

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E CONCORDÂNCIA DAS ESTIMATIVAS DE  
IMUNOGLOBULINAS DO COLOSTRO BOVINO POR MÉTODOS INDIRETOS**

**Ingryd Muniz de Oliveira**

**CAMPO GRANDE – MS**

**2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**  
**CURSO DE MESTRADO**

**ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E CONCORDÂNCIA DAS ESTIMATIVAS DE  
IMUNOGLOBULINAS DO COLOSTRO BOVINO POR MÉTODOS INDIRETOS**

**Ingyrd Muniz de Oliveira**

**Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos**

**Co-Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Camila Soares Cunha**

**Co-Orientador: Dr. Luiz Carlos Roma Junior**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

**CAMPO GRANDE – MS**

**2023**



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



### Certificado de aprovação

INGRYD MUNIZ DE OLIVEIRA

**Análise de correlação e concordância das estimativas de imunoglobulinas no colostro bovino obtidas por métodos indiretos**

**Correlation and concordance analysis of immunoglobulin estimates in bovine colostrum obtained by indirect methods**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestra em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 28-02-2023

BANCA EXAMINADORA:

---

Dr. Geraldo Tadeu dos Santos  
(UFMS) – Presidente

---

Dr. Adriano Henrique do Nascimento Rangel  
(UFRN)

---

Dra. Susana Amaral Teixeira  
(UFMS)



Documento assinado eletronicamente por **Susana Amaral Teixeira, Professora do Magistério Superior**, em 02/03/2023, às 10:00, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **GERALDO TADEU DOS SANTOS, Usuário Externo**, em 06/03/2023, às 15:32, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Henrique do Nascimento Rangel, Usuário Externo**, em 20/09/2023, às 09:10, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3879918** e o código CRC **E402BF47**.

## COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.001236/2021-33

SEI nº 3879918

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre ao meu lado me dando saúde, força para seguir em frente, coragem para enfrentar os desafios, a oportunidade e perseverança para conseguir alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, por tudo o que fizeram e fazem por mim durante toda a minha vida. Jamais poderei mensurar o tamanho esforço que desempenharam para conquistar mais um sonho. Sempre me apoiando, nunca mediram esforços para me proporcionar o melhor. A vocês minha eterna gratidão!

Ao meu avô (*in memoriam*), que foi meu maior incentivador, de esforço e dedicação, meu eterno guerreiro, aquele em quem me inspirou para ser uma pessoa melhor! Saudades eternas!

À toda minha família, irmãos, primos, tios, avós, cunhados, as pessoas que me apoiaram e por quem eu tenho muito carinho!

Ao meu noivo que esteve ao meu lado me dando confiança e forças para os novos desafios, sempre me incentivando e me apoiando em minhas conquistas e escolhas, obrigada por toda paciência, carinho e compreensão.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e todos os docentes por todos os ensinamentos.

Ao meu orientador, Geraldo Tadeu dos Santos e à co-orientadora Camila Soares Cunha e Luiz Carlos Roma Junior pela orientação, confiança depositada, paciência, ensinamentos, profissionalismo e incentivo a pesquisa.

Aos amigos que a pós me trouxe, em especial a Daniela Arestides Alves, pela amizade, por dividir comigo todos os momentos durante essa trajetória, pelas risadas, apoio, incentivo e conselhos.

Ao Grupo de Estudos em Bovinocultura de Leite (GEBOV) pela amizade, conhecimentos compartilhados e todo apoio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Centro de Pesquisa de Bovinocultura Leiteira do Instituto de Zootecnia de Americana/SP, aos funcionários e colaboradores pela oportunidade e ajuda na realização do experimento.

À fazenda Melkstad, em especial Vivian Janine Spenst Hamm e Márcio Hamm, e aos funcionários da fazenda por terem me acolhido e recebido tão bem, com muita alegria, paciência, conselhos e vivência que contribuíram durante todo esse período, que irei levar ao longo da vida!

*“Muitos são os planos no coração do homem, mas o que prevalece é o propósito do Senhor”.*

*(Provérbios 19:21)*

## RESUMO

As imunoglobulinas (Ig) são proteínas abundantes presentes no colostro bovino, as quais participam de forma essencial na transferência de imunidade passiva aos neonatos, uma vez que o tipo de placenta sinepiteliocorial dos bovinos impede a passagem de imunoglobulinas na fase pré-natal. Dessa forma, a administração de colostro de alta qualidade imunológica, ou seja, abundante em Ig, de forma rápida e asséptica é essencial para o bom desenvolvimento dos bezerros. Atualmente, existem algumas formas de analisar a qualidade imunológica do colostro, por meio de testes laboratoriais (ELISA e o RID) e equipamentos de avaliação indireta, como colostrômetro e o refratômetro Brix digital e óptico, os quais diferentemente dos métodos anteriores podem ser facilmente e rapidamente utilizados na rotina da própria fazenda. Devido à importância da avaliação da qualidade imunológica do colostro bem como da necessidade de avaliação da associação e concordância entre os métodos de avaliação indireta, objetivou-se neste trabalho compilar informações da literatura, sobre os diferentes métodos de avaliação da qualidade imunológica do colostro bovino, incluindo as vantagens e desvantagens dos mesmos, identificando a associação entre os métodos e a concordância entre os mesmos. Os resultados da literatura apontam que os métodos indiretos apresentam associação moderada a positiva com os diretos e que ainda há divergência na literatura quanto à intensidade de associação entre os métodos indiretos de avaliação da qualidade imunológica do colostro. O colostrômetro por ser de vidro, pode representar um custo adicional aos produtores, em virtude de reposições. Já o refratômetro Brix é um dispositivo científico, usado em laboratórios e em indústrias, e que oferece medições altamente precisas. No intuito de avaliar a magnitude e a direção da associação entre as medidas obtidas pelos equipamentos de avaliação indireta (colostrômetro, refratômetros Brix digital e óptico), foram utilizadas 224 amostras de colostro, coletadas em duas fazendas ( $n_1=31$  e  $n_2=193$ ), sendo a primeira composta por fêmeas da 2ª a 9ª ordem de lactação, das quais, 15 eram da raça Holandesa, 5 da raça Jersey e 11 do cruzamento Holandês x Jersey (sendo 5 animais 15/16 Jersey e 6 animais 7/8 Jersey), e a segunda fazenda, por novilhas e vacas da raça Holandesa, da 1ª a 7ª ordem de lactação. Análises estatísticas de correlação de Pearson e concordância entre as medidas obtidas nos equipamentos foram realizadas no software R (versão 4.2.2) utilizando-se os pacotes “cocor” e “psych”, sendo todas as análises conduzidas no nível 5% de significância. A correlação entre os equipamentos foi positiva, variando de forte a muito forte nas fazendas 1 e 2, respectivamente: entre os refratômetros Brix digital e óptico ( $r^2 = 0,984$  e  $r^2 = 0,967$ ;  $p < 0,05$ ), entre o colostrômetro e refratômetro Brix digital ( $r^2 = 0,810$  e  $r^2 = 0,829$ ;  $p < 0,05$ ) e entre o colostrômetro e refratômetro Brix óptico ( $r^2 = 0,829$  e  $r^2 = 0,842$ ;  $p < 0,05$ ). Os resultados indicam que as leituras entre os equipamentos de avaliação indireta estão fortemente e positivamente correlacionadas, ou seja, maiores valores de leitura provenientes de um dos equipamentos também são esperados dos demais, bem como menores valores obtidos em um dos equipamentos de avaliação indireta, também ocorrerão nos



demais. A magnitude da associação não diferiu entre fazendas, mas diferiu entre equipamentos, sendo maior a correlação comum ( $r^2 = 0,970$ ;  $p < 0,05$ ) entre os refratômetros Brix digital e óptico e menores valores de correlação entre esses equipamentos com o colostrômetro ( $r^2 = 0,826$  para refratômetro Brix digital e colostrômetro  $p < 0,05$ ;  $r^2 = 0,840$ ; para refratômetro Brix óptico e colostrômetro  $p < 0,05$ ). Esses resultados podem ser justificados pela maior variabilidade nas mensurações obtidas no colostrômetro (CV = 28,91% e CV = 23,22%, respectivamente nas fazendas 1 e 2) em relação aos refratômetros Brix digital (CV = 15,80% na fazenda 1 e CV = 14,38% na fazenda 2) e óptico (CV = 13,62% e CV = 12,12%, nas fazendas 1 e 2, respectivamente). Apesar de forte correlação entre os equipamentos, a concordância entre esses foi divergente. A maioria das amostras (superior a 95%) foi classificada como colostro de boa qualidade, enquanto 9,8 e 12% foram classificadas como de baixa qualidade pelo refratômetro Brix óptico e digital, respectivamente, e 4% pelo colostrômetro. Esses resultados podem indicar maior fragilidade de se detectar valores inferiores a 50 mg/ml no colostrômetro. Embora nenhum dos equipamentos avaliados seja considerado padrão-ouro, ou seja, estime diretamente a concentração de imunoglobulinas, a maior variabilidade observada para os dados obtidos do colostrômetro, a fragilidade e a dificuldade de mensuração pelo equipamento, a necessidade de temperatura ótima do colostro para leitura, sugere-se que as leituras do colostrômetro são mais conflitantes o que poderá comprometer uma colostragem eficiente. Além disso, os resultados obtidos apontam pela relevância da utilização de métodos diretos, a fim de verificar a acurácia dos equipamentos indiretos.

**Palavras-chave:** bezerros leiteiros, colostragem, colostrômetro, refratômetro Brix, qualidade imunológica.

## ABSTRACT

Immunoglobulins (Ig) are abundant proteins present in bovine colostrum, which play an essential role in the transfer of passive immunity to neonates, since the synepitheliochorial type of placenta in cattle prevents the passage of immunoglobulins in the prenatal phase. Thus, the administration of high immunological quality colostrum, that is, abundant in Ig, quickly and aseptically is essential for the good development of calves. Currently, there are some ways to analyze the immunological quality of colostrum, through laboratory tests (ELISA and RID) and indirect evaluation equipment, such as a colostrometer and digital and optical Brix refractometer, which, unlike previous methods, can be easily and quickly used in the routine of the farm itself. Due to the importance of evaluating the immunological quality of colostrum, as well as the need to evaluate the association and agreement between the indirect evaluation methods, the aim of this work was to compile information from the literature on the different methods of evaluating the immunological quality of bovine colostrum, including their advantages and disadvantages, identifying the association between the methods and the agreement between them. The results in the literature indicate that the indirect methods have a moderate to positive association with the direct ones and that there is still divergence in the literature regarding the intensity of the association between the indirect methods of evaluating the immunological quality of colostrum. Because the colostrometer is made of glass, it may represent an additional cost to producers, due to replacements. The Brix refractometer is a scientific device, used in laboratories and in industries, which offers highly accurate measurements. In order to evaluate the magnitude and direction of the association between the measurements obtained by the indirect evaluation equipment (colostrometer, digital and optical Brix refractometers), 224 colostrum samples collected from two farms ( $n_1=31$  and  $n_2=193$ ) were used. , the first consisting of females from the 2<sup>nd</sup> to 9<sup>th</sup> order of lactation, of which 15 were of the Holstein breed, 5 of the Jersey breed and 11 of the Holstein x Jersey cross (5 animals 15/16 Jersey and 6 animals 7/8 Jersey ), and the second farm, by Holstein heifers and cows, from the 1<sup>st</sup> to the 7<sup>th</sup> order of lactation. Statistical analyzes of Pearson's correlation and concordance between measurements obtained from the equipment were carried out in the R software (version 4.2.2) using the "cocor" and "psych" packages, with all analyzes conducted at a 5% significance level. The correlation between the equipment was positive, ranging from strong to very strong on farms 1 and 2, respectively: between digital and optical Brix refractometers ( $r_2 = 0.984$  and  $r_2 = 0.967$ ;  $p<0.05$ ), between colostrometer and refractometer Digital Brix ( $r_2 = 0.810$  and  $r_2 = 0.829$ ;  $p<0.05$ ) and between the colostrometer and optical Brix refractometer ( $r_2 = 0.829$  and  $r_2 = 0.842$ ;  $p<0.05$ ). The results indicate that the readings between the indirect evaluation equipment are strongly and positively correlated, that is, higher reading values from one of the equipment are also expected from the others, as well as lower values

obtained from one of the indirect evaluation equipment, as well. will occur in others. The magnitude of the association did not differ between farms, but differed between equipment, with a higher common correlation ( $r^2 = 0.970$ ;  $p < 0.05$ ) between digital and optical Brix refractometers and lower correlation values between these equipment and the colostrometer ( $r^2 = 0.826$  for digital Brix refractometer and colostrometer  $p < 0.05$ ;  $r^2 = 0.840$ ; for optical Brix refractometer and colostrometer  $p < 0.05$ ). These results can be justified by the greater variability in measurements obtained with the colostrometer (CV = 28.91% and CV = 23.22%, respectively on farms 1 and 2) in relation to digital Brix refractometers (CV = 15.80% on farm 1 and CV = 14.38% on farm 2) and optical (CV = 13.62% and CV = 12.12% on farms 1 and 2, respectively). Despite the strong correlation between the devices, the agreement between them was divergent. Most samples (greater than 95%) were classified as good quality colostrum, while 9.8 and 12% were classified as low quality by the optical and digital Brix refractometer, respectively, and 4% by the colostrometer. These results may indicate greater fragility in detecting values below 50 mg/ml in the colostrometer. Although none of the equipment evaluated is considered the gold standard, that is, it directly estimates the concentration of immunoglobulins, the greater variability observed for data obtained from the colostrometer, the fragility and difficulty of measuring the equipment, the need for optimal colostrum temperature to reading, it is suggested that the colostrometer readings are more conflicting, which could compromise an efficient colostrum production. In addition, the results obtained point to the relevance of using direct methods in order to verify the accuracy of indirect equipment.

