**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Avaliação da transferência de imunidade passiva em bezerros colostrados com colostro materno ou diferentes doses de substituto de colostro e seus efeitos na saúde e desempenho

Ana Paula da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2019**

Ana Paula da Silva
Zootecnista

Avaliação da transferência de imunidade passiva em bezerros colostrados com colostro materno ou com diferentes doses de substituto de colostro e seus efeitos na saúde e desempenho

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **CARLA MARIS MACHADO BITTAR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Silva, Ana Paula da

Avaliação da transferência de imunidade passiva em bezerros colostrados com colostro materno ou com diferentes doses de substituto de colostro e seus efeitos na saúde e desempenho / Ana Paula da Silva. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. -- Piracicaba, 2019.

66 p.

Dissertação (Mestrado) -- USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Colostragem 2. Imunoglobulina G 3. Recém-nascido 4. Saúde I. Título

DEDICATÓRIA

A meus pais, Rose e Ademar e meus irmãos Claudinha e Marcio por todo amor e incentivo.

“Tudo que está no plano da realidade já foi sonho um dia.”
Leonardo da Vinci

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a Nossa Sr.^a Aparecida, que me permitiram cumprir mais esta etapa, que nunca me abandonaram e sempre me deram forças e coragem para enfrentar os momentos difíceis.

À meus pais amados que com toda humildade e simplicidade me ensinaram a ser uma pessoa digna e respeitar o próximo e também por me incentivar a buscar meus sonhos de forma honesta, sem passar por cima de nenhum semelhante, obrigado por serem um exemplo de vida.

A meus irmãos em especial minha pequena Claudinha por ser meu porto seguro.

A professora Carla Bittar, pela orientação, pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional, pela paciência e amizade.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do Mestrado.

À todos meus amigos do Grupo de Pesquisa e Metabolismo Animal da Esalq e o grupo de extensão CCB, Marina, Marcos, Pumba, Gercino, Duda e em especial a Ari que conduziu experimento junto comigo e me auxiliou muito. Aos estagiários Amandinha, Rafa, Poti, Desbo, Frete, Taka, Brunéli e Mei e também as estagiárias de conclusão de curso Bia e Gi. Muito obrigada por toda a ajuda, mas principalmente pela amizade e tornarem alegres os dias difíceis.

Às minhas amigas do bezerreiro Idalina e Amandinha por auxiliar na condução do experimento, mas sobretudo pelo ombro amigo.

Agradeço ao Clube de Práticas Zootécnica (CPZ-ESALQ) pela colaboração.

Aos funcionários do Setor de Não Ruminantes, Ednesio e todos os demais, que sempre nos auxiliaram no trabalho com zelo e dedicação.

Aos meus queridos amigos Octávio, Gercino, Ju, Giu e Bruna por tornarem os dias da pós mais leves e divertidos.

À fazenda Colorado pela disponibilização dos animais.

Ao Rafael Azevedo da Alta Genetics e ao Manuel Campos da SCCL pelo apoio financeiro.

Finalmente, gostaria de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP; processo: 2017/12305-1) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa e/ou apoio para este trabalho.

MUITO OBRIGADA!

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes”
Isaac Newton

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. Placenta dos bovinos	13
2.2. Colostrogênese e composição do colostro.....	13
2.3. Fatores que afetam a qualidade do colostro.....	16
2.4. Ferramentas para avaliar a qualidade do colostro	18
2.5. Transferência de imunidade passiva	18
2.6. Avaliação da transferência de imunidade passiva.....	20
2.7. Falhas de transferência de imunidade passiva - FTIP	21
2.8. Substituto de colostro	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4. RESULTADOS	33
4.1. Transferência de imunidade passiva	33
4.2. Eritograma e leucograma de 0 e 48h de vida.....	34
4.3. Parâmetros sanguíneos de 0 e 48h de vida	36
4.4. Saúde	37
4.5. Desempenho.....	39
4.6. Parâmetros sanguíneos durante aleitamento	41
4.7. Eritograma e leucograma.....	43
5. DISCUSSÃO	45
6. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	55

RESUMO

Avaliação da transferência de imunidade passiva em bezerros colostrados com colostro materno ou diferentes doses de substituto de colostro e seus efeitos na saúde e desempenho

O objetivo do presente estudo foi avaliar a transferência de imunidade passiva, saúde e o desempenho de bezerros colostrados com diferentes doses de imunoglobulinas provenientes do substituto de colostro SCCL[®] ou colostro materno. Os animais foram separados das mães imediatamente após o nascimento. Cinquenta bezerros da raça holandesa (machos e fêmeas) foram alocados em blocos casualizados de acordo com sexo, peso ao nascer e data de nascimento e distribuídos em diferentes protocolos de colostragem: 1) 2L de colostro materno (2CM); 2) 4L de colostro materno (4CM); 3) 2L de colostro materno + uma dose do substituto de colostro (2MC1SC); 4) 2 doses substituto de colostro ao nascer (2SC); e 5) 2 doses substituto de colostro ao nascer + uma dose substituto de colostro entre 6 a 8 horas após nascimento (3SC). Foram colhidas amostras de sangue ao nascimento, antes do fornecimento do colostro (0h) e com 48h após a ingestão do colostro para avaliar a transferência de imunidade passiva. Durante o período de aleitamento os bezerros receberam 6L/d de sucedâneo, tiveram acesso *ad libitum* à água e concentrado e foram alojados em abrigos individuais, tipo tropical. O consumo de concentrado foi avaliado diariamente, e semanalmente avaliou-se o peso e medidas corporais. A saúde dos animais foi monitorada diariamente e a incidência de diarreia foi avaliada através do escore fecal. Durante o aleitamento as amostras de sangue foram colhidas a cada 14 dias, para determinação de proteína total, albumina, glicose, BHBA, AGNE e insulina. A transferência de imunidade passiva não foi afetada pelos protocolos de colostragem ($P > 0,05$). No entanto, doses mais elevadas de colostro resultaram em maior ingestão de imunoglobulinas, porém reduz a eficiência aparente de absorção ($P < 0,0001$). Da mesma forma, os protocolos de colostragem não afetaram os parâmetros de saúde como escore fecal ($P = 0,5873$), dias com diarreia ($P = 0,3685$), dias com febre ($P = 0,7072$); número de tratamentos para diarreia ($P = 0,8499$) e o número de tratamentos para pneumonia ($P > 0,005$). No entanto, afetou o número de tratamentos contra tristeza parasitária bovina ($P = 0,0042$). O peso médio e o GMD, assim como os parâmetros sanguíneos avaliados durante o aleitamento, não foram afetados pelos protocolos de colostragem ($P > 0,05$). O substituto de colostro avaliado no presente estudo pode ser uma alternativa ao colostro materno, uma vez que, tanto o colostro materno como o substituto de colostro foram eficientes na transferência de imunidade passiva, resultando em desempenho similar mesmo em condições de alto desafio sanitário.

