéricos.

FONTE: O autor (2022)

QUADRO 6 - CORRELAÇÃO ENTRE AG DE NOVO E OS PRINCIPAIS ÍNDICES COLETADOS

		Correlação	Contagem	I.C. inferior	I.C. Superior
AGDeNovo	Lactação	-0,141	119	-0,313	0,040
	Vacaslotealta	0,011	119	-0,169	0,191
	altatotal	0,109	118	-0,073	0,284
	DIASEMLEITE	0,049	119	-0,132	0,227
	LEITEKG.LACT305	-0,080	119	-0,256	0,101
	MatériaSeca	-0,143	119	-0,315	0,038
	EnergiaLíquidaLactaçãoMcalkgMS	0,201	119	0,022	0,368
	NutrientesDigestíveisTotais	0,062	119	-0,120	0,239
	ProteínaBruta	0,262	119	0,087	0,422
	ProteínaDegradávelnoRúmen	0,225	119	0,047	0,389
	FibraemDetergenteNeutro	-0,056	119	-0,234	0,125
	FibraemDetergenteÁcido	0,199	119	0,020	0,366
	FDNForragem	-0,121	119	-0,294	0,061
	FDNFisicamenteEfetivo8mm	-0,025	119	-0,204	0,156
	Amido	0,064	119	-0,117	0,242
	ExtratoEtéreo	0,160	119	-0,020	0,331
	MST	0,010	117	-0,172	0,191
	UM105°C	0,074	117	-0,109	0,252
	RM	0,080	117	-0,104	0,257
	PB	0,089	117	-0,094	0,266
EE	0,077	117	-0,106	0,255	
FDN	0,194	117	0,013	0,362	

	FDA	0,168	117	-0,014	0,339
	Lignina	0,095	117	-0,088	0,272
	AmidoFecal	0,093	116	-0,091	0,270
	FDNesilagem	0,085	117	-0,098	0,263
	FDNeTMR	0,085	115	-0,100	0,264
	Tratospordia	-0,005	119	-0,185	0,175
	Empurros	0,050	119	-0,131	0,228
	Linhadecocho	0,012	119	-0,168	0,192
	Mvacanococho	-0,047	119	-0,225	0,134
	TempInterna	-0,139	115	-0,314	0,045
	TempExterna	-0,086	115	-0,265	0,098
	UMInterna	0,182	114	-0,002	0,354
	UMExterna	0,154	114	-0,031	0,328
	THIn	-0,119	114	-0,296	0,066
	THIout	-0,068	114	-0,248	0,118
	DifTHI	0,066	114	-0,120	0,247
	ProduçãoKg	-0,074	119	-0,250	0,108
	Gordura_A	0,163	119	-0,017	0,334
	Gordurakgd	0,049	119	-0,132	0,227
	Proteína	0,160	119	-0,020	0,331
	Proteínakgd	-0,028	119	-0,207	0,153
	Lactose	-0,008	119	-0,188	0,172
	Sólidos	0,153	119	-0,028	0,324
	ESD	0,117	119	-0,064	0,291
	NUL	0,190	119	0,010	0,358
DeNovog100g	Lactação	-0,201	119	-0,367	-0,021
	Vacaslotealta	-0,072	119	-0,249	0,110
	altatotal	0,114	118	-0,068	0,289
	DIASEMLEITE	-0,006	119	-0,186	0,174
	LEITEKG.LACT305	-0,192	119	-0,359	-0,012
	MatériaSeca	-0,191	119	-0,359	-0,012
	EnergiaLíquidaLactaçãoMcalkgMS	0,156	119	-0,025	0,326
	NutrientesDigestíveisTotais	-0,080	119	-0,256	0,101
	ProteínaBruta	0,008	119	-0,173	0,187
	ProteínaDegradávelnoRúmen	-0,020	119	-0,199	0,161
	FibraemDetergenteNeutro	-0,063	119	-0,240	0,119
	FibraemDetergenteÁcido	-0,009	119	-0,189	0,171
	FDNForragem	-0,044	119	-0,223	0,137
	FDNFisicamenteEfetivo>8mm	0,036	119	-0,145	0,215
	Amido	0,023	119	-0,158	0,202
	ExtratoEtéreo	0,159	119	-0,022	0,329
	MST	-0,043	117	-0,223	0,140
	UM105°C	0,015	117	-0,167	0,196
	RM	0,017	117	-0,165	0,198
	PB	0,026	117	-0,156	0,207
	EE	0,016	117	-0,166	0,197
	FDN	0,139	117	-0,044	0,312
	FDA	0,108	117	-0,075	0,284
	Lignina	0,028	117	-0,154	0,208
	AmidoFecal	0,027	116	-0,156	0,208
	FDNesilagem	0,024	117	-0,158	0,205
	FDNeTMR	0,024	115	-0,160	0,206
	Tratospordia	-0,125	119	-0,298	0,056
	Empurros	-0,107	119	-0,282	0,074
	Linhadecocho	-0,036	119	-0,215	0,145
	Mvacanococho	0,007	119	-0,173	0,187
	TempInterna	-0,161	115	-0,334	0,023
	TempExterna	-0,126	115	-0,302	0,059

UMInterna	0,066	114	-0,119	0,247
UMExterna	0,074	114	-0,111	0,255
THIn	-0,199	114	-0,369	-0,016
THOut	-0,174	114	-0,347	0,010
DifTHI	-0,022	114	-0,205	0,163
ProduçãoKg	-0,192	119	-0,359	-0,012
Gordura_A	0,827	119	0,761	0,877
Gordurakgd	0,397	119	0,233	0,538
Proteína	0,348	119	0,179	0,497
Proteínakgd	-0,092	119	-0,268	0,090
Lactose	0,171	119	-0,009	0,340
Sólidos	0,718	119	0,618	0,795
ESD	0,357	119	0,190	0,505
NUL	0,200	119	0,020	0,366

FONTE: O autor (2022)