**Keywords:** Brix refractometer, colostrometer, colostrum, dairy calves, immunological quality.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição do colostro, leite de transição e leite integral de vacas da raça Holandesa .....	16
Tabela 2. Imunoglobulinas e suas funções .....	17
Tabela 3. Estatística descritiva dos dados do colostro usados nas análises .....	39
Tabela 4. Valores das correlações entre os equipamentos utilizados para avaliação da qualidade imunológica colostrálica na fazenda 1 .....	40
Tabela 5. Valores das correlações entre os equipamentos utilizados para avaliação da qualidade imunológica colostrálica na fazenda 2 .....	40
Tabela 6. Avaliação da extensão dos coeficientes de correlação de Pearson par a par ( $\rho$ ) entre os pares de equipamentos na fazenda 1.....	41
Tabela 7. Avaliação da extensão dos coeficientes de correlação de Pearson par a par ( $\rho$ ) entre os pares de equipamentos na fazenda 2 .....	42
Tabela 8. Classificação da qualidade imunológica do colostro obtidas no refratômetro Brix óptico <i>versus</i> digital .....	43
Tabela 9. Classificação da qualidade imunológica do colostro obtidas no refratômetro Brix digital <i>versus</i> colostrômetro .....	43
Tabela 10. Classificação da qualidade imunológica do colostro obtidas no refratômetro Brix óptico <i>versus</i> colostrômetro .....	43
Tabela 11. Coeficientes de concordância e intervalos de confiança dos pares de equipamentos entre fazendas .....	43
Tabela 12. Coeficientes de concordância e intervalos de confiança para pares de equipamentos para fazenda 1 .....	44
Tabela 13. Coeficientes de concordância e intervalos de confiança para pares de equipamentos para fazenda 2 .....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de distribuição das concentrações de IgG de 224 amostras de colostro bovino de 2 fazendas leiteiras, avaliadas por meio do colostrômetro, refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico ..... 38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

‰: Percentual

µg/L: Microlitro por litro

ELISA: Ensaio de Imunoabsorção Enzimática

FTIP: Falha na Transferência de Imunidade Passiva

g: Grama

h: Hora

Ig: Imunoglobulinas

IgA: Imunoglobulina da classe A

IGF-I: Fator de crescimento semelhante à insulina I

IgG: Imunoglobulina da classe G

IgG<sub>1</sub>: Imunoglobulina da classe G e subclasse 1

IgG<sub>2</sub>: Imunoglobulina da classe G e subclasse 2

IgM: Imunoglobulina da classe M

L: Litro

mg: Miligrama

mL: Mililitro

MS: Matéria seca

°C: Graus Celsius

RID: Imunodifusão Radial

TIP: Transferência de Imunidade Passiva

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Colostrogênese e composição do colostro	14
2.2 Imunoglobulinas	17
2.3 Componentes de um programa de gestão de colostro de sucesso	19
2.4 Banco de colostro	20
2.5 Métodos de avaliação da qualidade do colostro	21
2.6 Referências	25
3 AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DO CONTEÚDO DE IMUNOGLOBULINAS NO COLOSTRO BOVINO POR MÉTODOS INDIRETOS: COLOSTRÔMETRO, REFRAATÔMETRO BRIX DIGITAL E ÓPTICO	34
3.1 Introdução	36
3.2 Material e Métodos	37
3.3 Resultados	39
3.4 Discussão	41
3.5 Conclusão	44
3.6 Referências	45
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

No manejo da criação de bezerros, a primeira alimentação dos recém-nascidos é um fator determinante para saúde e sobrevivência dos bezerros (GODDEN, 2008). Esses animais nascem desprovidos de imunoglobulinas (Ig) e com poucas reservas energéticas, sendo o colostro a principal fonte de imunidade e energia para os neonatos (MORRILL et al., 2012; GODDEN et al., 2019).

Em virtude disso, os neonatos precisam ingerir colostro nas primeiras horas (h) de vida, a fim de absorver eficientemente as Ig (DAVIS & DRACKLEY, 1998; CALLOWAY et al., 2002), que são os elementos imunológicos importantes para propiciar imunidade passiva ao bezerro nas semanas iniciais de vida (STELWAGEN et al., 2009).

A principal função das Ig é proteger o bezerro e inativar os patógenos (LOPEZ & HEINRICHS, 2022). Por esse motivo, é indicado o consumo de colostro de alta qualidade para garantir uma boa transferência de imunidade passiva (TIP) (MORIN et al., 2021). A insuficiência de colostro rico em Ig pode ocasionar falha na transferência de imunidade passiva (FTIP) e colocar em risco a saúde do recém-nascido (LOMBARD et al., 2020; RENAUD et al., 2018; TODD et al., 2018).

Para verificar a qualidade imunológica do colostro existem métodos de aferição diretos e indiretos. Como métodos diretos, podem ser citados a Imunodifusão Radial (RID) e o Ensaio de Imunoabsorção Enzimática (ELISA) que são testes dos quais necessitam de ferramentas e aparelhos presentes em laboratório, além de profissional capacitado para sua execução, dessa forma, sua aplicação é desaconselhável em fazendas. No entanto, a avaliação indireta pode ser realizada em propriedades com o uso de equipamentos de fácil leitura como o refratômetro e colostrômetro (ZOBEL et al., 2020).

Uma vez classificado como colostro de qualidade, este pode ser armazenado por refrigeração, para uso imediato ou sob congelamento, para formação de banco de colostro. Os criadores têm como alternativa utilizar o banco de colostro, em substituição ao colostro materno, principalmente quando a mãe tem mastite ou morre no momento do parto. Desta forma, na ausência de colostro materno, o banco de colostro pode ser disponibilizado aos recém-nascidos. Essa estratégia é uma alternativa economicamente viável e que possibilita assegurar, o fornecimento adequado de colostro aos bezerros recém-nascidos, sempre quando este não puder



ser oferecido diretamente ou indiretamente pelas mães (LOPEZ & HEINRICHS, 2022).

Assim, objetivou-se compilar informações teóricas disponibilizadas na literatura científica sobre os diferentes métodos de avaliação da qualidade imunológica do colostro bovino, destacando-se os estudos já realizados e buscando evidenciar a necessidade de estudos que avaliem a força e a direção da associação existente entre as mensurações de Ig obtidas pelos diferentes equipamentos de avaliação indireta, bem como a concordância entre os métodos quanto à classificação da qualidade imunológica do colostro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Colostrogênese e composição do colostro

A glândula mamária tem etapas de desenvolvimento conhecidas por mamogênese, colostrogênese, lactogênese, galactopoiese e involução (BARRINGTON & PARRISH, 2001). A colostrogênese é o período no qual ocorre a transferência de Ig da corrente sanguínea da mãe para a glândula mamária, no período pré-parto. Os hormônios lactogênicos regulam esse processo, por exemplo, a prolactina estimula a ação do estrogênio e da progesterona, que são fundamentais para o início da transferência de imunoglobulina da classe G e subclasse 1 (IgG<sub>1</sub>) para o colostro (BARRINGTON & PARRISH, 2001).

A formação do colostro inicia-se aproximadamente cinco semanas antes da parição e cessa abruptamente no momento do parto. Ao longo desse período, componentes com função imunológica, como grandes teores de Ig, são transportados da circulação sanguínea da vaca para a glândula mamária e para o colostro (FOLEY & OTTERBY, 1978; GODDEN, 2008; MAUNSEEL, 2014).

A vaca transfere Ig da corrente sanguínea para o colostro por meio do mecanismo de transporte intracelular (LARSON et al., 1980) e por via paracelular, as Ig adentram o colostro, a partir de junções oclusivas intracelulares (LACY-HULBERT et al., 1999). No entanto, grande parte das Ig entram via intracelular seletiva, mediada por receptores (STELWAGEN et al., 2009).

Nesse transporte seletivo (entre o epitélio mamário e o lúmen alveolar), uma grande quantidade de IgG<sub>1</sub> sanguínea é transferida para a glândula mamária. Seguindo o mesmo processo, as imunoglobulinas da classe G e subclasse 2 (IgG<sub>2</sub>) são transportadas, porém, em menor proporção (LARSON, 1980). As imunoglobulinas da classe M (IgM) e da classe A (IgA) presentes no colostro são advindas de células situadas nas regiões adjacentes ao parênquima mamário (parede celular primária) (LASCELLES, 1979).

Diante do exposto, considera-se colostro bovino a secreção láctea e constituintes do soro sanguíneo, principalmente Ig e outras proteínas séricas, produzidas e acumuladas na glândula mamária durante o período seco, liberado na primeira ordenha após o parto (FOLEY & OTTERBY, 1978; YANG, et al., 2015).

O colostro materno contém nutrientes para o recém-nascido, e ajuda a ativar o sistema imunológico, a amadurecer o intestino e a desenvolver os órgãos (HAMMON et al., 2020). Além das Ig, o colostro contém componentes biológicos ativos como leucócitos maternos, fatores de crescimento, hormônios, fatores antimicrobianos inespecíficos e nutrientes (GODDEN et al., 2019).

Passada a primeira ordenha, à medida que essas substâncias diminuem gradativamente (da 2ª a 6ª ordenha), a secreção é denominada leite de transição. A partir disso, a composição é o leite integral. O colostro, quando comparado ao leite integral, tem 1,85 vezes mais matéria seca (MS), 4,52 vezes mais de proteína, 1,68 vezes mais gordura e maiores concentrações de minerais e vitaminas (Tabela 1; FOLEY & OTTERBY, 1978).

No colostro existe um grupo de proteínas que funcionam como agente antibiótico não específico (WASOWSKA & PUPPEL, 2018). A lactoferrina é uma proteína de ligação ao ferro (JENNESS, 1982), enzima que tem efeito bacteriostático e que impede a proliferação de bactérias (VAN DER STRATE et al., 2001; KRUZEL, 2003). Possui elevada concentração, de 0,83 mg/mL, no colostro da primeira ordenha e decresce nas ordenhas subsequentes. Em três semanas após o parto o valor encontrado é de 0,09 mg/mL (SÁNCHEZ et al., 1988).

O colostro contém ainda os inibidores de tripsina, que são enzimas e funcionam protegendo as Ig e outras proteínas da degradação proteolítica no intestino do bezerro recém-nascido (GODDEN et al., 2019). Após o parto, os inibidores de tripsina estão em altas concentrações, quase 100 vezes maiores quando comparadas ao leite (GODDEN et al., 2019) e diminuem, aproximadamente, um centésimo em duas semanas (SANDHOLM & HONKANEN-BUZALSK, 1979). Quigley et al. (1995) chegaram à conclusão de que quanto maior a proporção de Ig no colostro, maior é o conteúdo de inibidor de tripsina. Sendo que o inverso, é exatamente proporcional, o colostro de baixa qualidade tem menos conteúdo de inibidor de tripsina, o que pode afetar a TIP.

**Tabela 1.** Composição do colostro, leite de transição e leite integral de vacas da raça Holandesa.

Parâmetro	Leite de Transição			Leite
	Colostro	(ordenha pós-parto)		
	1	2	3	6
Gravidade específica	1,056	1,040	1,035	1,032
Sólidos totais (%)	23,90	17,90	14,10	12,90
Gordura (%)	6,70	5,40	3,90	4,00
Proteína total (%)	14,00	8,40	5,10	3,10
Caseína (%)	4,80	4,30	3,80	2,50
Albumina (%)	6,00	4,20	2,40	0,50
Imunoglobulinas (%)	6,00	4,20	2,40	0,09
IgG (g/100 mL)	3,20	2,50	1,50	0,06
Lactose (%)	2,70	3,90	4,40	5,00
IGF-I (µg/L)	341,00	242,00	144,00	15,00
Insulina (µg/L)	65,90	34,80	15,80	1,10
Cinza (%)	1,11	0,95	0,87	0,74
Cálcio (%)	0,26	0,15	0,15	0,13
Magnésio (%)	0,04	0,01	0,01	0,01
Zinco (mg/100 mL)	1,22	-	0,62	0,30
Manganês (mg/100 mL)	0,02	-	0,01	0,004
Ferro (mg/100g)	0,20	-	-	0,05
Cobalto (µg/100g)	0,50	-	-	0,10
Vitamina A (µg/100 mL)	295,00	190,00	113,00	34,00
Vitamina E (µg/g de gordura)	84,00	76,00	56,00	15,00
Riboflavina (µg/mL)	4,83	2,71	1,85	1,47
Vitamina B <sub>12</sub> (µg/100 mL)	4,90	-	2,50	0,60
Ácido fólico (µg/100 mL)	0,80	-	0,20	0,20
Colina (mg/mL)	0,70	0,34	0,23	0,13

Fonte: Hammon H.M., Zanker I.A., Blum J.W. Delayed colostrum feeding affects IGF-1 and insulin plasma concentrations in neonatal calves. *J Dairy Sci* 2000; 83:85–92; and Foley J.A., Otterby D.E. Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum: a review. *J Dairy Sci* 1978; 61:1033–60.

Outros fatores podem alterar a composição nutricional e imunológica do colostro, como: raça, paridade, nutrição, pré-parto, duração do período seco, dieta, idade do animal, exposição prévia a doenças, entre outros (PARRISH et al., 1948; TSILOULPAS et al., 2007; MANN et al., 2016).

## 2.2 Imunoglobulinas

As Ig estão presentes no colostro bovino e são componentes imunológicos (STELWAGEN et al., 2009). Há diferentes subtipos de Ig, sendo que cada um deles tem uma função diferente (Tabela 2). A IgG identifica e destrói possíveis patógenos. As IgM servem como primeira defesa, nos casos de septicemia. As IgA protegem as mucosas, liga-se a parede interna do intestino e evitam a adesão de possíveis patógenos, no entanto, esse efeito é temporário, pois, a vida útil das Ig no corpo do animal é muito curta, se mantém apenas durante o consumo do colostro pelo bezerro (TIZARD, 2002).

**Tabela 2.** Imunoglobulinas e suas funções.

<b>Imunoglobulinas</b>	<b>Percentual</b>	<b>Função</b>
<b>IgG</b>	80 a 85%	Vinculada a diversas atribuições, como o processo em que os anticorpos são fixados na superfície das bactérias e a ligação a patógenos para inativá-los.
<b>IgA</b>	8 a 10%	Impede a fixação de patógenos; impossibilita a entrada de patógenos no intestino; protege as membranas mucosas.
<b>IgM</b>	5 a 12%	Identifica e destrói as bactérias presentes na corrente sanguínea; atua como um meio para combater a septicemia. Além de ser o principal anticorpo aglutinante.