Palavras-chave: Colostragem; Imunoglobulina G; Recém-nascido; Saúde

ABSTRACT

Evaluation of passive immunity transfer in calves fed with maternal colostrum or colostrum replacer in different dosage and their effects on health and performance

The objective of the present study was to evaluate the passive transfer of immunity (PTI), health and performance of calves fed different doses of immunoglobulins from the SCCL[®] colostrum replacer or maternal colostrum. The animals were separated from the mothers immediately after birth. Fifty holstein calves (male and female) were allocated in randomized blocks according to sex, birth weight and date of birth and were distributed among different colostrum feeding protocols: 1) 2L of maternal colostrum (2MC); 2) 4L of maternal colostrum (4MC); 3) 2L of maternal colostrum + one dose of colostrum replacer (1MC+1CR); 4) 2 doses of colostrum replacer (2CR) and 5) 2 doses of colostrum replacer given at birth + one dose of colostrum replacer given between 6 and 8 hours after birth (3CR). Blood samples were taken at birth, before colostrum fed (0h) and at 48h after colostrum intake to assess passive immunity transfer. Calves were individually housed and bucket fed 6L/d of milk replacer, and had ad libitum access to water and starter. Starter intake was measured daily, and weekly assessed weight and body measurements. Animal health was monitored daily and the incidence of diarrhea was assessed by fecal score. During the pre-weaning, blood samples were harvested every 14 days to for determination of total protein, albumin, glucose, BHBA, NEFA and insulin. The passive transfer of immunity was not affected by colostrum feeding protocols ($P>0.05$). However, higher doses of colostrum resulted in higher immunoglobulins intake, but lower apparent efficiency absorption ($P<0.0001$). Similarly, the colostrum feeding protocols did not affect health parameters ($P>0.05$), such as fecal score ($P=0,5873$), days with diarrhea ($P=0,3685$), days with fever ($P=0,7072$), number of treatments for diarrhea ($P=0,8499$) and number of treatments for pneumonia ($P>0,005$). However, affected the number of treatments for cattle tick fever ($P=0.0042$). The mean weight and ADG, as well as the blood parameters evaluated during pre-weaning were not affected by the colostrum feeding protocols ($P>0.05$). The colostrum replacer evaluated in this study may be an alternative to maternal colostrum, once the, both maternal colostrum and colostrum replacer were efficient in the transfer of passive immunity, resulting in similar performance even under conditions of high sanitary challenge

Keywords: Colostrum supply; Health; Immunoglobulin G; Newborns

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (A) Contagem global de leucócitos ($P= 0,005$) e (B) neutrófilos ($P<0,0001$) de bezerros antes e após a ingestão de diferentes doses de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	36
Figura 2. Proteína total g/dL ($P<0,0001$); Glicose mg/dL ($P<0,0001$); AGNE mmol/L ($P<0,001$); Insulina μ IU/mL ($P<0,0001$) de bezerros antes e após a ingestão de diferentes doses de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	37
Figura 3. Escore fecal e acordo com a semana de vida de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	39
Figura 4. Consumo de concentrado de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro.....	40
Figura 5. Ganho de peso diário de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	41
Figura 6. Glicose mg/dL; BHBA mmol/L; AGNE mmol/L e Insulina μ IU/mL de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	43
Figura 7. Contagem de eritrócitos ($P= 0,7109$) e contagem global de leucócitos ($P= 0,8906$) de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição do colostro, leite de transição e leite integral de vacas holandesas	15
Tabela 2. Efeitos dos substitutos de colostro na falha de transferência de imunidade passiva, concentração sérica de IgG com 24 horas e eficiência aparente de absorção	24
Tabela 3. Níveis de garantia do substituto de colostro SCCL®	28
Tabela 4. Contagem bacteriana total (CBT) e contagem de coliformes totais (CCT) de colostro bovino	28
Tabela 5. Composição químico-bromatológica do concentrado e sucedâneo.....	31
Tabela 6. Avaliação da transferência de imunidade passiva de bezerros que receberam diferentes doses de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	33
Tabela 7. Contagem média de eritrócitos e leucócitos de bezerros antes (0h) e após (48h) a ingestão de diferentes doses de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	35
Tabela 8. Escore fecal e saúde de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	38
Tabela 9. Consumo, desempenho e medidas corporais de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	40
Tabela 10. Parâmetros sanguíneos de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro	42

LISTA DE ABREVIATURAS

AGNE	Ácidos graxos não esterificados
BHBA	β -hidroxibutirato
CBT	Contagem bacteriana total
CCT	Contagem de coliformes totais
CM	Colostro materno
EAA	Eficiência aparente de absorção
ELISA	Enzyme linked immunosorbent assay
FTIP	Falha na transferência de imunidade passiva
GGT	Gamaglutamil transferase
GPD	Ganho de peso diário
Ig	Imunoglobulinas
IgA	Imunoglobulina A
IgG	Imunoglobulina G
IgM	Imunoglobulina M
RID	Imunodifusão radial
SC	Substituto de colostro
TIP	Tranferência de imunidade passiva

1. INTRODUÇÃO

A criação de bezerras exerce grande influência no sucesso do processo produtivo de propriedades leiteiras, visto que estes animais serão utilizados como reposição das matrizes do plantel e um dos principais objetivos desta fase é reduzir os índices de morbidade e mortalidade (Feitosa, 2010). Desta forma, a otimização de técnicas de manejo, principalmente no que diz respeito à colostragem destes animais, higiene e nutrição, permitirá o sucesso da atividade de criação de bezerras.

Bezerras recém-nascidas que recebem colostragem adequada apresentam menor morbidade e mortalidade durante o período de aleitamento (Williams et al., 2014). Os benefícios adicionais em longo prazo, associados com a transferência de imunidade passiva de sucesso, inclui a redução da mortalidade no período pós-desaleitamento, melhores ganhos de peso e eficiência alimentar, redução da idade ao primeiro parto e aumento da produção de leite durante a primeira e segunda lactação (Faber et al., 2005).

O colostro tem a função de ser fonte imediata de energia, a qual é essencial para a sobrevivência do bezerro nas primeiras horas de vida (Davis e Drackley, 1998); realizar a transferência de anticorpos materno, protegendo o bezerro contra doenças infecciosas durante as primeiras semanas de vida; e uma contribuição adicional do colostro, que muitas vezes é negligenciada, é o papel do colostro na garantia da biossegurança, e na prevenção da transmissão de doenças da vaca e do ambiente para o bezerro recém-nascido.

O manejo adequado do colostro é amplamente reconhecido como uma etapa fundamental na prevenção de doenças em bezerros recém-nascidos. No entanto, a falha na transferência de imunidade passiva (FTIP) continua a ser um problema comum na criação de bezerros. As FTIP comprometem a saúde e a sobrevivência dos bezerros, influenciando diretamente na economia dos sistemas de produção de leite (Campbell et al., 2007).

O sucesso na transferência de imunidade passiva (TIP) depende de fatores como concentração de imunoglobulinas no colostro, volume ingerido, intervalo de tempo entre o nascimento e a ingestão, qualidade sanitária do colostro e capacidade de absorção (Weaver et al., 2000). Para ser considerado de boa qualidade o colostro deve conter concentração de imunoglobulinas superior a 50g/L (Godden, 2008), contagem bacteriana total (CBT) <100.000 ufc/mL, e apresentar contagem de coliformes <10.000 ufc/mL (Mc Guirk e Collins, 2004). Porém, estudo realizado em diferentes regiões nos Estados Unidos com 827 amostras de colostro mostrou que quase 30% não apresentavam a concentração mínima recomendada de imunoglobulinas (50g/L) e 43% das amostras continham CBT >100.000 ufc/mL, concluindo

que apenas 39,4% das amostras apresentavam concentrações de IgG e características microbiológicas adequadas (Morril et al., 2012). Em estudo realizado no Brasil, em 66 amostras de colostro avaliadas, apenas 48,4% delas apresentavam concentrações de imunoglobulinas >50 g/L e 24% das amostras de colostro estavam abaixo dos parâmetros de qualidade microbiana (Santos et al., 2017). Esses dados mostram que as FTIP podem ocorrer em grande parte dos bezerros recém-nascidos.

Diante da importância de garantir a ingestão de quantidade suficiente de colostro de boa qualidade, durante as primeiras horas de vida. Os substitutos de colostro surgiram como alternativa para minimizar falhas na transferência de imunidade quando a disponibilidade de colostro materno é baixa ou quando a qualidade é comprometida pelos baixos níveis de imunoglobulina G (IgG) ou ainda pela presença de patógenos transmitidos pela alimentação (Chamorro et al., 2017).

Os substitutos do colostro podem ser a única fonte de nutrição para recém-nascidos, pois contêm mais de 100 g de IgG por dose, possibilitando que os bezerros alcancem IgG sérica > 10g/L ao final do período de colostragem, além de proteínas, vitaminas e minerais similares as concentrações encontradas no colostro materno (Quigley, 2002).

O fornecimento de maiores doses de imunoglobulinas tem como intuito evitar FTIP e reduzir a incidência de doenças em bezerros. De acordo com Szewczuk et al. (2011), o fornecimento de maiores doses de imunoglobulinas pode impactar também diretamente na produção futura destes animais. Com base nestas informações, as hipóteses da presente pesquisa são que o substituto de colostro comercial pode substituir o colostro materno e que o fornecimento de maiores doses de imunoglobulinas apresenta benefícios adicionais sobre saúde e o desempenho de bezerros.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a transferência de imunidade passiva, saúde e o desempenho de bezerros colostrados com diferentes doses de imunoglobulinas provenientes do substituto de colostro SCCL[®] ou colostro materno.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Placenta dos bovinos

A placenta dos mamíferos é um órgão transitório, formado pela justaposição das membranas fetais e tecidos maternos, cuja principal função consiste em regular o intercâmbio fisiológico entre o feto e a mãe. Assim, a placenta é responsável pelas trocas de nutrientes, excreções e respiração do feto durante o período gestacional (Brolio et al., 2011).

A placenta dos bovinos é classificada como sinepiteliocorial, uma vez que o epitélio coriônico fica em contato direto com tecidos uterinos, havendo pequeno grau de invasão de células fetais no tecido materno, indicando a necessidade de tolerância imunológica materna para que não aconteça a rejeição fetal (Catoia et al., 2016).

A placenta dos bovinos protege o bezerro da maioria das agressões bacterianas ou virais, mas impede, igualmente, a passagem transplacentar de imunoglobulinas (Tizard, 2014). Dessa forma, os bezerros recém-nascidos são hipogamaglobulinêmicos (Weaver et al., 2000), sendo totalmente dependentes do consumo de colostro para que haja transferência passiva de imunoglobulinas maternas. Estas imunoglobulinas serão importantes para a proteção contra as infecções, até que o sistema imune do bezerro se torne completamente funcional (Godden, 2008). Em função disso, há maior susceptibilidade a doenças infecciosas, não devido a qualquer incapacidade do organismo em armar uma resposta imunológica, mas devido ao estado não estimulado do sistema de defesa. Por essa razão, se faz necessário a TIP através do consumo de colostro.

2.2. Colostrogênese e composição do colostro

A produção de colostro é denominada colostrogênese e compreende a transferência pré-parto de imunoglobulinas séricas materna às secreções da glândula mamária (Besser e Gay, 1994). Este processo inicia-se em torno de quatro semanas antes do parto e cessa no momento em que ele ocorre (Brandon et al., 1971), sob influência de alterações nos hormônios lactogênicos, como a prolactina (Barrington e Parish, 2001; Baumrucker et al., 2014).

As imunoglobulinas presentes nas secreções mamárias, originam-se do soro da mãe ou são produzidas localmente na glândula mamária (Larson et al., 1980). Pequenas quantidades de imunoglobulinas das classes IgA e IgM são produzidas por plasmócitos adjacentes ao epitélio secretor, enquanto a principal classe de imunoglobulina bovina, a IgG, encontra-se na corrente sanguínea. A IgG pode ser dividida em duas subclasses, IgG1 e IgG2, sendo a primeira mais abundante no colostro. A IgG1 é capturada a partir do fluido extracelular por um receptor

específico (Barrington et al., 1997) que causa aumento de 5 à 10 vezes na concentração do colostro em comparação com a concentração no soro materno (Besser e Gay, 1994). Durante a colostrogênese, em torno de 500 g/semana de IgG1 são transferidos para as secreções mamárias (Brandon et al., 1971), que compõem aproximadamente 85% do conteúdo total de imunoglobulinas no colostro (Larson et al., 1980).

Assim, o colostro bovino é a primeira secreção produzida pela glândula mamária após o parto, apresentando composição nutricional e perfil imunológico diferente do leite integral (Tabela 1, Davis e Drackley, 1998; Hammon et al., 2000), sendo caracterizado por apresentar altas concentrações de imunoglobulinas, as quais são necessárias para conferir imunidade passiva ao sistema imunológico imaturo do recém-nascido (Godden, 2008).

Tabela 1. Composição do colostro, leite de transição e leite integral de vacas holandesas

Váriavel	Ordenhas pós-parto			
	1	2	3	Leite
Gravidade específica	1,056	1,040	1,035	1,032
Sólidos totais (%)	23,9	17,9	14,1	12,9
Gordura (%)	6,7	5,4	3,9	4,0
Proteína total (%)	14,0	8,4	5,1	3,1
Caseína (%)	4,8	4,3	3,8	2,5
Albumina (%)	0,9	1,1	0,9	0,3
Imunoglobulinas (%)	6,0	4,2	2,4	0,09
IgG (g/100 mL)	3,2	2,5	1,5	0,06
Lactose (%)	2,7	3,9	4,4	5,0
IGF-I (µg/L)	341	242	144	15
Insulina (µg/L)	65,9	34,8	15,8	1,1
Cinzas (%)	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
Potássio (%)	0,14	0,13	0,14	0,15
Sódio (%)	0,14	0,13	0,14	0,15
Zinco (mg/100mL)	1,22	-	0,62	0,30
Manganês (mg/100mL)	0,02	-	0,01	0,004
Ferro (mg/100mL)	0,2	-	-	0,05
Cobalto (µg/100g)	0,5	-	-	0,1
Vit. A (µg/100 mL)	295	190	113	34
Vit. E (µg/g gordura)	84	76	56	15
Riboflavina (µg/mL)	4,83	2,71	1,85	1,47
Caroteno (µg/g gordura)	103,3	-	-	11,3
Vit. B12 (µg/100mL)	4,9	-	2,5	0,6
Cobre (mg/100g)	0,06	-	-	0,01
Ácido fólico (µg/100mL)	0,8	-	0,2	0,2
Colina (mg/mL)	0,7	0,34	0,23	0,13
Ácido ascórbico (mg/100mL)	2,5	-	2,3	2,2

(Davis e Drackley, 1998; Hammon et al., 2000).

O colostro também é uma fonte rica em energia para o recém-nascido. A gordura e a lactose constituem as principais fontes de energia presentes no colostro, as quais são necessárias para o bezerro iniciar a termogênese e manter a temperatura corporal. Na ausência dessa fonte de energia, o bezerro sobrevive cerca de 18 horas, até que a reserva de gordura corporal se esgote (Davis e Drackley, 1998).

Componentes importantes do colostro incluem imunoglobulinas, leucócitos maternos, fatores de crescimento, hormônios, citocinas, fatores antimicrobianos inespecíficos e nutrientes. Além disso, o colostro é composto por substâncias bioativas, como a lisozima, lactoferrina e o

sistema da lactoperoxidase (Hagiwara et al., 2000). Estes componentes têm ação antimicrobiana e fornecem proteção específica contra infecção e podem auxiliar o recém-nascido durante a “janela imunológica” até o completo desenvolvimento do sistema imune ativo (Van Hooijdonk et al., 2000).