Fonte: LILIUS & MARNILA (2001); KLEIN (1982); BUTLER (1969); BUTLER (1983); LARSON et al. (1980); BLÄTTLER et al. (2001); RĂDUCAN et al. (2013).

Pode-se observar que a composição das Ig do colostro é de 80 a 85% de IgG, 8 a 10% de IgM e 5 a 12% de IgA. Por sua vez, as IgG<sub>1</sub> (80% a 90%) e IgG<sub>2</sub> (20% a 10%).

Sabe-se que, com o passar das horas após o parto, há redução nos níveis de Ig presentes no colostro. Este fenômeno depende da difusão da água. Com o início da lactação, o fluxo de lactose, principal componente osmótico do leite, na glândula

mamária é maior, porém a quantidade de IgG que passa para o leite não se altera. Logo, quanto maior a produção de leite da vaca, mais diluído fica o colostro (BAUMRUCKER et al., 2010; CABRAL et al., 2016).

No que se refere às taxas de redução do conteúdo de Ig no colostro, ainda não há um consenso na literatura entre os autores, observa-se que a concentração pode reduzir de 1,1 a 3,7% por h após o parto (MOORE et al., 2005; MORIN et al., 2010; CONNEELY et al., 2013).

### **2.3 Componentes de um programa de gestão de colostro de sucesso**

Os principais fatores que interferem na absorção de Ig colostrado são: o tempo na administração do colostro, os níveis de concentração de Ig, o volume total em gramas de Ig consumidas pelo bezerro e os níveis bacterianos no colostro (STOTT & FELLAH, 1983; GELSINGER et al., 2015b; FISCHER et al., 2018).

Assim, para que a função imunológica da colostragem seja cumprida, é necessária a administração precoce e efetiva de colostro de alta qualidade, garantindo a saúde e o desenvolvimento do sistema imunológico dos bovinos, principalmente no que se refere à via de sinalização das Ig (BELLOF & GRANZ, 2019; AHMANN et al., 2021).

A fim de garantir altas concentrações de IgG recomenda-se coletar o colostro imediatamente após o parto, em virtude dessa quantidade diminuir nas ordenhas subsequentes (STOTT et al., 1981). O colostro ordenhado em até 2 h pós-parto tem maiores concentrações de IgG quando comparado ao colostro ordenhado em 6, 10 e 14 h após o parto (MOORE et al., 2005).

Essa correlação entre tempo de ordenha e a concentração de IgG no colostro é inversamente proporcional, o que significa dizer que quanto maior é o intervalo de tempo para a coleta do colostro no pós-parto, menor é a quantidade de IgG retirada na coleta (MORIN et al., 2010).

Os níveis de Ig existentes no colostro estão diretamente relacionados à sua qualidade (QUIGLEY, 2007). Por isso, a concentração de IgG está vinculada como marca registrada para avaliação da qualidade imunológica do colostro. Portanto, o colostro é considerado de alta qualidade quando atinge concentrações de IgG superiores a 50 g/L (GODDEN et al., 2019). Atualmente, existem maneiras de analisar essa qualidade imunológica na própria fazenda, por meio do uso de equipamentos como o colostrômetro e o refratômetro brix digital e óptico.

No processo de colostragem, o volume a ser ofertado aos bezerros é de 10% a 12% do seu peso corporal, na primeira refeição, com no mínimo 150 a 200 g de IgG, dentro de 1 a 2 h após o nascimento (GODDEN et al., 2019).

No entanto, recomenda-se aos produtores o fornecimento de 300 g de IgG ao recém-nascido, a fim de atingir a excelência na TIP (GODDEN et al., 2019). Para tanto, uma segunda refeição com colostro faz-se necessária, a qual é indicada que ocorra entre 5 e 6 h após o nascimento, o que contribuirá para a máxima eficácia de absorção de Ig, redução das taxas de morbidade e melhora do desenvolvimento do bezerro pré-desmame, tendo em vista que o intestino dos neonatos ainda é permeável neste período (GODDEN, et al., 2019; ABUELO et al., 2021).

O intestino delgado do bezerro absorve as Ig do colostro materno, porém, com o fechamento da permeabilidade intestinal (aproximadamente 24 h de vida), não há mais absorção dessas macromoléculas de IgG (WEAVER et al., 2008). O atraso na alimentação dos neonatos, superior a 6 h, diminui a transferência passiva de IgG se comparado com bezerros colostrados logo após o parto (FISCHER et al., 2018). Adicionalmente, ocorre redução na concentração de Ig no colostro ordenhado a cada hora pós parto. Assim, justifica-se a recomendação de que a colostragem seja feita o mais rápido possível após o nascimento (MORIN et al., 2010; KRITZINGER, 2017; BELLOF & GRANZ, 2019).

No entanto, mesmo passado o período de tempo ideal para a absorção das Ig, ainda é vantajoso ofertar este alimento, visto que este contém compostos bioativos (hormônios ou oligossacarídeos) que são capazes de favorecer o amadurecimento do trato gastrointestinal (FISCHER et al., 2018; PYO et al., 2018; GODDEN et al., 2019).

Observa-se, desta forma, que a colostragem é baseada na tríade tempo, volume e qualidade, sendo estes aspectos relevantes que influenciam na transferência de imunidade passiva da mãe ao bezerro (GODDEN et al., 2019). Porém, verifica-se na literatura que maior ênfase é dada com relação aos níveis de IgG (GODDEN et al., 2009; ELSOHABY et al., 2017; HEINRICHS et al., 2020).

## **2.4 Banco de colostro**

Para garantir o fornecimento de colostro de alta qualidade imunológica aos recém-nascidos, as fazendas leiteiras precisam de estratégias nos casos em que a vaca estiver impossibilitada de fornecê-lo ao bezerro. Logo, é importante avaliar a

qualidade imunológica do colostro bovino antes de fornecer aos bezerros ou armazená-los no banco de colostro (FAHIM & IMBABI, 2021).

O banco de colostro tem por objetivo garantir a oferta de colostro ao recém-nascido e armazenar a produção excedente. A proliferação e a contaminação por bactérias no colostro bovino podem afetar a absorção e gerar efeitos negativos na saúde do animal (GELSINGER et al., 2014; GELSINGER et al., 2015b).

Por esses motivos, o congelamento é indicado, e considerado mais adequado, porque mantém a qualidade do produto e evita o crescimento de bactérias. Esse tipo de armazenamento é de curto prazo (1 ano) e evita a degradação dos nutrientes e da Ig (FOLEY & OTTERBY, 1978; DAVIS & DRACKLEY, 1998). Esse recurso de proteção, quando realizado de forma higiênica, contribui para manter à disposição colostro de qualidade para uso posterior (ARGÜELLO et al., 2003; RAMIREZ-SANTANA et al., 2012).

Portanto, o uso do banco de colostro é uma alternativa viável economicamente, e não traz prejuízos ao bezerro, mas sim, beneficia o desempenho do animal, visto que garante a quantidade de Ig adequadas no colostro. (LAGO et al., 2018).

## **2.5 Métodos de avaliação da qualidade do colostro**

Na coleta do colostro, são necessários cuidados que incluem a preparação do úbere, a limpeza e higienização dos equipamentos e do local de ordenha, além de correto manuseio e armazenamento do colostro (GODDEN et al., 2019).

Durante a avaliação visual das características do colostro, deve-se descartar o colostro que apresenta características incomuns, como baixa viscosidade, presença de sangue ou colostro de vacas que foram expostas à alguma forma de estímulo e, em decorrência disso, liberaram o colostro antes do parto (BAMN, 1995). Além disso, animais com infecção intramamária persistente produzem menor quantidade de colostro e de menor qualidade imunológica, e o mesmo não deve ser ofertado aos recém-nascidos (MAUNSELL et al., 1998).

Entretanto, além da avaliação visual, é importante que seja realizada uma estimativa da concentração de Ig, caracterizando a avaliação da qualidade imunológica, o que pode ser mensurado de forma direta ou indireta. Atualmente, é possível avaliar a concentração de Ig em uma amostra de colostro de forma direta



pelo teste de ELISA e RID e, de forma indireta, por meio do colostrômetro, refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico.

O ELISA é um teste laboratorial fundamentado em reação antígeno-anticorpo, feito para estimar a concentração/quantidade de Ig no colostro (GROSS et al., 2017; GRESSNER & ARNDT, 2019; LEMBERSKIY-KUZIN et al., 2019; SUTTER et al., 2019). O RID é um método de imunoprecipitação, apontado como padrão ouro, que indica a quantidade de antígenos numa amostra (CHELACK et al., 1993). No caso do colostro, a quantidade de antígenos refletirá o teor de Ig (GRABNER et al., 1972; BARTENS et al., 2016; GRESSNER & ARNDT et al., 2019; MUGNIER et al., 2020). Logo, são métodos laboratoriais de custo elevado de reagentes, que exigem instrumentos, técnica, mão-de-obra qualificada, tempo necessário para o processamento e resultados, o que impede sua realização na fazenda (DRIKIC et al., 2018; ZOBEL et al., 2020).

O colostrômetro é um hidrômetro comumente utilizado nas fazendas leiteiras para medir de forma indireta a concentração total de Ig por meio da gravidade específica. A fim de caracterizar a alta ou a baixa qualidade do colostro, o ponto de corte utilizado é de 1,050, o que corresponde a 50 g/L de IgG (GODDEN, 2008). As escalas do aparelho evidenciam três situações que representam os níveis de Ig nas (verde, amarelo e vermelho, indicando, respectivamente, qualidade alta, moderada e baixa). Porém, algumas condições influenciam a leitura como é o caso do teor de gordura e a temperatura do colostro, que deve estar em torno de 21 °C para a correta aferição (FLEENOR & STOTT, 1980; CHIGERWE et al., 2008; BARTIER et al., 2015; GODDEN et al., 2019; GEIGER, 2020). Fatores adicionais, como o fato de o aparelho ser confeccionado em vidro, aumentam os riscos de que o colostrômetro possa se quebrar durante sua utilização, podendo representar maior custo ao produtor devido às recorrentes reposições.

O refratômetro Brix é um dispositivo científico usado para mensurar a intensidade de açúcar numa substância ou fluido, como para estimar as concentrações de sacarose em líquidos (vinho, melão e suco de frutas). É usado geralmente em laboratórios e em indústrias com aplicações agrícolas, alimentícias, químicas e de fabricação, pois oferecem medições altamente precisas. No entanto, embora meça a quantidade de açúcar em uma amostra, o resultado pode ser convertido para verificar os sólidos totais no leite. Por isso, esse equipamento, a partir de 2010, começou a ser usado nas propriedades para aferir a concentração e

composição dos sólidos totais presentes no colostro bovino e avaliar indiretamente os níveis de IgG (QUIGLEY et al., 2013; GODDEN et al., 2019; AHMANN et al., 2021).

O refratômetro Brix é um instrumento simples, barato, fácil e de rápida leitura, que pode ser facilmente utilizado nas fazendas (QUIGLEY et al., 2013; BARTIER et al., 2015). Existem dois tipos de equipamentos, o óptico e o digital, que funcionam bem, independentemente da temperatura da amostra (BIELMANN et al., 2008).

Para avaliar a qualidade imunológica do colostro os resultados são representados em percentual Brix, em que o ponto de corte para considerar um colostro de qualidade adequada foi estabelecido ao longo do tempo entre 21,9% e 27,3% de Brix, sendo o percentual comumente utilizado de  $\geq 22\%$  (BARTIER et al., 2015; DUNN et al., 2018; JOHNSEN et al., 2019; AHMANN et al., 2021). Em virtude dessa amplitude, observa-se a necessidade de mais pesquisas serem conduzidas a fim de determinar qual o real percentual Brix mínimo que garante um colostro com mais que 50 g/L de IgG.

Ainda não há consenso nos resultados obtidos em pesquisas confrontando os diferentes métodos. Dunn et al. (2018) verificaram correlação forte e positiva entre os métodos ELISA e RID ( $r = 0,91$ ;  $P < 0,001$ ). Na mesma pesquisa, observou-se correlação positiva significativa entre as técnicas de ELISA e Brix ( $r = 0,76$ ;  $P < 0,001$ ), e associação mais fraca entre os valores de RID e Brix ( $r = 0,60$ ;  $P = 0,005$ ).

Gelsinger et al. (2015a) mostraram uma associação mais fraca entre o ELISA modificado (modificação no tempo da reação enzimática e na adição de ácido sulfúrico sem lavagem dos poços) e o RID ( $r = 0,36$ ;  $P = 0,01$ ). Os autores explicaram que as amostras de colostro possuíam concentrações de IgG consideravelmente menores em determinações pelo ELISA quando comparado com RID.

Entretanto, Dunn et al. (2018) recomendaram não comparar diretamente RID e ELISA tendo-se em vista que esses meios de avaliação disponibilizam dados plausíveis e replicáveis. Diante disso, a vantagem da RID em relação ao método ELISA é no que se refere à diluição das amostras, o que impacta diretamente na variação dos resultados (GELSINGER et al., 2015a).

Considerando que os métodos indiretos apresentam associação moderada a positiva com os diretos (ELSOHABY et al., 2017; DUNN et al., 2018; ZOBEL et al.,

2020) e que ainda há divergência na literatura quanto à intensidade de associação entre os métodos indiretos de avaliação da qualidade imunológica do colostro, novas pesquisas são necessárias a fim de elucidar tais correlações e indicar, com embasamento científico apropriado, uma recomendação adequada ao produtor de leite.

## 2.6 REFERÊNCIAS

ABUELO, A.; CULLENS, F.; HANES, A.; BRESTER, J. L. Impact of 2 versus 1 colostrum meals on failure of transfer of passive immunity, pre-weaning morbidity and mortality, and performance of dairy calves in a large dairy herd. **Animals** (Basel), v. 11, p. 782, 2021. doi.org/10.3390/ani11030782.

AHMANN, J.; STEINHOFF-WAGNER, J; BUSCHER, W. Determining immunoglobulin content of bovine colostrum and factors affecting the outcome: a review. **Animals**, v. 11, p. 3587, 2021. doi.org/10.3390/ani11123587.

ARGÜELLO, A.; CASTRO, N.; CAPOTE, J.; GINÉS, R.; ACOSTA, F.; LÓPEZ, J. L. Effects of refrigeration, freezing-thawing and pasteurization on IgG goat colostrum preservation. **Small Ruminant Research**, v. 48, p. 135-139, 2003. doi:10.1016/S0921-4488(02)00277-8

BAMN. Bovine Alliance on Management and Nutrition. **A guide to colostrum and colostrum management for dairy calves**. Arlington (VA): American Feed Industry Association, 1995.

BARRINGTON, G. M; PARRISH, S. M. Bovine Neonatal Immunology. Veterinary Clinics of North America: **Food Animal Practice**, v. 17, p. 463-476, 2001. doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30001-3.

BARTENS, M-C.; DRILLICH, M.; RYCHLI, K.; IWERSEN, M.; ARNHOLDT, T.; MEYER, L.; KLEIN-JÖBSTL, D. Assessment of different methods to estimate bovine colostrum quality on farm. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 64, p. 263-267, 2016. doi:10.1080/00480169.2016.1184109.

BARTIER, A. L.; WINDEYER, M. C.; DOEPEL, L. Evaluation of on-farm tools for colostrum quality measurement. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 1878-1884, 2015. doi:10.3168/jds.2014-8415.

BAUMRUCKER, C. R.; BURKETT, A. M.; MAGLIARO-MACRINA, A. L.; DECHOW, C. D. Colostrogenesis: Mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 3031-3038, 2010. doi.org/10.3168/jds.2009-2963.

BELLOF G., GRANZ, S. (Editors) **Tierproduktion: Nutztiere Züchten**, Halten und Ernähren. 15 ed., überarbeitete und Erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag: Stuttgart, Germany, New York, NY, USA: 2019. ISBN 978-3-13-241808-0.

BIELMANN, V.; GARNER, J.; THROOP, C.; PERKINS, N., LESLIE, K. An evaluation of a Brix refractometer for measurement of colostrum quality and success of passive transfer. **Journal of Dairy Science**, v. 91, (E-Suppl.1), p. 354, 2008.

BLÄTTLER, U., HAMMON, H. M.; MOREL, C.; PHILIPONA, C.; RAUPRICH, A.; ROMÉ, V.; LE HUËROU-LURON, I.; GUILLOTEAU, P. ; BLUM, J. W. Feeding colostrum, its composition and feeding duration variably modify proliferation and morphology of the intestine and digestive enzyme activities of neonatal calves. **Journal of Nutrition**, v. 131, p. 1256–1263, 2001. doi.org/10.1093/jn/131.4.1256.

BUTLER, J. E. Bovine immunoglobulins: a review. **Journal Dairy Science**, v. 52, p. 1895–1909, 1969. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(69)86871-2.

BUTLER, J. E. Bovine immunoglobulins: an augmented review. **Veterinary Immunology Immunopathology**, v. 4, p. 43–152, 1983. doi.org/10.1016/0165-2427(83)90056-9.

CABRAL, R. G.; CHAPMAN, C. E.; ARAGONA, K. M.; CLARK, E.; LUNAK, M.; ERICKSON, P. S. Predicting colostrum quality from performance in the previous lactation and environmental changes. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 4048-4055, 2016. doi.org/10.3168/jds.2015-9868.

CALLOWAY, C. D.; TYLER, J. W.; TESSMAN, R. K.; HOSTETLER, D.; HOLLE, J. Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 221, p. 1605-1608, 2002. doi.org/10.2460/javma.2002.221.1605.

CHELACK, B. J.; MORLEY, P. S.; HAINES, D. M. Evaluation of methods for dehydration of bovine colostrum for total replacement of normal colostrum in calves. **Canadian Veterinary Journal**, v. 34, p. 407-12, 1993. PMID: 17424250; PMCID: PMC1686489.

CHIGERWE, M.; TYLER, J. W.; MIDDLETON, J. R.; ESPANHA, J. N.; DILL, J.S.; STEEVENS, B. J. Comparison of four methods to assess colostrum IgG concentration in dairy cows. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 233, p. 761-766, 2008. doi:10.2460/javma.233.5.761.

CONNELLY M.; BERRY D. P.; SAYERS R.; MURPHY, J. P.; LORENZ, I.; DOHERTY, M. L.; KENNEDY, E. Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. **Animal**, v. 7, p. 1824-1832, 2013. doi: 10.1017/S1751731113001444.

DAVIS, C.L.; DRACKLEY, J.K. **Colostrum. in The Development, Nutrition, and Management of the Young Calf**. Ed. Iowa State Univ. Press., Ames. p. 179-206, 1998.

DRIKIC M.; WINDEYER C.; OLSEN S.; FU Y.; DOEPEL L.; DE BUCK J. Determining the IgG concentrations in bovine colostrum and calf sera with a novel enzymatic assay. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 9, p. 69, 2018. doi: 10.1186/s40104-018-0287-4.

DUNN, A.; DUFFY, C.; GORDON, A.; MORRISON, S.; ARGÜELLO, A.; WELSH, M.; EARLEY, B. Comparison of single radial immunodiffusion and ELISA for the quantification of immunoglobulin G in bovine colostrum, milk and calf sera. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, p. 758-765, 2018. doi:10.1080/09712119.2017.1394860.

ELSOHABY, I.; MCCLURE, J. T.; CAMERON, M.; HEIDER, L. C.; KEEFE, G. P. Rapid assessment of bovine colostrum quality: How reliable are transmission infrared spectroscopy and digital and optical refractometers? **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1427-1435, 2017. doi:10.3168/jds.2016-11824.

FAHIM, N. H.; IMBABI, T. A. Comparison between the Brix Refractometer and ELISA for Assessment of Colostrum IgG of Montbeliard x Holstein Cross Dairy Cows. **Tropical Animal Science Journal**, v. 44, p. 356-362, 2021. 997–4005, 2012. doi.org/10.3168/jds.2011-5174. doi.org/10.5398/tasj.2021.44.3.356.

FISCHER A. J.; MALMUTHUGE N.; GUAN, L. L.; STEELE, M. A. Short communication: The effect of heat treatment of bovine colostrum on the concentration of oligosaccharides in colostrum and in the intestine of neonatal male Holstein calves. **Journal of Dairy Science**. v. 101, p. 401-407, 2018. doi:10.3168/jds.2017-13533.

FLEENOR, W. A.; STOTT, G. H. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 973-977, 1980. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)83034-7.

FOLEY, J. A.; OTTERBY, D. E. Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum: A review. **Journal of Dairy Science**, v. 61, p. 1033-1060, 1978. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(78)83686-8

GEIGER, A. J. Colostrum: back to basics with immunoglobulins. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 126–132, 2020. doi: 10.1093/jas/skaa142.

GELSINGER, S. L.; GRAY, S. M.; JONES, C. M.; HEINRICHS, A. J. Heat treatment of colostrum increases immunoglobulin G absorption efficiency in high-, medium- and low-quality colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 2355–2360, 2014. doi.org/10.3168/jds.2013-7374.

GELSINGER, S. L.; SMITH, A. M.; JONES, C. M.; HEINRICHS A. J. Technical note: Comparison of radial immunodiffusion and ELISA for quantification of bovine immunoglobulin G in colostrum and plasma. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 4084–4089, 2015a. doi.org/10.3168/jds.2014-8491.

GELSINGER, S. L.; JONES, C. M.; HEINRICHS, A. J. Effect of colostrum heat treatment and bacterial population on immunoglobulin G absorption and health of neonatal calves. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 4640–4645, 2015b. doi.org/10.3168/jds.2014-8790

GODDEN, S. M. Colostrum Management for Dairy Calves. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v. 24, p.19-39, 2008. doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005.

GODDEN, S. M.; HAINES, D. M.; HAGMAN, D. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. I: Dose effect of feeding a commercial colostrum replacer.

**Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 1750-1757, 2009. doi.org/10.3168/jds.2008-1846.

GODDEN, S. M.; LOMBARD, J. E.; WOOLUMS, A. R. Colostrum Management for Dairy Calves. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v. 35, p. 535-556, 2019. doi:10.1016/j.cvfa.2019.07.005

GRABNER, W.; BERGNER, D.; SAILER, D.; BERG, G. Untersuchungen zur zuverlässigkeit quantitativer immunglobulinbestimmungen (IgG, IgA, IgM) durch einfache radiale immundiffusion. **Clinica Chimica Acta**, v. 39, p. 59-70, 1972. doi.org/10.1016/0009-8981(72)90299-9.

GRESSNER, A. M.; ARNDT, T. **Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik**, 3 ed., Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019.

GROSS, J. J.; KESSLER, E. C.; BRUCKMAIER, R. M. Quarter vs. composite colostrum composition assessed by Brix refractometry, specific gravity and visual color appearance in primiparous and multiparous dairy cows. **Translational Animal Science**, v. 1, p. 26-35, 2017. doi:10.2527/tas2016.0001

HAMMON, H. M.; ZANKER, I. A.; BLUM, J. W. Delayed colostrum feeding affects IGF-I and insulin plasma concentrations in neonatal calves. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 85–92, 2000. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74859-4.

HAMMON, H. M.; LIERMANN, W.; FRIETEN, D.; KOCH, C. Review: Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. **Animal**, v. 14, S1, p. 133–143, 2020. doi.org/10.1017/S1751731119003148.

HEINRICHS, A. J.; JONES, C. M.; ERICKSON, P. S.; CHESTER-JONES, H.; ANDERSON, J. L. Symposium review: Colostrum management and calf nutrition for profitable and sustainable dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 5694–5699, 2020. doi.org/10.3168/jds.2019-17408.

JENNESS, R. Inter-species comparison of milk proteins. Pages 87114 in **Developments in Dairy Chemistry-1**. Proteins. P. F. Fox, ed. Applied Science Publishers, 1982.

JOHNSEN, J. F.; SØRBY, J.; MEJDELL, C. M.; SOGSTAD, A. M.; NØDTVEDT, A.; HOLMØY, I. H. Indirect quantification of IgG using a digital refractometer, and factors associated with colostrum quality in Norwegian Red Cattle. **Acta Veterinaria Scandinavica Journal**, v. 61, p. 494-499, 2019. doi.org/10.1186/s13028-019-0494-9.

KLEIN, J. **Immunology: the Science of Self-nonsel Self Discrimination**. Wiley: New York, p. 342, 1982.

KRITZINGER, F. PH.D. **Die Qualitätseinstufung von Kolostrum mit Einem Einfachen Präzisionstrichter**. Thesis. Ludwig-Maximilians-Universität München; München, Germany: 2017.

KRUZEL, M. L. Rola laktoferyny w rozwoju ostrych stanów zapalnych. **Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej**, v. 57, p. 377–404, 2003. [bwmeta1.element.agro-article-a0ab0986-63c1-4d63-9891-a2c3215d07d2](https://doi.org/10.1590/bwmeta1.element.agro-article-a0ab0986-63c1-4d63-9891-a2c3215d07d2).

LACY-HULBERT, S. J., WOOLFORD, M. W.; NICHOLAS, G.; PROSSER, C. G.; STELWAGEN, K. Effect of milking frequency and pasture intake on milk yield and composition of late lactation cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 1232–1239, 1999. [doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75346-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75346-4).

LAGO, A.; SOCHA, M.; GEIGER, A.; COOK, D.; SILVA-DEL-RÍO, N.; BLANC, C.; QUESNELL, R.; LEONARDI, C. Efficacy of colostrum replacer versus maternal colostrum on immunological status, health, and growth of preweaned dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 1344–1354, 2018. doi: 10.3168/jds.2017-13032.

LARSON, B. L.; HEARY JR, H. L.; DEVERY, J. E. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. **Journal Dairy Science**, v. 63, p. 665–671, 1980. [doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82988-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82988-2).

LASCELLES, A. K. The immune system of the ruminant mammary gland and its role in the control of mastitis. **Journal Dairy Sciences**, v. 62, p. 154, 1979. doi: 10.3168/jds.s0022-0302(79)83216-6.

LEMBERSKIY-KUZIN, L.; LAVIE, S.; KATZ, G.; MERIN, U.; LEITNER, G. Determination of immunoglobulin levels in colostrum by using an online milk analyzer. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 99, p. 631–633, 2019. [doi.org/10.1139/cjas-2018-0178](https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0178).

LILIUS, E. M.; MARNILA, P. The role of colostral antibodies in prevention of microbial infections. **Current Opinion Infectious Diseases**, v. 14, p. 295–300, 2001. [doi.org/10.1097/00001432-200106000-00008](https://doi.org/10.1097/00001432-200106000-00008).

LOMBARD, J.; URIE, N.; GARRY, F.; GODDEN, S.; QUIGLEY, J.; EARLEYWINE, T.; MCGUIRK, S.; MOORE, D.; BRANAN, M.; CHAMORRO, M.; SMITH, G.; SHIVLEY, C.; CATHERMAN, D.; HAINES, D.; HEINRICHS, A. J.; JAMES, R.; MAAS, J.; STERNER, K. Consensus recommendations on calf-and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. **Journal Dairy Sciences**, v. 103, p. 7611–7624, 2020. [doi.org/10.3168/jds.2019-17955](https://doi.org/10.3168/jds.2019-17955).

LOPEZ, A. J.; HEINRICHS, A. J. Invited review: the importance of colostrum in the newborn dairy calf. **Journal of Dairy Science**, v. 4, p. 2733–2749, 2022. [doi.org/10.3168/jds.2020-20114](https://doi.org/10.3168/jds.2020-20114).

MANN, S.; LEAL YEPES, F. A.; OVERTON, T. R.; LOCK, A. L.; LAMB, S. V.; WAKSHLAG, J. J.; NYDAM, D. V. Effect of dry period dietary energy level in dairy cattle on volume, concentrations of immunoglobulin G, insulin, and fatty acid composition of colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 515–526, 2016. [doi.org/10.3168/jds.2015-9926](https://doi.org/10.3168/jds.2015-9926).