No colostro bovino são encontradas três importantes imunoglobulinas: IgG, IgM e IgA. A principal imunoglobulina presente no colostro e em maior quantidade (85% a 90%) é a IgG, responsável pela imunidade sistêmica do organismo animal (Singh et al., 2011). A IgM é o principal mecanismo contra septicemia; enquanto a IgA protege as membranas que recobrem a superfície de vários órgãos, especialmente o intestino, contra infecções e bloqueia a passagem de antígenos para o sangue (Răducan et al., 2013).

O colostro também fornece maiores concentrações de fatores de crescimento (IGF-1 e IGF-2) ao bezerro recém-nascido em comparação ao leite (Marnila e Korhonen, 2002). O IGF-1 colostrar pode ser um regulador chave no desenvolvimento do trato gastrointestinal de bezerros recém-nascidos, incluindo estimulação do crescimento da mucosa, enzimas presentes na borda em escova, síntese de DNA intestinal, aumento do tamanho das vilosidades e aumento da captação de glicose (Bühler et al., 1998; Blum, 2006).

Ao contrário do leite, o colostro é rico em leucócitos, contendo mais de 10^6 células/mL de leucócitos maternos imunologicamente ativos, incluindo macrófagos, linfócitos T e B e neutrófilos (Tizard, 2014). Pelo menos uma porção de leucócitos colostrais é absorvida intacta através da barreira intestinal (Schnorr e Pearson, 1984) e podem sobreviver por até 36 horas no intestino dos bezerros recém-nascidos, sendo que alguns podem penetrar no epitélio das placas de Peyer e alcançar os dutos lácteos ou os linfonodos mesentéricos (Tizard, 2014). Embora a importância funcional em bezerros não seja frequentemente medida, estudos prévios sugerem que os leucócitos colostrais aumentam a resposta mitogênica aos leucócitos inespecíficos, aumentam a fagocitose e a capacidade de eliminar bactérias, estimulando respostas imunes humorais (formação de IgG) no bezerro (Reber et al., 2005; Donovan et al., 2007). A ingestão de leucócitos colostrais maternos imediatamente após o nascimento estimula o desenvolvimento do sistema imune neonatal (Tizard, 2014).

2.3. Fatores que afetam a qualidade do colostro

Vários fatores podem influenciar a qualidade do colostro, sendo a concentração de imunoglobulinas, principalmente a IgG, a mais importante (Godden, 2008). A concentração de imunoglobulinas pode variar entre as ordenhas, raças, número de lactações e duração do período seco (Weaver et al., 2000). Vários autores registraram diferenças nas concentrações de

imunoglobulinas colostrais entre raças (Halliday et al., 1978; Tyler et al., 1999). Vacas da raça Holandesa normalmente apresentam menor concentração de IgG quando comparada com outras raças produtoras de leite. Uma possível explicação para essa variação pode ser a diferença do volume de produção de cada raça, uma vez que se espera que raças de baixo rendimento produzam colostro de maior qualidade em comparação com raças de alto rendimento (Conneely et al., 2013). Segundo Godden (2008), as raças de corte também tendem a produzir colostro de qualidade superior ao colostro das raças leiteiras, pois produzem menor volume de colostro e pela maior exposição a antígenos, devido a maior idade ao primeiro parto. O número de lactações também afeta a qualidade do colostro, pois vacas a partir da 3ª lactação tendem a produzir colostro de melhor qualidade quando comparado às novilhas ao 1º parto, uma vez que foram expostas a maior quantidade de agentes patogênicos (Gulliksen et al., 2008).

O volume de colostro produzido também é um dos fatores que influencia a quantidade de imunoglobulinas. Colostro produzido em volumes maiores possui menor concentração de imunoglobulinas em comparação com volumes menores (BAMN, 1998). Segundo Godden (2008), quando a primeira ordenha é superior a 8,5 kg, o colostro apresenta, normalmente, concentração mais baixa de imunoglobulinas. Este fato ocorre pela diluição das imunoglobulinas em maior volume de colostro, sugerindo que existe um platô de transferência de Ig do soro da vaca para o colostro.

A ordenha pré-parto ou vazamento de leite do úbere antes do parto podem reduzir a concentração de imunoglobulinas no colostro (Lenzer, 2012). A duração do período seco pode influenciar na secreção de imunoglobulinas, uma vez que seu início ocorre na glândula mamária de quatro a seis semanas antes do parto. De acordo com McGuirk (1998), a concentração de imunoglobulinas é máxima em vacas com período seco de pelo menos 40 dias, mas não superior a 90 dias. Mayasari et al. (2015) compararam a duração do período seco em 0, 40 e 60 dias e concluíram que vacas com zero dia de período seco apresentaram menor concentração de IgG e IgM no colostro em comparação às vacas com 30 ou 60 dias de período seco.

O colostro será considerado como de boa qualidade quando apresentar concentração de imunoglobulinas superior a 50g/L (Godden, 2008). Para que sejam alcançados níveis séricos de anticorpos considerados adequados, no mínimo 100g de imunoglobulinas deverão ser ingeridas pelo recém-nascido através do colostro logo após o parto (Radostits et al., 1994). Atualmente foram estabelecidas novas referências de corte para o teor IgG, sendo $\text{IgG} \geq 80 \text{ g/L}$ determinado pelo colostrômetro e $\geq 23\%$ pelo refratômetro de Brix (Bartier et al., 2015).

2.4. Ferramentas para avaliar a qualidade do colostro

A concentração de IgG presente no colostro afeta significativamente a TIP. Portanto, a avaliação precisa é essencial para o gerenciamento apropriado de colostro na fazenda (Quigley et al., 2013). Apenas 53% das fazendas nos EUA avaliam rotineiramente a qualidade do colostro e 45% dessas propriedades utilizam aparência visual para avaliar a qualidade do colostro (USDA, 2016). No Brasil esse número é ainda menor, com 11% avaliando a qualidade do colostro, mas muitos realizando apenas avaliação visual (Santos e Bittar, 2015).

Diversos métodos foram desenvolvidos para avaliar a qualidade do colostro mensurando direta ou indiretamente a concentração de IgG colostral (Elsohaby et al., 2017). O ensaio de imunodifusão radial (RID) é considerado o método de referência mais preciso para avaliar diretamente o conteúdo de IgG no colostro bovino (Fleenor e Stott, 1980; Oyeniyi e Hunter, 1978). No entanto, o RID é um método laboratorial que requer aproximadamente 18 a 24 h para concluir os resultados, apresentando assim, pouca aplicabilidade prática nas fazendas (Bielmann et al., 2010).

O colostrômetro e o refratômetro Brix são métodos indiretos mais utilizados para avaliar a qualidade do colostro a campo (Elsohaby et al., 2017). O colostrômetro mede a gravidade específica do colostro e fornece uma estimativa de qualidade relativa, não as concentrações exatas de IgG (Fleenor e Stott, 1980; Pritchett et al., 1991). A gravidade específica do colostro é altamente correlacionada com a concentração de imunoglobulinas. Apesar da análise utilizando o colostrômetro ser rápida e de baixo custo o método depende da temperatura da amostra a ser avaliada (20 a 25°C), o que pode levar a erros na avaliação (Quigley et al., 2013).

Outro método disponível para avaliar a qualidade do colostro, menos sensível a temperatura, é através do refratômetro de Brix. A porcentagem Brix é uma medida das concentrações de sacarose em líquidos, como suco de frutas, melão e vinho. Quando usada em líquidos que não contêm sacarose, a porcentagem de Brix é correlacionada com o teor de sólidos totais, sendo eficaz na avaliação de concentração de imunoglobulina no colostro (Moore et al., 2009).

2.5. Transferência de imunidade passiva

Devido ao tipo de arranjo placentário dos bovinos, não ocorre a transferência de imunoglobulinas maternas para o feto, ou seja, o bezerro recém-nascido é totalmente dependente das imunoglobulinas colostrais para proteção contra doenças. A aquisição de imunoglobulinas colostrais pelo bezerro através da absorção intestinal é chamada de TIP (Quigley e Drewry, 1998). A TIP é essencial para os bezerros durante os primeiros meses de

vida, pois, apesar de produzirem anticorpos endógenos desde o período fetal, continuam susceptíveis a infecções durante as primeiras semanas de idade (Godden, 2008; Weaver et al., 2000). A quantidade ingerida de IgG para se obter uma apropriada TIP ($\geq 10\text{mg IgG/mL}$ no soro sanguíneo), para a maioria dos autores, é de no mínimo 100g de IgG durante as primeiras 12h de vida (Morin, et al., 2010) e eficiência aparente de absorção de IgG em torno de 20 a 35% (Quigley e Drewry 1998).

O sucesso na TIP depende de fatores como concentração de imunoglobulinas no colostro, volume ingerido, intervalo de tempo entre o nascimento e a ingestão, qualidade sanitária do colostro e capacidade de absorção (Silper et al., 2012). Para que a TIP seja bem-sucedida, o bezerro deve consumir quantidade suficiente de IgG (em torno de 80-150 g de IgG/refeição) no colostro o mais rápido após o parto e, em seguida, ser capaz de absorver com sucesso uma quantidade suficiente dessas moléculas para sua circulação (Godden, 2008). Chigerwe et al. (2008) também concluíram que o bezerro recém-nascido precisa ingerir em torno de 150 a 200 g de IgG colostrado dentro de 2 horas após o nascimento para obter êxito na TIP.

Além da concentração de IgG, outro fator que influencia a TIP é o volume de colostro ingerido pelo bezerro, já que junto com a qualidade vai definir a massa de Ig ingerida. Para Godden (2008), o fornecimento de no mínimo 3 litros de colostro de boa qualidade aumenta a taxa de transferência passiva de imunoglobulinas quando realizada nas primeiras 4 horas de vida. Se o colostro tiver uma concentração de IgG de 50 g/L e a massa exigida for de 120 g, o volume de colostro a ser fornecido deve ser de 2,4 L. No entanto, como a eficiência de absorção não é 100%, mesmo que a ingestão seja realizada nas primeiras horas de vida do bezerro, deve-se fornecer pelo menos 3 L de colostro na primeira mamada. Segundo o mesmo autor, há falha na transferência de imunidade pelo colostro quando bezerros com 24 a 48 horas de vida têm menos de 10 mg de concentração de IgG/mL sérica.

O principal fator que afeta a absorção de moléculas de imunoglobulinas em circulação é o tempo após o nascimento no qual a primeira ingestão de colostro é realizada (Godden, 2008). A absorção das imunoglobulinas colostrais, pelo neonato, ocorre no intestino delgado, durante as primeiras 24h de vida, passando do lúmen intestinal para o enterócito por pinocitose, e posteriormente, por exocitose para os vasos linfáticos que as transportam até à corrente sanguínea por meio do ducto torácico (Godden, 2008; Hogan et al., 2015).

Nas primeiras horas de vida, o abomaso das bezerras apresenta pequena produção de ácido clorídrico, pouca atividade da pepsina gástrica, presença de fator inibidor da tripsina e baixa atividade proteolítica intestinal, estes fatores protegem as imunoglobulinas do processo

de digestão (Costa, 2016). As imunoglobulinas no intestino se ligam a receptores Fc dos enterócitos FcRn que são responsáveis pelo transporte ativo dessa substância do lúmen intestinal para a circulação sanguínea dos neonatos (Godden, 2008). A eficiência de absorção de IgG atinge o nível máximo logo após o nascimento e é praticamente nula 24 horas após o nascimento (Hopkins e Quigley, 1997). Seis horas após o nascimento, apenas 50% da capacidade de absorção se mantém; com 8 horas é de 33% e com 24 horas cessa a absorção de imunoglobulinas (Cortese, 2009).

Além de realizar a TIP, os anticorpos presentes no colostro podem auxiliar a combater os agentes infecciosos presentes no trato gastrointestinal de bezerros com 24 horas após o nascimento, realizando uma proteção local (Heinrichs e Jones, 2003). Os anticorpos que não são absorvidos revestem o intestino, formando uma camada protetora que impede a ligação de microrganismos à parede intestinal (Heinrichs e Jones, 2003).

Bezerras recém-nascidas colostradas adequadamente apresentam maior produção de leite quando adultas (Williams et al., 2014). Segundo Faber et al. (2005), a longevidade de novilhas leiteiras pode ser afetada pela ingestão de colostro no nascimento, influenciando na idade ao primeiro parto e produção de leite na primeira e segunda lactação.

2.6. Avaliação da transferência de imunidade passiva

O diagnóstico da eficiência de absorção de colostro e proteção do neonato é realizado por medidas diretas ou indiretas (Elsohaby et al., 2019). A TIP pode ser avaliada diretamente pela dosagem sérica de IgG (Godden, 2008) ou indiretamente através da determinação de substâncias como a proteína sérica total, que apresenta alta correlação com a concentração de imunoglobulina (Naylor e Kronfeld, 1977).

Vários testes foram desenvolvidos para avaliar o status de TIP em animais domésticos (Donovan et al., 1998). Os métodos utilizados para mensurar IgG são a imunodifusão radial, ELISA (enzyme linked immunosorbent assay), coagulação por glutaraldeído, refratometria, teste de precipitação do sulfato de zinco, precipitação com sulfito de sódio e atividade da enzima gamaglutamil transferase (GGT). O teor de proteínas total é um parâmetro indireto, porém confiável, de aferição da concentração de IgG absorvida (Borges et al., 2001).

A imunodifusão radial e a determinação em ensaios ELISA são os únicos testes que podem avaliar diretamente a concentração de IgG no soro. Todos os outros testes disponíveis, incluindo teste de refratometria, teste de turbidez pelo sulfito de sódio, teste de turbidez pelo sulfato de zinco, atividade sérica da enzima GGT e coagulação pelo glutaraldeído baseiam-se na concentração de imunoglobulinas totais ou outras proteínas cuja transferência passiva é

associada com a de IgG (Weaver et al., 2000). Entretanto, com exceção da refratometria, os outros métodos apresentam demora nos resultados, são onerosos e por isso se tornam difíceis de utilizar a campo. Logo, o refratômetro é uma técnica simples, rápida e barata que pode ser utilizada para monitorar a TIP. Essa técnica mede a concentração de proteína total de uma amostra de soro sanguíneo, que tem relação direta à concentração de IgG na amostra (Godden, 2008). O refratômetro baseia-se na quantidade de luz refratada quando um raio de luz atravessa a amostra de soro sanguíneo (Silper et al., 2012). A porcentagem Brix também apresenta alta correlação com a concentração de IgG sérica, permitindo que o refratômetro de Brix possa ser utilizado para avaliar a qualidade do colostro e também a TIP (Deelen et al., 2014).

Conforme Singh et al. (2011), a avaliação da TIP em bezerros recém-nascidos deve ser realizada entre 24 e 48 horas após a ingestão do colostro, pois neste período a absorção de macromoléculas colostrais já está encerrada e a proteína total alcança estabilidade. Após este período, não é possível determinar se as frações proteicas avaliadas são de origem colostrar ou endógena. O diagnóstico da FTIP é essencial para direcionar o tratamento adequado aos bezerros e permite ainda monitorar se o manejo adotado para o fornecimento de colostro está apropriado (Furman-Fratczak et al., 2011).