MAUNSELL, F. P.; MORIN, D. E.; CONSTABLE, P. D.; HURLEY, W.L.; McCOY, G.C.; KAKOMA, I.; ISAACSON, R. E. Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 1291–1299, 1998.

MAUNSELL, F. Cow factors that influence colostrum quality. **WCDS Advances in Dairy Technology**, v. 26, p. 113-121, 2014. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75691-7

MOORE, M.; TYLER, J. W.; CHIGERWE, M.; DAWES, M. E.; MIDDLETON, J. R. Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 226, p. 1375-1377, 2005. doi: 10.2460/javma.2005.226.1375.

MORIN, D. E.; NELSON, S. V.; REID, E. D.; NAGY, D. W.; DAHL, G. E.; CONSTABLE, P. D. Effect of colostrum volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostrum IgG concentrations in dairy cows. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 237, p. 420–428, 2010. doi.org/10.2460/javma.237.4.420.

MORIN, M. P.; DUBUC, J.; FREYCON, P.; BUCZINSKI, S. A calf level study on colostrum management practices associated with adequate transfer of passive immunity in Québec dairy herds. **Journal Dairy Science**, v. 104, p. 4904–4913, 2021a. doi.org/10.3168/jds.2020-19475.

MORIN, M. P.; DUBUC, J.; FREYCON, P.; BUCZINSKI, S. A herd level study on colostrum management factors associated with the prevalence of adequate transfer of passive immunity in Québec dairy herds. **Journal Dairy Science**, v. 104, p. 4914–4922, 2021b. doi.org/10.3168/jds.2020-19476.

MORRILL, K. M.; CONRAD, E.; LAGO, A.; CAMPBELL, J.; QUIGLEY, J.; TYLER, H. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 3997–4005, 2012. doi.org/10.3168/jds.2011-5174.

MUGNIER, A.; PECCEU, K.; SCHELCHER, F.; CORBIERE, F. A parallel evaluation of 5 indirect cost-effective methods for assessing failure of passive immunity transfer in neonatal calves. **JDS Communications**, v. 1, p. 10-14, 2020. doi.org/10.3168/jdsc.2019-17931.

PARRISH, D. B., WISE, G. H.; HUGHES, J. S.; ATKESON, F. W. Properties of the colostrum of the dairy cow. II. Effect of prepartal rations upon the nitrogenous constituents. **Journal of Dairy Science**, v. 31, p. 889–895, 1948. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(48)92273-5.

PYO, J.; PLETTS, S.; ROMAO, J.; INABU, Y.; HE, Z.; HAINES, D.; SUGINO, T.; GUAN L.; STEELE, M. The effects of extended colostrum feeding on gastrointestinal tract growth of the neonatal dairy calf. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 170-171, 2018. doi: 10.1093/jas/sky404.372.

QUIGLEY, J. D.; MARTIN, K. R.; DOWLEN, H. H. Concentrations of trypsin inhibitor and immunoglobulins in colostrum of Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v.78, p. 1573–1577, 1995. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76780-7.

QUIGLEY, J. **Colostrum quality and retained placenta**. Calf notes #126, 2007.

QUIGLEY, J.D.; LAGO, A.; CHAPMAN, C.; ERICKSON, P.; POLO, J. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine



colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1148-1155, 2013. doi: 10.3168/jds.2012-5823.

RĂDUCAN, G. G.; ACATINCĂI, S.; TOMA CZISZTER, L.; TRIPON, I.; ERINA, S. The dynamics of immunoglobulin IgG, IgA and IgM type concentration in milk colostrum. **Lucr Stiint Zooteh Biotehnol**, v. 46, p. 309, 2013.

RENAUD, D. L.; DUFFIELD, T. F.; LEBLANC, S. J.; HALEY, D. B.; KELTON, D. F. Clinical and metabolic indicators associated with early mortality at a milk-fed veal facility: a prospective case control study. **Journal Dairy Science**, v. 101, p. 2669–2678, 2018. doi.org/10.3168/ jds.2017-14042.

SÁNCHEZ, L.; ARANDA, P.; PEREZ, M. D.; CALVO, M. Concentrations of lactoferrin and transferrin throughout lactation in cow's colostrum and milk. **Biological Chemistry Hoppe-Seyler**, v. 369, p. 1005–1008, 1988. doi.org/10.1515/bchm3.1988.369.2.1005.

SANDHOLM, M.; HONKANEN-BUZALSKI, T. Colostral trypsin-inhibitor capacity in different species. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 20, p. 469–476, 1979. doi.org/10.1186/BF03546574.

STELWAGEN, K.; CARPENTER, E.; HAIGH, B.; HODGKINSON, A.; WHEELER, T. T. Immune components of bovine colostrum and milk. **Journal of Animal Science**, v. 87, S13, p. 3–9, 2009. doi.org/10.2527/jas.2008 -1377.

STOTT, G. H.; W. A. FLEENOR, W. A.; KLEESE, W. C. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking postpartum and five additional milkings. **Journal Dairy Science**, v. 64, p. 459–465, 1981. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82594-5.

STOTT, G. H.; FELLAH, A. Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. **Journal Dairy Science**, v. 66, p. 1319-1328, 1983. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81941-9.

SUTTER, F.; BORCHARDT, S.; SCHUENEMANN, G. M.; RAUCH, E.; ERHARD, M.; HEUWIESER, W. Evaluation of 2 different treatment procedures after calving to improve harvesting of high-quantity and high-quality colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 9370-9381, 2019. doi: 10.3168/jds.2019-16524.

TIZARD, I. R. **Imunologia veterinária: uma introdução**. 6. ed. São Paulo: Roca, P. 532, 2002.

TODD, C. G., MCGEE, M.; TIERNAN, K.; CROSSON, P.; O'RIORDAN, E.; MCCLURE, J.; I. LORENZ, I.; EARLEY, B. An observational study on passive immunity in Irish suckler beef and dairy calves: Tests for failure of passive transfer of immunity and associations with health and performance. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 159, p. 182–195, 2018. doi:10.1016/j.prevetmed.2018.07.014.

TSIOULPAS, A.; GRANDISON, A. S.; LEWIS, M. J. Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 5012–5017, 2007. doi.org/10.3168/jds.2007-0192.

VAN DER STRATE, B. W. A.; BELJAARS, L.; MOLEMA, G.; HARMSSEN, M.C.; MEIJER, D.K.F. Antiviral activities of lactoferrin **Antiviral Research**, v. 52, p. 225–239, 2001. doi: 10.1016/s0166-3542(01)00195-4.

WASOWSKA, E.; PUPPEL, K. Changes in the content of immunostimulating components of colostrum obtained from dairy cows at different levels of production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 5062–5068, 2018. doi: 10.1002/jsfa.9043.

WEAVER, D. M.; TYLER, J. W.; VANMETRE, D. C.; HOSTETLER, D. E.; BARRINGTON, G. M. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 14, p. 569-577, 2008. doi.org/10.1111/j.1939-1676.2000.tb02278.x.

YANG, M.; ZOU, Y.; WU, Z. H.; LI, S. L.; CAO, Z. J. Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 7153-7163, 2015. doi.org/10.3168/jds.2014-9238.

ZOBEL, G.; RODRIGUEZ-SANCHEZ, R.; HEA, S. Y.; WEATHERALL, A.; SARGENT, R. Validation of Brix refractometers and a hydrometer for measuring the quality of caprine colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 9277-9289, 2020. doi.org/10.3168/jds.2020-18165.

### 3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E CONCORDÂNCIA DAS ESTIMATIVAS DE IMUNOGLOBULINAS DO COLOSTRO BOVINO POR MÉTODOS INDIRETOS

#### RESUMO

Para assegurar a saúde e o bom desenvolvimento do sistema imunológico de bovinos neonatos, os quais nascem desprovidos de anticorpos, faz-se necessária a administração precoce e efetiva de colostro de alta qualidade. Dessa forma, nas fazendas leiteiras, comumente são utilizados equipamentos de fácil manuseio e baixo custo para aferir de forma indireta a qualidade imunológica do colostro antes que o mesmo seja ofertado aos bezerros. Diante da necessidade de se conhecer a associação e a concordância entre as mensurações realizadas nos equipamentos, objetivou-se no presente estudo avaliar a correlação das mensurações obtidas nos equipamentos colostrômetro, refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico, bem como o coeficiente de concordância entre os métodos. As amostras de colostro foram coletadas de duas fazendas (n1=31 e n2=193), sendo a primeira composta por fêmeas da 2ª a 9ª ordem de lactação, das quais, 15 eram da raça Holandesa, 5 da raça Jersey e 11 do cruzamento Holandês x Jersey (sendo 5 animais 15/16 Jersey e 6 animais 7/8 Jersey), e a segunda fazenda, fêmeas da 1ª a 7ª ordem de lactação, todas da raça holandesa. Para análise de correlação, utilizou-se o método produto-momento de Pearson, seguida de teste t-Student e a comparação dos valores obtidos com coeficientes de correlação específicos (50, 70, 90 e 99%) foram conduzidas utilizando-se o teste Z-modificado. A análise de concordância entre os métodos foi realizada pelo coeficiente Kappa de Cohen. Todas as análises estatísticas foram conduzidas no nível 5% de significância. A correlação entre os equipamentos foi positiva, variando de forte a muito forte nas fazendas 1 e 2, respectivamente: entre os refratômetros Brix digital e óptico ( $r^2 = 0,984$  e  $r^2 = 0,967$ ;  $p < 0,05$ ), entre o colostrômetro e refratômetro Brix digital ( $r^2 = 0,810$  e  $r^2 = 0,829$ ;  $p < 0,05$ ) e entre o colostrômetro e refratômetro Brix óptico ( $r^2 = 0,829$  e  $r^2 = 0,842$ ;  $p < 0,05$ ). Os resultados indicam que as leituras entre os equipamentos de avaliação indireta estão fortemente e positivamente correlacionadas, ou seja, maiores valores de leitura provenientes de um dos equipamentos também são esperados dos demais, bem como menores valores obtidos em um dos equipamentos de avaliação indireta, também ocorrerão nos demais. A magnitude da associação não diferiu entre fazendas, mas diferiu entre equipamentos, sendo maior a correlação comum ( $r^2 = 0,970$ ;  $p < 0,05$ ) entre os refratômetros Brix digital e óptico e menores valores de correlação entre esses equipamentos com o colostrômetro ( $r^2 = 0,826$  para refratômetro Brix digital e colostrômetro  $p < 0,05$ ;  $r^2 = 0,840$ ; para refratômetro Brix óptico e colostrômetro  $p < 0,05$ ). Esses resultados podem ser justificados pela maior variabilidade nas mensurações obtidas no colostrômetro (CV = 28,91% e CV = 23,22%, respectivamente nas fazendas 1 e 2) em relação aos refratômetros Brix digital (CV = 15,80% na fazenda 1 e CV = 14,38% na fazenda 2) e óptico (CV = 13,62% e CV = 12,12%, nas fazendas 1 e 2, respectivamente). Apesar de forte correlação entre os equipamentos, a concordância entre esses foi divergente. A maioria das amostras (superior a 95%) foi classificada como colostro de boa qualidade, enquanto 9,8 e 12% foram classificadas como de baixa qualidade pelo refratômetro Brix óptico e digital, respectivamente, e 4% pelo colostrômetro. Esses

resultados podem indicar maior fragilidade de se detectar valores inferiores a 50 mg/ml no colostrômetro.

**Palavras-chave:** bezerros leiteiros, colostragem, colostrômetro, refratômetro Brix, qualidade imunológica.

## ABSTRACT

To ensure the health and development of the bovine immune system, early and effective administration of high quality colostrum is necessary. Therefore, in dairy farms, easy-to-handle and low-cost equipment is commonly used to measure the immunological quality of colostrum. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the strength and direction of the existing association between the measurements obtained by different equipment: colostrometer, digital Brix refractometer and optical Brix refractometer, in fresh colostrum samples. Colostrum samples were collected from two farms ( $n_1=31$  and  $n_2=193$ ), the first consisting of females from the 2<sup>nd</sup> to the 9<sup>th</sup> order of lactation, of which 15 were of the Holstein breed, 5 of the Jersey breed and 11 of the cross Holstein x Jersey (being 5 animals 15/16 Jersey and 6 animals 7/8 Jersey), and the second farm, for Holstein heifers and cows, from the 1<sup>st</sup> to the 7<sup>th</sup> order of lactation. The immunoglobulin G content was indirectly determined by a colostrometer and Brix refractometers (digital and optical). After graphical verification of the linear relationship between the observations for each pair of equipment, and compliance with the assumptions of normality, the data were analyzed using Pearson's correlation. The significance of the correlations between the methods was evaluated using the t-Student test and additionally, the obtained correlations were found to differ statistically from the correlation coefficients with specific values of 50, 70, 90 and 99% using the modified Z test. The result showed a correlation of 98.4% between the refractometers on farm 1, which was higher ( $p < 0.05$ ) than 50, 70 and 90% and statistically equal to 99% correlation, showing a perfect positive linear association between the digital and optical Brix refractometers. On the second farm, it indicated a correlation of 96.7% between the refractometers, which was greater ( $p < 0.05$ ) at 50, 70 and 90% and less than 99% of correlation. Therefore, it is concluded that the evaluation of the immunological quality of colostrum by any of the three indirect evaluation methods will be subject to the same variations.

**Keywords:** colostrum, dairy cows, equipment, immunological quality.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Os bovinos têm placenta do tipo sinepiteliocorial, a qual é composta por seis camadas, sendo três delas correspondentes ao tecido materno e as outras três ao tecido fetal, impedindo a transferência de imunoglobulinas (Ig) de forma direta da vaca para o feto (BLUM & BAUMRUCKER, 2008; PETER, 2013). Em decorrência disso, os neonatos nascem desprovidos de Ig, tornando-os, portanto, completamente dependentes da ingestão de Ig advinda do colostro materno o qual logo ocorra o parto (GODDEN et al., 2019).