2.7. Falhas de transferência de imunidade passiva - FTIP

Embora os benefícios à saúde referente a TIP adequada sejam evidentes, a realidade da criação de bezerros é uma alta proporção de animais privados do consumo de quantidade adequada de imunoglobulinas, levando à falha na TIP (Gay et al., 1983; Lorenz et al., 2011). FTIP é geralmente definida como níveis séricos de IgG <10 g/L em bezerros entre 24 e 48 h de idade (Davis e Drackley, 1998; Quigley, 2002). A prevalência de FTIP relatada em bezerras nos Estados Unidos variou de 19,2 a 40% (Beam et al., 2009; NAHMS, 2007). No Brasil, a avaliação de TIP ainda é muito deficiente. Santos e Bittar (2015) mostraram que 98% das propriedades não monitoram a proteína sérica dos bezerros. Outro levantamento realizado recentemente, avaliando 51 fazendas de várias regiões do Brasil, identificou que 16% das propriedades não avaliam a qualidade do colostro antes de fornecer para os bezerros (Alta Cria, 2018). Logo, as taxas de FTIP no país tendem a ser altas.

Falha na transferência de imunidade passiva não é uma doença, mas uma condição que predispõe o neonato ao desenvolvimento de enfermidades. Metade de toda a mortalidade neonatal de bezerros pode ser diretamente atribuída à FTIP (Tyler et al., 1999). A FTIP é o principal determinante de septicemia em várias espécies de mamíferos, modulando também a

ocorrência de mortes e a gravidade de doenças entéricas e respiratórias na idade jovem e, em alguns casos, o desempenho em idades posteriores (Barrington et al., 2002).

Considera-se que um rebanho tem FTIP quando mais de 20% dos bezerros apresentam dosagem sérica de proteína total menor que 5,5g/dL até os sete dias de idade (McGuirk, 2003). Segundo Lago et al. (2017), bezerros alimentados com substituto de colostro apresentam maiores índices de FTIP quando comparados a animais que receberam colostro materno, devido o substituto conter menos proteína que o colostro materno na composição. Diante disso, os autores questionam se o ponto de corte tradicional do refratômetro (5,5 g/dL) é apropriado para avaliar a TIP em bezerros alimentados com substituto de colostro. Apesar de serem uma alternativa aceitável, a absorção de IgG ainda é menor para os substitutos em comparação com o colostro materno (Cabral et al., 2013).

A FTIP é associada a taxas de crescimento reduzidas, aumento da morbidade e mortalidade, aumento do risco de descarte e diminuição da produção de leite na primeira lactação (Tyler et al., 1999). Podem ser identificadas também outras consequências, como a diminuição no ganho do peso médio diário (Leslie e Peregrine, 2008). Consequentemente, a FTIP tem influências sobre a sobrevivência, saúde, crescimento e a produtividade das novilhas leiteiras (McGuirk e Collins, 2004).

O colostro excedente de alta qualidade, tanto em concentração de IgG quanto microbiológica, devem ser armazenados compondo o banco de colostro, tornando-se uma ferramenta para evitar FTIP. O colostro deve ser coletado com rigorosas condições de higiene, armazenados e podem ser utilizados em até um ano, desde que não ocorra ciclos de congelamento e descongelamento (Godden, 2008). No entanto, quando a disponibilidade de colostro materno é baixa ou a qualidade é comprometida pelos baixos níveis de IgG ou pela presença de patógenos, uma alternativa são os substitutos de colostro.

2.8. Substituto de colostro

Apesar da reconhecida importância da ingestão de colostro de boa qualidade e da absorção de imunoglobulinas por bezerros recém-nascido para conferir adequada TIP, melhorando a produtividade de bezerros leiteiros, a FTIP continua sendo um sério fator de risco para o desenvolvimento de doença e morte (Poulsen et al., 2010). Em torno de 50% da mortalidade neonatal de bezerros pode ser diretamente atribuída à falha de transferência de imunidade passiva (Tyler et al., 1999). Embora o colostro materno forneça os primeiros anticorpos contra doenças em bezerros, ele também pode ser a fonte de sua primeira exposição a bactérias e outros patógenos. *Escherichia coli*, leucose e tuberculose podem ser transmitidas

da mãe para o bezerro através do colostro, e a exposição a estes organismos e doenças logo no início podem ser prejudiciais à saúde do bezerro e causar perdas econômicas significativas (Cabral et al., 2013). Um estudo realizado nos EUA, demonstrou redução significativa no risco de transmissão da *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* em bezerros alimentados com substituto de colostro comercial quando comparados com bezerros alimentados com colostro materno no nascimento (Pithua et al., 2009).

Os substitutos de colostro surgiram como alternativa para minimizar FTIP quando a disponibilidade de colostro materno é baixa ou quando a qualidade é comprometida pelos baixos níveis de IgG ou pela presença de patógenos transmitidos pela alimentação (Chamorro et al., 2017).

Os substitutos de colostro podem ser definidos como fontes altamente concentradas e padronizada de IgG e, diferente do suplemento de colostro, pode substituir completamente o colostro materno (Paula, 2016), devendo conter no mínimo 100 g de IgG por dose, para que os bezerros alcancem IgG sérica $> 10\text{g/L}$ ao final do período de colostragem (Quigley et al., 2001).

O substituto de colostro não deve apenas conter quantidade adequada de imunoglobulinas, mas também os nutrientes necessários para o desenvolvimento adequado do bezerro, o que inclui proteína, energia, vitaminas e minerais (Cabral et al., 2013). Os substitutos de colostro podem ser constituídos de imunoglobulina bovina oriunda de leite liofilizado, soro de leite, colostro bovino e soro sanguíneo bovino.

O colostro bovino “spray dried” é o colostro desidratado, conservando as características originais do colostro, principalmente a integridade das imunoglobulinas com uma concentração padronizada de IgG. O processo de “spray dried” é uma operação de remoção da água por sublimação do gelo sendo um processo seguro de conservação de produtos biológicos, sendo isento de conservantes ou produtos químicos (Nascimento, 2014). Desta forma, os produtos “spray dried” não sofrem alterações de tamanho, textura, cor, sabor, aroma, teor de vitaminas, sais minerais, proteínas e concentração de imunoglobulinas no colostro bovino (Martins et al., 2011).

Os resultados sobre a eficiência da TIP utilizando substitutos de colostros comerciais são variados (Tabela 2, Cabral et al., 2013). Apesar de alguns estudos relatarem que o fornecimento de apenas uma dose (um pacote) de substituto de colostro comercial pode ser eficiente na transferência de imunidade passiva (Foster et al., 2006; Jones et al., 2004; Pithua et al., 2013; Priestley et al., 2013; Quigley et al., 2001), outras pesquisas demonstraram que os substituto de colostro falharam, resultando em concentrações médias de IgG sérica $< 10\text{ mg/mL}$

(Fidler et al., 2011; Godden et al., 2009a; Mee et al., 1996; Priestley et al., 2013; Quigley et al., 2001; Foster et al., 2006; Smith e Foster, 2007).

Tabela 2. Efeitos dos substitutos de colostro na falha de transferência de imunidade passiva, concentração sérica de IgG com 24 horas e eficiência aparente de absorção

Autores	Quantidade	%	IgG sérica com 24 h	EAA ¹
		FTIP		%
Foster et al., 2006	SCL ² - 100g de IgG (27 g/L fornecido)	90,0	7,0	-
	SCL - 100g de IgG (71,4 g/L fornecido)	19,0	11,6	-
	SCL - 200g de IgG (71,4 g/L fornecido)	5,0	16,9	-
Godden et al., 2009a	SCL - 100g de IgG (66,7 g/L fornecido)	46,0	9,6	35,5
	SCL - 200g de IgG (66,7 g/L fornecido)	0,0	19,0	36,5
Godden et al., 2009b	SCL - 100g de IgG (66,7 g/L fornecido) mamadeira	0,0	12,5	51,1
	SCL - 100g de IgG (66,7 g/L fornecido) sonda esofágica	58,3	9,85	40,5
	SCL - 200g de IgG (66,7 g/L fornecido) mamadeira	0,0	19,65	41,1
	SCL - 200g de IgG (66,7 g/L fornecido) sonda esofágica	0,0	18,65	39,0
	SCL - 200g de IgG (66,7 g/L fornecido)	0,0	18,65	39,0
Shea et al., 2009	SCL - 105g de IgG	20,0	10,7	41,3
	SCL - 210g de IgG	10,0	14,5	31
Cabral et al., 2012	SCL – 191,4g de IgG (1 refeição)	10,0	15,8	32,1
	SCL – 191,4 de IgG (2 refeições: 127,6g com 0h de vida + 63,8g com 6 horas de vida)	0,0	16,8	32,8

Adaptado de Cabral et al. (2013)

¹EAA= Eficiência aparente de absorção [IgG plasmática (g/L) x Pv (Kg) x 0,09/ingestão de IgG]x100% (Quigley and Drewry, 1998).

²SCL= Substituto de colostro de origem láctea

Estudos realizados por Swan et al. (2007) observaram FTIP quando utilizaram substituto de colostro comercial e concluíram que isto poderia ser prejudicial à saúde e a sobrevivência dos bezerros. Porém, em outro estudo comparando concentrações de IgG de 24 h, a IgG plasmática foi de $13,76 \pm 0,66$ g/L para os bezerros que receberam colostro materno e $13,84 \pm 0,65$ g /L em bezerros alimentados com substituto de colostro a base de soro bovino, não havendo diferença (Jones et al., 2004).

Priestley et al. (2013), avaliaram três protocolos de colostragem em bezerros da raça Holandesa e concluíram que a proteína sérica total foi maior em bezerros que receberam colostro materno ($6,14 \pm 0,11$ g/dL) comparado aos bezerros alimentados com substituto de colostro a base de plasma ($5,29 \pm 0,11$ g / dL) ou substituto derivado de colostro ($5,27 \pm 0,11$ g/dL). Nesse estudo, a eficiência de TIP foi maior para colostro materno (91,8%), seguido pelo substituto derivado de colostro (49%) e derivado de plasma (28,6%). Godden et al., (2009a) concluíram que a administração de uma dose (100 g de IgG) de substituto de colostro comercial resultou em níveis mais baixos de proteína total sérica e de concentração de IgG com 24 horas, em comparação com os bezerros que receberam duas doses de substituto de colostro ou 3,8 L de colostro materno. Substitutos derivados de colostro com altas doses de IgG (>170 g IgG) mostraram-se eficientes na prevenção de FTIP. No entanto, alguns substitutos e suplementos derivados do colostro com doses mais baixas de IgG também foram capazes de prevenir FTIP (Godden et al., 2009b; Pithua et al., 2013; Priestley et al., 2013; Smith e Foster, 2007).

O fornecimento de maiores doses de imunoglobulinas tem como intuito evitar FTIP e reduzir a incidência de doenças em bezerros. Segundo Williams et al. (2014), os bezerros que recebem volume igual ou superior a 2 litros de colostro de alta qualidade ou que têm níveis mais elevados de IgG sérica na primeira semana de vida, apresentam menor morbidade e mortalidade do que os bezerros que recebem menores níveis de IgG sérica ou quantidades insuficientes de colostro de alta qualidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e animais

O experimento foi conduzido no Bezerreiro Experimental “Evilásio de Camargo” pertencente ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, localizada na cidade de Piracicaba-SP, no período de novembro de 2017 a julho de 2018. Foram utilizados 50 bezerros (machos e fêmeas) Holandês advindos da fazenda Colorado, localizada no município de Araras e do rebanho leiteiro da ESALQ/USP. O Comitê de Ética em Pesquisa em Animais da ESALQ/USP aprovou todos os procedimentos envolvendo animais neste estudo (Protocolo nº 2018.5.588.11.0).

Logo após o nascimento, os animais foram separados de suas mães, evitando-se assim consumo não controlado de colostro, e foram realizadas pesagens e a cura e desinfecção do umbigo com iodo a 7% e em seguida foram alojados em abrigos individuais, tipo tropical.

Grupos experimentais

Os animais foram submetidos a 5 diferentes protocolos de colostragem para avaliação de parâmetros de saúde, desempenho e metabólicos nos respectivos tratamentos:

I- 2CM: dois litros de colostro materno ($\geq 21\%$ brix): controle negativo;

II- 4CM: quatro litros de colostro materno ($\geq 21\%$ brix): controle positivo;

III- 2CM1SC: dois litros de colostro materno ($\geq 21\%$ brix) + uma dose do substituto de colostro SCCL® (100g/IgG). Primeiro foi fornecido 2L de colostro materno e em seguida fornecido uma dose do substituto de colostro.

IV- 2SC: duas doses do substituto de colostro SCCL® (200 g/IgG) ao nascer;

V- 3SC: duas doses do substituto de colostro SCCL® (200 g/IgG) ao nascer + uma dose do substituto de colostro SCCL® (100 g/IgG) entre 6 a 8 horas após nascimento.

Cada pacote do substituto de colostro (470 g, contendo 100 g de IgG) foi diluído em um litro de água morna (45° C) produzindo um volume total de aproximadamente 1,4 L. Com isso, os animais correspondentes aos tratamentos duas e três doses do substituto de colostro SCCL® receberam um volume de 2,8 e 4,2 L respectivamente. O substituto de colostro conforme o rótulo do produto, tem como composição básica colostro bovino em pó, polietileno glicol monooleato, polioxietileno monooleato sorbitano, butihidroxitolueno, tocoferóis e silicato de cálcio e os níveis de garantia do produto estão apresentados na tabela 3. A maior parte do colostro materno utilizado, foi proveniente de banco de colostro. O colostro e substituto de colostro foram fornecidos através de mamadeira ou sonda esofágica, quando houve necessidade.

Tabela 3. Níveis de garantia do substituto de colostro SCCL®

Item	Quantidade
Proteína bruta (min.), g	211,5
Extrato etéreo (min.), g	65,8
Cálcio (min. – máx.), g	3,75 - 5,17
Fósforo (min.), g	2,82
Lactose (min.), g	23,5
Matéria mineral (máx.), g	37,6
Umidade (máx.), g	32,9

As amostras de colostro materno foram colhidas em tubos plásticos com volume de 20 mL e armazenadas em freezer (-20°C), para posterior análise de contagem bacteriana total UFC/mL e contagem de coliformes totais UFC/mL. As amostras de colostro foram enviadas congeladas para o laboratório Foco Diagnóstico (Pedro Leopoldo, MG) para realização de tais análises, através do método de cultura, isolamento e contagem bacteriana (Tabela 4).

Tabela 4. Contagem bacteriana total (CBT) e contagem de coliformes totais (CCT) de colostro bovino

Nº da amostra	CBT (UFC/mL)	CCT (UFC/mL)
1	2.500.000	40.000
2	3.000.000	100.000
3	4.400.000	900.000
4	3.000.000	20.000
5	3.500.000	300.000
6	5.000.000	500.000
7	5.200.000	200.000
8	2.600.000	60.000
9	8.000.000	80.000
10	6.100.000	200.000
11	5.400.000	10.000
12	1.800.000	13.000
13	2.000.000	27.000
14	6.000.000	10.000
15	4.900.000	5.000
Média	4.226.667	164.333

Valores de Referência CBT: < 100.000 UFC/mL e CCT: < 50.000 UFC/mL

Parâmetros sanguíneos

Ao nascimento, antes do fornecimento do colostro (0 hora) os animais foram submetidos a coleta de sangue, em tubo vacuolizado contendo fluoreto de sódio como antiglicolítico e EDTA de potássio como anticoagulante (VACUETTE do Brasil, Campinas, SP, Brasil), para realização de eritograma e leucograma, conforme descrito a frente.