Com os níveis de Ig existentes no colostro estão diretamente relacionados à sua qualidade imunológica (QUIGLEY, 2007), a avaliação da qualidade imunológica do colostro se baseia na estimativa das concentrações de IgG e assim, na classificação quanto à adequação do colostro para estimular o estabelecimento e o desenvolvimento do sistema imune dos neonatos. Entre os métodos empregados para a avaliação da qualidade imunológica do colostro estão os métodos diretos, como os testes laboratoriais Ensaio de Imunoabsorção Enzimática (ELISA) e Imunodifusão Radial (RID), e os métodos indiretos, como colostrômetro e os refratômetros Brix (digital e óptico). Esses métodos diferem quanto aos custos, as técnicas e aos procedimentos adotados, bem como o tempo para obtenção dos resultados e as habilidades necessárias para a avaliação desses. Em conjunto, esses fatores, podem justificar os diversos resultados inconclusivos e/ou conflitantes descritos na literatura no que se refere à comparação entre os métodos (BARTIER et al., 2015; GELSINGER et al., 2015; DUNN et al., 2018; ZOBEL et al., 2020).

Em relação aos métodos diretos, o RID é considerado o teste padrão-ouro, o qual apresenta correlações moderadas a fortes com as técnicas indiretas (BIELMANN et al., 2010; ELSOHABY et al., 2017; ZOBEL et al., 2020).

Comparativamente aos métodos diretos, os métodos indiretos são executados por meio de equipamentos, de maior facilidade de manuseio e leitura dos resultados, maior rapidez e menor custo, tornando-os amplamente utilizados na rotina das fazendas leiteiras. Entretanto, até o presente momento não foi reportado na literatura a associação existente entre as estimativas do conteúdo de imunoglobulinas obtidas por colostrômetro e refratômetros Brix e qual a concordância entre eles quanto à classificação da qualidade imunológica do colostro. Adicionalmente, não se conhece

se as correlações entre os métodos indiretos diferem entre fazendas, cuja raça, ordem de lactação e manejo alimentar, podem ser bastante diferentes, refletindo as diferenças tecnológicas entre os sistemas de produção leiteira.

Portanto, no presente estudo, objetivou-se quantificar a magnitude e a direção da associação entre as mensurações obtidas pelos equipamentos de avaliação indireta da qualidade do colostro (colostrômetro, refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico), bem como a concordância nas respostas entre os métodos, e se esses resultados diferem entre fazendas de diferentes níveis tecnológicos.

### **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

#### *Local*

O estudo foi realizado em duas fazendas. A propriedade 1 é a fazenda Palmeiras, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), situada no município de Americana, São Paulo (22°45'09.0"S 47°16'51.9"W). De acordo com a classificação Köppen o clima na região é tropical, com inverno seco, sendo a pluviosidade média anual de 1.478 mm e a temperatura média de 21,7 °C. A fazenda 2 é a Melkstad, situada no município de Carambeí, Paraná (24°47'03.0"S 50°12'31.1"W). A fazenda ocupa a 2ª posição no ranking brasileiro de produção de leite, resultantes da intensificação da produção e o nível tecnológico da propriedade. De acordo com a classificação Köppen, o clima na região é temperado, com verões brandos, precipitação pouco superior a 1.400 mm e com chuvas bem distribuídas durante o ano. A temperatura média anual é de aproximadamente 17 °C e média anual de pluviosidade de 1.547 mm.

A pesquisa foi conduzida de acordo com as normas éticas e aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (nº 1.223/2022).

#### *Animais*

Na fazenda 1 foram coletadas 31 amostras de colostro de vacas multíparas, recém-paridas, 2ª a 9ª ordem de lactação, das raças Holandesa (n=15), Jersey (n=5) e mestiças Holandês x Jersey (n= 11, sendo 5 animais 15/16 Jersey e 6 animais 7/8 Jersey), no período de julho a setembro de 2021, para análise da qualidade

imunológica do colostro. Nessa fazenda, 30 dias antes do parto, as vacas secas eram transferidas para o lote pré-parto no qual permaneciam até o terço final de gestação. Os animais recebiam diariamente uma dieta total constituída por 40% de concentrado à base milho, farelo de soja e minerais e 60% de silagem de sorgo, com livre acesso a bebedouro, cocho e área sombreada com tela sombrite.

Na fazenda 2, foram coletadas 193 amostras de colostro de novilhas e vacas múltiparas recém-paridas, as quais eram exclusivamente da raça Holandesa, da 1ª a 7ª ordem de lactação, no período de maio a junho de 2022. Esses animais foram alojados em galpões de confinamento do tipo *Free Stall*, que contam com bebedouro, linha de trato, corredores de acesso, baias de parição, aspersores e camas individuais para acomodar os animais que estavam no terço final de gestação, sendo que vacas e novilhas ficavam separadas em lotes diferentes. A alimentação era composta por 60% de dieta volumosa com silagem de milho e palha e 40% de concentrado à base de milho, farelo de soja, farelo de trigo, caroço de algodão e de núcleo mineral e vitamínico. Quando próximo ao trabalho de parto, as vacas dessa fazenda eram acompanhadas e monitoradas até a parição.

### *Coletas*

Em ambas as fazendas, realizou-se o manejo de separação das vacas e bezerras, para ordenha de colostro, a qual ocorreu até duas horas após o parto. Durante a ordenha do colostro, realizou-se a higienização dos tetos com solução pré-*dipping* à base de clorexidina. Em seguida, os três primeiros jatos de cada teto foram ordenhados para remover o tampão de queratina e para a execução do teste da caneca de fundo escuro, auxiliando na detecção de vacas com mastite. Depois, procedeu-se à desinfecção dos tetos novamente utilizando o pré-*dipping*, e a secagem de cada teto com papel toalha.

O colostro foi ordenhado na sua totalidade por meio de ordenha mecanizada e foram avaliadas as seguintes características visuais no colostro: presença ou não de sangue e/ou grumos. Em caso de alterações, o colostro não foi utilizado no experimento, sendo descartado. Posteriormente, todo o colostro foi homogeneizado e com auxílio de uma concha previamente higienizada, foi coletada uma amostra de 500 mL para as análises nos equipamentos.

### *Equipamentos para avaliação da qualidade imunológica do colostro*



Todas as amostras ( $n=224$ , sendo  $n_1=31$  e  $n_2=193$ ) foram divididas em alíquotas idênticas em duplicata e submetidas aos métodos indiretos de avaliação. Para análise no colostrômetro, foram utilizados 500 mL de colostro. Durante a avaliação, seguiu-se as instruções do fabricante (Colostrometer™) que incluíam garantir que todas as amostras estivessem à temperatura de 21 °C. Na fazenda 1, nos casos em que se verificou amostras à temperatura mais elevada, procedeu-se ao resfriamento natural da mesma, deixando em repouso em recipiente de plástico, enquanto na fazenda 2, as amostras com temperatura mais elevadas foram acondicionadas em freezer à temperatura de -20 °C para resfriamento acelerado. Após verificado a temperatura de 21 °C com auxílio do termômetro digital universal para líquidos, a amostra de cada replicata foi homogeneizada, e realizada a leitura da gravidade específica na escala numérica do aparelho.

Para avaliar as amostras de colostro no refratômetro Brix digital, com escala de 0 a 85%, o mesmo foi calibrado com 2 gotas de água destilada e seco com papel macio. Em seguida, colocou-se uma amostra do colostro já homogeneizado, para a leitura do resultado dos teores de sólidos solúveis totais, conforme as instruções fornecidas pelo fabricante (refratômetro digital Palm Abbe, modelo # PA202x; Misco, Solon, OH). Esse procedimento foi realizado nas amostras de ambas as fazendas.

Para condução das análises no refratômetro Brix óptico, com escala de 0 a 32%, este foi calibrado seguindo o mesmo procedimento descrito para o refratômetro Brix digital. Logo após, foi colocada uma amostra do colostro homogeneizado no prisma do aparelho, que foi posicionado perpendicularmente à luz, para leitura do resultado dos teores de sólidos solúveis totais, conforme as instruções fornecidas pelo fabricante (refratômetro óptico portátil Bel Engineering, modelo Brix modelo RZT; China).

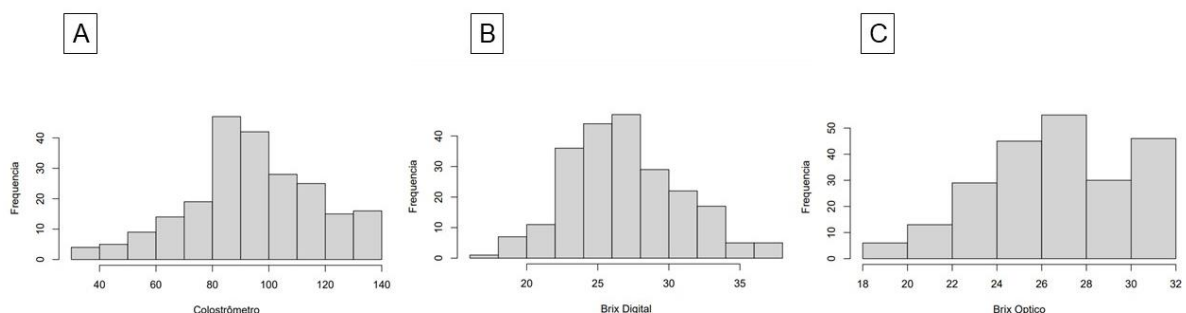
A partir das estimativas obtidas, cada amostra foi classificada, como de alta ou baixa qualidade imunológica. Amostras cuja leitura no colostrômetro foram iguais ou superiores à 50 mg/mL, foram classificadas como de alta qualidade e aquelas menores que 50 mg/mL, como de baixa qualidade imunológica. Nos refratômetros Brix digital e óptico, considerou-se amostras de alta qualidade aquelas cujos valores foram iguais ou superiores a 23% grau Brix, de acordo com o ponto de corte recomendado por Chigerwe et al. (2008); Bartier et al. (2015); Elsohaby et al. (2017) e Godden et al. (2019), e de baixa qualidade quando os valores foram menores que 23%.

### Análise Estatística

O cálculo do coeficiente de correlação produto-momento de Pearson e as comparações entre os coeficientes foram conduzidos utilizando-se, respectivamente, a função “*cor.test*” e o pacote “*cocor*” (DIEDENHOFEN & MUSCH, 2015) no software R (versão 4.2.2). A análise de concordância foi realizada pelo cálculo do coeficiente Kappa de Cohen utilizando-se o pacote “*psych*” (REVELLE, 2022). As comparações dos coeficientes de correlação das amostras com valores de correlação específicos (50, 70, 90 e 99%) foram realizadas pela transformação da estatística Z de Fisher no PROC CORR do SAS®. Todas as análises foram conduzidas no nível de 5% de significância.

### 3.3 RESULTADOS

A Figura 1 mostra o histograma das concentrações de IgG estimadas de forma indireta pelos equipamentos colostrômetro, refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico nas 224 amostras. Por meio dos histogramas, observa-se que a maior frequência das observações está concentrada entre 80 a 100 mg/mL de IgG no colostrômetro e que, para os refratômetros Brix (digital e óptico), a maior frequência é observada para valores entre 20 e 30%.



**Figura 1.** Gráfico de distribuição das concentrações de IgG nas 224 amostras de colostro bovino de ambas fazendas leiteiras (n1=31 e n2=193), avaliadas por meio do colostrômetro (A), refratômetro Brix digital (B) e refratômetro Brix óptico (C).

A estatística descritiva das estimativas de concentração de imunoglobulinas obtidas nas amostras de colostro coletadas em ambas as fazendas está apresentada na Tabela 3. Observa-se que, em ambas as fazendas, os valores médios foram semelhantes entre fazendas, embora para os refratômetros Brix digital e óptico, esses valores foram mais próximos (27,24% na fazenda 1 e 26,94% na

fazenda 2 para refratômetro Brix digital e 26,93% na fazenda 1 e 27,04% na fazenda 2 para refratômetro Brix óptico). Os valores médios também foram próximos às medianas. Adicionalmente, observa-se que os valores de máximo e mínimo entre fazendas para cada equipamento foram bastante similares entre si. Quanto à variabilidade das medidas, observa-se maior variação para as medidas obtidas no colostrômetro (CV = 28,91% na fazenda 1 e 23,22% na fazenda 2), seguida do refratômetro Brix digital (CV = 15,80% na fazenda 1 e 14,38% na fazenda 2) e menor variação para o refratômetro Brix óptico (CV = 13,62% na fazenda 1 e 12,12% na fazenda 2). A variabilidade do colostrômetro ainda é maior que os demais equipamentos quando comparado aos demais equipamentos dentro de cada fazenda analisada.

**Tabela 3.** Estatística descritiva dos dados do colostro usados nas análises.

Estatística Descritiva	Fazenda 1 (n=31)			Fazenda 2 (n=193)		
	Colost <sup>3</sup> . (IgG mg/mL)	Refr <sup>4</sup> . Brix Dig <sup>5</sup> .(%)	Ref <sup>4</sup> . Brix Ópt <sup>6</sup> .(%)	Colost <sup>3</sup> . (IgG mg/mL)	Refr <sup>4</sup> . Brix Dig <sup>5</sup> .(%)	Refr <sup>4</sup> . Brix Ópt <sup>6</sup> .(%)
Média	86,77	27,24	26,93	98,86	26,94	27,04
SD <sup>1</sup>	25,09	4,30	3,67	22,96	3,87	3,28
CV <sup>2</sup> (%)	28,91	15,80	13,62	23,22	14,38	12,12
Mediana	85,00	27,00	27,00	100,00	26,50	27,00
Máximo	140,00	35,60	32,00	140,00	37,60	32,00
Mínimo	30,00	18,80	19,00	35,00	17,30	18,00

<sup>1</sup> SD = desvio padrão

<sup>2</sup> CV = coeficiente de variação

<sup>3</sup> Colost. = colostrômetro

<sup>4</sup> Refr. = refratômetro

<sup>5</sup> Dig. = digital

<sup>6</sup> Ópt. = óptico

As correlações (r) obtidas entre mensurações nos refratômetros Brix digital e óptico para as amostras da fazenda 1 foram de alta magnitude, positiva e estatisticamente significativa (r = 0,984; p < 0,001). A qualidade imunológica do colostro avaliada pela concentração de IgG pelo colostrômetro, também apresentou correlação positiva e estatisticamente significativa (p < 0,001) com aquelas obtidas pelos refratômetros Brix digital (r = 0,810) e óptico (r = 0,829), embora de menor magnitude que a correlação anterior (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores das correlações entre os equipamentos utilizados para avaliação da qualidade imunológica colostrálica na fazenda 1 (n = 31).

<b>Equipamento</b>	<b>Correlação</b>	<b>IC<sup>2</sup> 95%</b>	<b>p-valor</b>
Colostrômetro x Refr <sup>1</sup> . Brix Digital	0,810	0,639 – 0,905	p<0,001
Colostrômetro x Refr <sup>1</sup> . Brix Óptico	0,829	0,671 – 0,914	p<0,001
Refr <sup>1</sup> . Brix Digital x Refr <sup>1</sup> . Brix Óptico	0,984	0,966 – 0,992	p<0,001

<sup>1</sup> Refratômetro

<sup>2</sup> Intervalo de Confiança da Média

De forma similar à fazenda 1, na fazenda 2, a correlação entre os equipamentos refratômetro Brix digital e óptico também foi alta, positiva e estatisticamente significativa ( $r=0,967$ ,  $p<0,001$ ). Observou-se que concentração de IgG pelo colostrômetro, também evidenciou correlação positiva e estatisticamente significativa ( $p<0,001$ ) com aquelas obtidas pelos refratômetros Brix digital ( $r=0,829$ ) e óptico ( $r=0,842$ ), embora de menor magnitude que a correlação anterior (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores das correlações entre os equipamentos utilizados para avaliação da qualidade imunológica colostrálica na fazenda 2 (n = 193).

<b>Equipamento</b>	<b>Correlação</b>	<b>IC<sup>2</sup> 95%</b>	<b>p-valor</b>
Colostrômetro x Refr <sup>1</sup> . Brix Digital	0,829	0,779 – 0,869	p<0,001
Colostrômetro x Refr <sup>1</sup> . Brix Óptico	0,842	0,796 – 0,879	p<0,001
Refr <sup>1</sup> . Brix Digital x Refr <sup>1</sup> . Brix Óptico	0,967	0,957 – 0,975	p<0,001

<sup>1</sup> Refratômetro

<sup>2</sup> Intervalo de Confiança da Média

Quando efetuado a comparação dos coeficientes de correlação na fazenda 1, com valores de correlação específicos, observou-se que a correlação de 98,4% entre os refratômetros Brix digital e óptico, foi superior ( $p<0,05$ ) à 50, 70 e 90% e estatisticamente igual à 99% de correlação, evidenciando uma perfeita associação linear positiva entre os refratômetros Brix digital e óptico. O coeficiente de correlação obtido entre as leituras do colostrômetro e refratômetro Brix digital ( $r=0,810$ ) foi estatisticamente maior que a 50% ( $p<0,05$ ), estatisticamente semelhante aos coeficientes de correlação de 70 e 90 ( $p>0,05$ ), e inferior a 99% ( $p<0,05$ ), evidenciando que algumas condições externas podem influenciar na leitura do equipamento, como é o caso do teor de gordura e a temperatura do colostro. A correlação entre colostrômetro e refratômetro Brix óptico ( $r=0,829$ ) foi estatisticamente superior à 50% ( $p<0,05$ ), similar aos coeficientes de 70 e 90% de

correlação ( $p < 0,05$ ), mas foi inferior ( $p < 0,05$ ) a 0,99. Os coeficientes de correlação testados no nível de 5% de significância estatística podem ser observados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Avaliação da extensão dos coeficientes de correlação de Pearson par a par ( $\rho$ ) entre os pares de equipamentos na fazenda 1.

Equipamentos	Coef de Corr (rho) <sup>4</sup>	p-valor			
		rho (sob H0 = 0,50) <sup>5</sup>	rho (sob H0 = 0,70) <sup>5</sup>	rho (sob H0 = 0,90) <sup>5</sup>	rho (sob H0 = 0,99) <sup>5</sup>
Dig <sup>1</sup> x Ópt <sup>2</sup>	0,984	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p = 0,179$
Colos <sup>3</sup> x Dig <sup>1</sup>	0,810	$p < 0,001$	$p = 0,107$	$p = 0,108$	$p < 0,001$
Colos <sup>3</sup> x Ópt <sup>2</sup>	0,829	$p < 0,003$	$p = 0,188$	$p = 0,057$	$p < 0,001$

<sup>1</sup> Dig = Digital

<sup>2</sup> Ópt = Óptico

<sup>3</sup> Colos = Colostrômetro

<sup>4</sup> rho = Coeficiente de Correlação de Pearson;

<sup>5</sup> H0 = Hipótese de Nulidade

A comparação dos coeficientes de correlação entre os equipamentos na fazenda 2, apontou que todas as correlações foram estatisticamente diferentes dos coeficientes de valores específicos avaliados ( $p < 0,05$ ). O resultado indicou correlação de 96,7% entre os refratômetros, que foi superior ( $p < 0,05$ ) a 50, 70 e 90% e inferior a 99% de correlação. No entanto, os coeficientes entre colostrômetro e os refratômetros ( $r = 0,829$  e  $r = 0,842$ ) foram estatisticamente maiores que a correlação de 50 e 70 ( $p < 0,05$ ) e inferiores a 90 e 99% de correlação ( $p < 0,05$ ). Estes resultados podem ser verificados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Avaliação da extensão dos coeficientes de correlação de Pearson par a par ( $\rho$ ) entre os pares de equipamentos na fazenda 2.

Equipamentos	Coef de Corr (rho) <sup>4</sup>	p-valor			
		rho (sob H0 = 0,50) <sup>5</sup>	rho (sob H0 = 0,70) <sup>5</sup>	rho (sob H0 = 0,90) <sup>5</sup>	rho (sob H0 = 0,99) <sup>5</sup>
Dig <sup>1</sup> x Ópt <sup>2</sup>	0,967	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Colos <sup>3</sup> x Dig <sup>1</sup>	0,829	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Colos <sup>3</sup> x Ópt <sup>2</sup>	0,842	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001

<sup>1</sup> Dig = Digital

<sup>2</sup> Ópt = Óptico

<sup>3</sup> Colos = Colostrômetro

<sup>4</sup> rho = Coeficiente de Correlação de Pearson;

<sup>5</sup> HO = Hipótese de Nulidade

As diferenças entre os coeficientes de correlação para os pares de equipamentos foram consideradas estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ) entre fazendas. Dessa forma procedeu-se a análise para o cálculo de coeficiente de correlação comum. A correlação comum entre os equipamentos refratômetro Brix digital e óptico foi superior ( $r = 0,970$ ) à correlação entre colostrômetro e refratômetro Brix óptico ( $r = 0,840$ ), o qual foi maior que à correlação entre colostrômetro e refratômetro Brix digital ( $r = 0,826$ ).

Com base na classificação das amostras quanto à qualidade imunológica (alta ou baixa), avaliou-se a concordância da classificação entre os equipamentos. Os resultados das Tabelas 8, 9 e 10 demonstram pequena discordância entre os refratômetros Brix digital e óptico (4,02%), comparativamente ao refratômetro Brix digital e colostrômetro (9,4%) e ao refratômetro Brix óptico e colostrômetro (12,5%). Esses resultados evidenciam menores consistências entre as mensurações obtidas pelos refratômetros Brix Digital e o colostrômetro, o que foi corroborado pela análise do coeficiente de concordância Kappa, em que fracas concordâncias foram obtidas entre mensurações do colostrômetro com os refratômetros Brix digital e óptico (0,22 e 0,28, respectivamente) (Tabela 11). A análise de concordância entre os equipamentos quando avaliados dentro de fazendas também apontou o mesmo

comportamento (Tabelas 12 e 13), sendo maior inconsistência observada na fazenda 1.

**Tabela 8.** Classificação da qualidade imunológica do colostro obtidas no refratômetro Brix óptico *versus* digital (n=224).

Refratômetro Brix Óptico	Refratômetro Brix Digital		Total
	Alta	Baixa	
Alta	194	8	202
Baixa	1	21	22
Total	195	29	224

**Tabela 9.** Classificação da qualidade imunológica do colostro obtidas no refratômetro Brix digital *versus* colostrômetro (n=224).

Refratômetro Brix Digital	Colostrômetro		Total
	Alta	Baixa	
Alta	191	4	195
Baixa	24	5	29
Total	215	9	224

**Tabela 10.** Classificação da qualidade imunológica do colostro obtidas no refratômetro Brix óptico *versus* colostrômetro (n=224).

Refratômetro Brix Óptico	Colostrômetro		Total
	Alta	Baixa	
Alta	198	4	202
Baixa	17	5	22
Total	215	9	224

**Tabela 11.** Coeficientes de concordância e intervalos de confiança dos pares de equipamentos (n = 224).

Equipamentos	Refr <sup>1</sup> . Brix Digital	Refr <sup>1</sup> . Brix Óptico
Refr <sup>1</sup> . Brix Óptico	0,80(0,68≤0,80≤0,93)	-
Colostrômetro	0,22(0,03≤0,22≤0,40)	0,28(0,07≤0,28≤0,50)

<sup>1</sup> Refr = Refratômetro

**Tabela 12.** Coeficientes de concordância para pares de equipamentos para fazenda 1 (n = 31).

<b>Equipamentos</b>	<b>Refr<sup>1</sup>. Brix Digital</b>	<b>Refr<sup>1</sup>. Brix Óptico</b>
Refr <sup>1</sup> . Brix Óptico	0,76	-
Colostrômetro	0,05	0,05

<sup>1</sup> Refr = Refratômetro

**Tabela 13.** Coeficientes de concordância para pares de equipamentos para fazenda 2 (n = 193).

<b>Equipamentos</b>	<b>Refr<sup>1</sup>. Brix Digital</b>	<b>Refr<sup>1</sup>. Brix Óptico</b>
Refr <sup>1</sup> . Brix Óptico	0,81	-
Colostrômetro	0,26	0,36

<sup>1</sup> Refr = Refratômetro

### 3.4 DISCUSSÃO

A administração de colostro de adequada qualidade imunológica aos bezerros neonatos, se faz necessária tão logo ocorra o parto, uma vez que esses nascem desprovidos de anticorpos (GODDEN et al., 2019; BLUM & BAUMRUCKER, 2008; PETER, 2013). Dessa forma, métodos indiretos da avaliação imunológica do colostro são comumente utilizados nas fazendas, os quais apresentam correlação moderada a forte com os métodos laboratoriais diretos, como ELISA e RID (significado), os quais permitem avaliar de fato as concentrações de imunoglobulina (JOHNSEN et al., 2019; ZOBEL et al., 2020). Embora diversos trabalhos tenham sido conduzidos avaliando métodos diretos e indiretos, a avaliação da associação entre os métodos indiretos, bem como a concordância entre eles ainda não tem sido explorada.

A concentração média de IgG na fazenda 1 medida pelo colostrômetro, refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico foi de 86,77 IgG mg/mL, 27,24% e 26,93%, respectivamente (Tabela 3).

No presente estudo, encontrou-se superioridade ao ponto de corte, com média de 27,24% Brix no refratômetro digital e 26,93% no refratômetro óptico. Essa variação pode ser devido a predominância de animais da raça Jersey ou do cruzamento Holandês x Jersey. Animais da raça Jersey apresentam maiores teores de gordura, o que pode interferir nos resultados das análises por meio do



refratômetro Brix, visto que este avalia indiretamente os níveis de IgG a partir da estimativa das concentrações de sólidos totais.

A concentração média de IgG na fazenda 2 medida pelo colostrômetro, refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico foi de 98,86 IgG mg/mL, 26,94% e 27,04%, respectivamente (Tabela 3). Estes valores indicam que, em média, as amostras utilizadas possuíam elevada qualidade, de acordo com o ponto de corte de 23%, que é equivalente ao colostro com concentração de Ig maior 50 mg/mL, comumente utilizado recomendado pela literatura (CHIGERWE et al., 2008; BARTIER et al., 2015; ELSOHABY et al., 2017; GODDEN et al., 2019).

Em ambas as propriedades, foi possível constatar, maior variabilidade nas medidas provenientes do colostrômetro, quando comparado com os refratômetros Brix digital e óptico. Sendo que na fazenda 1, o coeficiente de variação foi de 28,91% e na fazenda 2, de 23,22% (Tabela 3). Provavelmente, isso se justifica por causa das condições que influenciam a mensuração pelo equipamento, como a temperatura e o teor de gordura do colostro. No entanto, durante a realização deste experimento, assegurou-se que em todas as análises, a temperatura da amostra seguiu a recomendação do fabricante, de 21 °C. Por outro lado, o teor de gordura do colostro, pode ter interferido na mensuração pelo equipamento.

Diante disso, o fato de a medição ser confiável apenas com a temperatura específica, dificulta o uso do instrumento por colaboradores, em razão do tempo de espera do resfriamento, para que a amostra atinja a condição ideal. E depois disso, será necessário aquecê-lo novamente para ser ofertado ao bezerro.

Esse aparelho, por ser de vidro, é frágil e está susceptível a reposições. A limpeza é fundamental para mensuração correta do resultado da amostra, pois, resíduos podem provocar alterações na gravidade do lactodensímetro, e causar contaminação do colostro. Além disso, a leitura no equipamento é mais difícil, podendo constituir fonte de variação. As escalas evidenciam claramente a classificação qualitativa da amostra, porém a leitura na escala graduada é passível de vários equívocos.

Portanto, o equipamento apresenta várias desvantagens quanto a sua utilização, o que torna sua leitura menos confiável.

Nesta pesquisa, nas fazendas 1 e 2, a correlação entre as concentrações de IgG medidas por colostrômetro e pelo refratômetro Brix digital foram de 0,81 e 0,83, respectivamente (Tabela 4 e 5), enquanto a correlação entre os dados do

colostrômetro e refratômetro Brix óptico foram de 0,83 e 0,84, respectivamente (Tabela 4 e 5). E a correlação entre as concentrações de IgG medidas por refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico foram de 0,98 e 0,96, respectivamente, dessa forma, considerada uma associação quase perfeita (Tabela 4 e 5).

Logo, o presente estudo apresentou resultado similar ao de Zobel et al. (2020) que encontraram uma correlação semelhante entre as medidas realizadas por meio de um refratômetro digital e óptico ( $r = 0,99$ ) ao avaliarem amostras de colostro caprino. Os autores Biemann et al. (2010) e Zobel et al. (2020) detectaram altas correlações entre as concentrações de Ig estabelecidas pelos refratômetros digital e óptico.

Entre todos os equipamentos, e para qualquer uma das fazendas, o colostrômetro apresentou maior variação seguida do intervalo de confiança à 95% das estimativas de concentração de imunoglobulinas. Sendo, portanto, o aparelho mais variável.

Os resultados da comparação dos coeficientes de correlação da fazenda 1, indicam que a correlação entre os refratômetros Brix digital e óptico é estatisticamente semelhante a 99%, ou seja, uma correlação muito forte. Enquanto que as correlações dos refratômetros Brix digital e óptico com o colostrômetro, não são superiores a 70% de correlação, logo, uma correlação menos forte, em razão da variação das leituras do equipamento. Na fazenda 2, a correlação entre os refratômetros foi superior a 50, 70 e 90 e inferior a 99% de correlação. Os coeficientes entre o colostrômetro e os refratômetros foram estatisticamente maiores que a correlação de 50 e 70 e menores que 90 e 99%. Assim, observa-se que as medições realizadas utilizando os refratômetros são mais fortemente associadas do que as avaliações com o colostrômetro. De forma similar ao discutido anteriormente, as dificuldades de leitura e a alta variabilidade das estimativas obtidas com o equipamento podem justificar este resultado.

Como não houve diferença entre os coeficientes de correlação observados para as fazendas ( $p > 0,05$ ), procurou-se obter um coeficiente único, que pudesse representar ambas as propriedades. Desta forma, a partir do resultado encontrado pelo coeficiente de correlação comum entre os equipamentos entre as fazendas, foi possível observar que toda vez que o colostrômetro está sendo comparado com os refratômetros Brix digital ( $r = 0,826$ ) e óptico ( $r = 0,840$ ), o valor da correlação é

menor. Por outro lado, o coeficiente de correlação comum entre os refratômetros Brix digital e óptico foi muito forte ( $r = 0,970$ ). Logo, a aferição da qualidade imunológica do colostro pelos três métodos de avaliação indireta estará sujeita às mesmas variações. Isto é, os maiores ou menores valores observados no colostrômetro também refletirão em maiores ou menos valores nos refratômetros Brix digital e óptico.

Seguindo a escala de Altmann (KWIECIEN et al., 2011), foi permitido classificar a concordância entre os refratômetros Brix digital e óptico como boa (0,8) (Tabela 6). Porém, a concordância foi fraca entre colostrômetro e refratômetro Brix digital (0,22) (Tabela 6), e entre colostrômetro e refratômetro Brix óptico (0,28) (Tabela 6), quando os dados dos coeficientes de correlação foram avaliados conjuntamente.

Já a concordância entre os equipamentos quando avaliada por fazenda, também foi classificada como boa entre os refratômetros Brix digital e óptico, sendo de 0,76 na fazenda 1 (Tabela 7) e de 0,81 na fazenda 2 (Tabela 8). No entanto, na fazenda 1, a classificação foi muito fraca 0,47 entre o colostrômetro e refratômetro Brix digital e colostrômetro e refratômetro Brix óptico (Tabela 7). Na fazenda 2, classificada como fraca 0,26 e 0,36, entre o colostrômetro e refratômetro Brix digital e colostrômetro e refratômetro Brix óptico, respectivamente (Tabela 8).

Estes resultados indicam que a reprodutibilidade entre o colostrômetro e os refratômetros Brix digital e ópticos é baixa. Em contrapartida, há alta reprodutividade entre os refratômetros brix digital e óptico.

Devido à dificuldade operacional e necessidade de equipamentos e mão-de-obra especializada para avaliação da qualidade do colostro por métodos diretos, as propriedades leiteiras geralmente utilizam dos equipamentos colostrômetro e refratômetro Brix (digital e óptico) para mensurar a qualidade imunológica do colostro bovino de maneira indireta (FLEENOR & STOTT, 1980; CHIGERWE et al., 2008; BIELMANN et al., 2010; MORRIL et al., 2012; QUIGLEY et al., 2013). O colostrômetro mede a densidade específica do colostro, enquanto que o refratômetro Brix mensura o índice de refração.

O colostrômetro, possui como desvantagens o fato de ser confeccionado em vidro, portanto constitui um instrumento frágil, ele precisa ser completamente limpo antes de cada uso, e para obter uma medição confiável, o colostro deve estar a uma temperatura de 21 °C. É um hidrômetro, formado por um cilindro medidor, fuso e

uma boia, que permite conclusões sobre a gravidade específica devido ao seu deslocamento. A densidade está relacionada com a concentração de IgG no colostro. O flutuador tem uma escala colorida que indica três níveis diferentes de concentração de imunoglobulinas no colostro (verde: >50 mg Igs/mL, amarelo: 20 e 50 mg Igs/mL e vermelho: <20 mg Igs/mL) (FLEENOR & STOTT, 1980).

O refratômetro Brix é considerado um instrumento vantajoso, barato, rápido, fácil e que independe da temperatura da amostra (BIELMANN et al., 2010; BARTENS et al., 2016). Além disso, é possível medir outros parâmetros como a FTIP (DEELEN et al., 2014) e os sólidos totais presentes no leite (CHIGERWE & HAGEY, 2014).

O refratômetro Brix digital é um instrumento robusto, de alta durabilidade, mas possui maior custo quando comparado ao óptico. Sua mensuração demonstra valores precisos, visto que o próprio aparelho constata em seu visor o número exato, portanto sua leitura é mais confiável. Além disso, a escala varia de 0 a 85%, logo, consegue detectar colostro que possuem elevadas concentrações de IgG.

Já o refratômetro Brix óptico é mais sensível ao manuseio, de menor preço e escala limitada (0 a 32%). Para a análise da amostra, é necessário que um indivíduo posicione o instrumento perpendicular à luz e faça a leitura através do visor o percentual Brix, o que pode gerar dúvidas no momento e causar vieses.

Devido à alta variabilidade encontrada nos dados relativos ao colostrômetro e às desvantagens mencionadas, é desaconselhado ao produtor rural a aquisição deste equipamento. Em razão da associação quase perfeita entre os refratômetros observada neste trabalho, é recomendado a aquisição do refratômetro Brix digital, visto que fornece resultados mais consistentes. Porém, quando os recursos forem restritos, o refratômetro Brix óptico pode ser usado, com resultados próximos aos obtidos durante o uso do refratômetro Brix digital, no entanto, é mais passível de erros humanos durante leitura.

### **3.5 CONCLUSÃO**

A avaliação da qualidade imunológica do colostro, mensurada de forma indireta, está fortemente associada entre os equipamentos colostrômetro, refratômetro Brix digital e refratômetro Brix óptico, embora a concordância entre os equipamentos é variável, sendo baixa entre os equipamentos refratômetro Brix

(digital e óptico) quando comparados ao colostrômetro. Dessa forma, a avaliação da qualidade imunológica do colostro por métodos indiretos, embora fortemente e positivamente correlacionada entre si apresenta discordâncias importantes as quais podem ser melhor investigadas a partir da aplicação de métodos diretos. Entretanto, considerando-se, desvantagens práticas e econômicas de utilização do colostrômetro, bem como maior variabilidade entre as mensurações realizadas no equipamento entre e dentro de fazendas, esse método parece ser o menos desejável como ferramenta de avaliação da qualidade imunológica do colostro nas propriedades.

### 3.6 REFERÊNCIAS

- AHMANN, J.; STEINHOFF-WAGNER, J; BUSCHER, W. Determining immunoglobulin content of bovine colostrum and factors affecting the outcome: a review. **Animals**, v. 11, p. 3587, 2021. doi.org/10.3390/ani11123587.
- BARTENS, M-C.; DRILLICH, M.; RYCHLI, K.; IWERSEN, M.; ARNHOLDT, T.; MEYER, L.; KLEIN-JÖBSTL, D. Assessment of different methods to estimate bovine colostrum quality on farm. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 64, p. 263-267, 2016. doi:10.1080/00480169.2016.1184109.
- BARTIER, A .L.; WINDEYER, M. C.; DOEPEL, L. Evaluation of on-farm tools for colostrum quality measurement. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 1878-1884, 2015. doi:10.3168/jds.2014-8415.
- BIELMANN V.; GILLAN J.; PERKINS, N. R.; SKIDMORE, A. L.; GODDEN, S.; LESLIE, K. E. An evaluation of brix refractometer instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 3713-3721, 2010. doi: 10.3168/jds.2009-2943.
- BLUM, J. W., BAUMRUCKER, C. R. Insulin-like growth factors (IGFs), IGF binding proteins, and other endocrine factors in milk: role in the newborn. **Bioactive Components of Milk**, Advances in Experimental Medicine and Biology, Springer, New York, NY, v. 606, p. 397-422, 2008. doi.org/10.1007/978-0-387-74087-4\_16.
- CHIGERWE, M.; TYLER, J. W.; MIDDLETON, J. R.; ESPANHA, J. N.; DILL, J.S.; STEEVENS, B. J. Comparison of four methods to assess colostral IgG concentration in dairy cows. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 233, p. 761-766, 2008. doi:10.2460/javma.233.5.761.
- CHIGERWE, M.; HAGEY, J. V. Refractometer assessment of colostral and serum IgG and milk total solids concentrations in dairy cattle. **BMC Veterinary Research**, v. 10, p. 178, 2014. doi.org/10.1186/s12917-014-0178-7.
- DEELEN, S. M.; OLLIVETT, T. L.; HAINES, D. M.; LESLIE, K. E. Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 3838–3844, 2014. doi.org/10.3168/jds.2014-7939.
- DIEDENHOFEN, B.; MUSCH, J. **cocor**: A Comprehensive Solution for the Statistical Comparison of Correlations. **PLoS ONE**, v. 10, e0121945, 2015. doi:10.1371/journal.pone.0121945.
- ELSOHABY, I.; MCCLURE, J. T.; CAMERON, M.; HEIDER, L. C.; KEEFE, G. P. Rapid assessment of bovine colostrum quality: How reliable are transmission infrared spectroscopy and digital and optical refractometers? **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1427-1435, 2017. doi:10.3168/jds.2016-11824.
- FLEENOR, W. A.; STOTT, G. H. Hydrometer Test for Estimation of Immunoglobulin Concentration in Bovine Colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 973-977, 1980. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)83034-7.

GELSINGER, S. L.; SMITH, A. M.; JONES, C. M.; HEINRICHS A. J. Technical note: Comparison of radial immunodiffusion and ELISA for quantification of bovine immunoglobulin G in colostrum and plasma. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 4084–4089, 2015. doi.org/10.3168/jds.2014-8491

GODDEN, S. M.; LOMBARD, J. E.; WOOLUMS, A. R. Colostrum Management for Dairy Calves. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 35, p. 535-556, 2019. doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005.

JOHNSEN, J. F.; SØRBY, J.; MEJDELL, C. M.; SOGSTAD, A. M.; NØDTVEDT, A.; HOLMØY, I. H. Indirect quantification of IgG using a digital refractometer, and factors associated with colostrum quality in Norwegian Red Cattle. **Acta Veterinaria Scandinavica Journal**, v. 61, p. 494-499, 2019. doi.org/10.1186/s13028-019-0494-9.

KWIECIEN, R.; KOPP-SCHNEIDER, A.; BLETTNER, M. Concordance analysis — part 16 of a series on evaluation of scientific publications. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 108, p. 515–521, 2011. doi: 10.3238/arztebl.2011.0515.

MORRILL, K. M.; CONRAD, E.; POLO, J.; LAGO, A.; CAMPBELL, J.; QUIGLEY, J.; TYLER, H. Estimate of colostrum immunoglobulin G concentration using refractometry without or with caprylic acid fractionation. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 3987-3996, 2012. doi: 10.3168/jds.2011-5104.

PETER, A. T. Bovine placenta: A review on morphology, components, and defects from terminology and clinical perspectives. **Theriogenology**, v. 80, p. 693-705, 2013. doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.06.004.

QUIGLEY, J. **Colostrum quality and retained placenta**. Calf notes #126, 2007.

QUIGLEY, J.D.; LAGO, A.; CHAPMAN, C.; ERICKSON, P.; POLO, J. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1148-1155, 2013. doi: 10.3168/jds.2012-5823.

REVELLE, W. **psych**: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research. Northwestern University, Evanston, Illinois. R package version 2.2.9, 2022. CRAN.R-project.org/package=psych.

ZOBEL, G.; RODRIGUEZ-SANCHEZ, R.; HEA, S. Y.; WEATHERALL, A.; SARGENT, R. Validation of Brix refractometers and a hydrometer for measuring the quality of caprine colostrum. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 9277-9289, 2020. doi.org/10.3168/jds.2020-18165.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No manejo da cria de bovinos leiteiros, a prática de avaliar a qualidade imunológica do colostro, tornou-se fator decisivo para alcançar a máxima eficiência da colostragem (quantidade, qualidade e tempo), buscando menores taxas de morbidade e mortalidade aos recém-nascidos, e melhoria na saúde e desenvolvimento desses animais.

Em virtude, do elevado valor para aquisição dos testes, maior período de tempo para processamento e obtenção dos resultados, necessidade de profissionais capacitados e equipamentos de laboratório, os métodos diretos tornam-se inviáveis nas propriedades rurais. Contudo, o colostrômetro e o refratômetro Brix (digital e óptico) são ferramentas utilizadas nas fazendas leiteiras capazes de determinar as concentrações de Ig do colostro bovino. No entanto, o colostrômetro é o menos indicado, em decorrência da maior variabilidade dos dados encontrados nesta pesquisa e das recomendações e exigências para o uso do aparelho.