Quarenta e oito horas após a administração dos tratamentos foram colhidas amostras de sangue, através da punção da veia jugular, utilizando-se tubo com ativador de coágulo. As amostras foram então centrifugadas a 2.000 x g, por 20 minutos a 4°C, para avaliação de transferência de imunidade passiva utilizando-se refratômetro brix e através de análise de concentração de IgG kit comercial de imunodifusão radial (Triple J Farms). Foi considerado FTIP quando os bezerros apresentavam concentração de proteína sérica menor que 8,4 % através do refratômetro de Brix.

A eficiência aparente de absorção (EAA) foi calculada segunda a metodologia de (Quigley e Drewry, 1998), utilizando a seguinte equação:

$$EAA \text{ IgG} = \{[\text{IgG sérica g/L com 48h} - \text{IgG sérica g/L ao nascimento}] \times \text{peso ao nascer kg} \times 0,09\} / \text{ingestão de IgG em gramas. Onde: } 0,09 = \text{volume plasmático, calculado como } 9\% \text{ do PV ao nascimento.}$$

Posteriormente ao período de avaliação de transferência de imunidade passiva, as amostras de sangue foram colhidas a cada 14 dias, através da punção da veia jugular, utilizando-se tubos vacuolizados contendo fluoreto de sódio como antiglicolítico e EDTA de potássio como anticoagulante. As colheitas de sangue foram realizadas duas horas após o fornecimento da dieta líquida da manhã, sendo as amostras acondicionadas em gelo e transportadas para o laboratório. No laboratório, uma alíquota foi utilizada para a determinação de hematócrito, eritrograma e leucograma. Para determinar o hematócrito foram utilizados capilares sem heparina em microcentrífuga Modelo SPIN 1000 (MICROSPIN) a 12.000 x g, durante dez minutos. A contagem total de eritrócitos foi realizada a partir da diluição de 20 µ L da amostra de sangue em 4 mL no Líquido de Hayem. Em média 20 µ L dessa amostra diluída foi pipetada na abertura lateral da câmara de Neubauer espelhada, fazendo o líquido penetrar por capilaridade entre a câmara e a lamínula. Através de um microscópio, foram feitas as contagens em cinco quadrantes menores localizados no centro da área marcada da câmara de Neubauer, determinando-se a quantidade de hemácias/µL pela seguinte equação: Hemácias = $\Sigma q \cdot 5 \cdot 10^6$. Onde:

Σq = soma da contagem de eritrócitos de 5 quadrantes da câmara de Neubauer.

A contagem total de leucócitos foi realizada diluindo-se 20 µ L da amostra de sangue em 0,4 mL no Líquido de Turk, sendo uma pequena quantidade dessa amostra diluída foi pipetada na abertura lateral da câmara de Neubauer espelhada, fazendo o líquido penetrar por capilaridade entre a câmara e a lamínula. Utilizando-se um microscópio, foram feitas as contagens nos quatro quadrantes localizados nas extremidades da área marcada da câmara de

Neubauer, sendo determinada a quantidade leucócitos/ μL pela seguinte equação:
 $\text{Leucócitos}/\mu\text{L} = (\Sigma q / 4) \cdot 10.20$

Onde: Σq = soma da contagem de leucócitos dos 4 quadrantes da extremidade da câmara de Neubauer.

Para a determinação da contagem diferencial de leucócitos foram preparados esfregaços sanguíneos corados com corante de Wright. Para a contagem diferencial foi utilizado um microscópio com a lente objetiva de imersão, contando-se 100 leucócitos diferenciando-os através da morfologia das células, com auxílio de um contador diferencial de Células – Modelo CP 2100 (PHOENIX), percorrendo-se as bordas laterais das lâminas em trajeto de “zig-zag”.

O restante das amostras foi centrifugadas a $2000 \times g$, por 20 minutos a 4°C , sendo armazenadas em tubetes de plástico e congeladas para posterior determinação de glicose, β -hidroxibutirato, proteína total, AGNE (ácidos graxos não esterificados) e insulina através de kits enzimáticos, utilizando-se o Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA – 200. Foram utilizados kits LABTEST Diagnóstica S.A. (Lagoa Santa, MG, Brasil.) para as determinações de glicose (Ref. 85) e proteína total (Ref. 92-250). Kits da RANDOX Laboratories – Life Sciences Ltda (Crumlin, Uk) foram utilizadas as determinações de BHBA (Ranbut – Ref. RB1007) e AGNE (Nefa Ref. FA115).

A concentração de insulina foi determinada por um imunoensaio de quimiluminescência utilizando o Immulite 1000 (Siemens Healthcare Diagnostics, Deerfield, IL), utilizando componentes do kit comercial (Diagnostic Products Corp., Los Angeles, CA).

Desempenho

Após o período de colostragem, os bezerros receberam através de baldes 6L/dia de sucedâneo comercial (Sprayfo Azul, Nutreco Brasil Nutrição Animal LTDA, SP, Brasil) diluídos para 14% de sólidos, divididos em duas refeições. O concentrado peletizado comercial foi fornecido no período da manhã e diariamente, sendo as sobras do dia anterior pesadas em balança digital (Toledo 9094) para o cálculo do consumo diário de concentrado. O período de aleitamento compreendeu oito semanas, quando se encerrou o período experimental.

Periodicamente foram colhidas amostras de concentrado e sucedâneo para determinação da composição químico-bromatológica, realizada no Depto. de Zootecnia, ESALQ/USP (Tabela 5).

Tabela 5. Composição químico-bromatológica do concentrado e sucedâneo

	Concentrado	Sucedâneo ¹
Matéria seca, %	89,27	96,06
Matéria mineral, % MS	9,66	8,80
Proteína bruta, MS	24,67	22,46
Extrato etéreo, % MS	5,22	16,20
FDN, % MS	13,89	0,06
FDA, % MS	5,52	-
Carboidrato não fibroso, % MS	46,57	52,20

¹Sucedâneo diluído para 14% de sólidos

Os animais foram pesados ao nascer e semanalmente até 8 semanas de vida, sempre antes do fornecimento do sucedâneo da manhã. Também foi mensurada, quinzenalmente, a altura na cernelha e largura da garupa, utilizando-se régua com escala em centímetros; e perímetro torácico com fita flexível, também com escala em centímetros.

A saúde dos animais foi monitorada diariamente, para avaliar a saúde geral e diagnóstico de doenças. Também foi monitorada a incidência de diarreia pelo escore fecal dos animais e todas as ocorrências de doenças e tratamentos foram anotados em ficha individual. Para avaliação da consistência das fezes foi atribuído: (0) Normal, (1) Pastosa ou semi-formada; (2) Fluida; (3) Líquido-aquosa. A partir do escore dois foi considerada diarreia iniciando-se a reidratação, com a administração dois litros de soro caseiro (5g de sal comum, 25g de dextrose e 10g de bicarbonato para cada litro). O tratamento com antibióticos foi realizado quando o animal apresentou, além da diarreia, sintomas como febre e recusa da ingestão da dieta líquida.

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, sendo os animais alocados nos blocos de acordo com a data de nascimento, peso ao nascer e sexo. As medidas de desempenho e parâmetros sanguíneos foram analisadas como medidas repetidas no tempo utilizando-se o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC), conforme modelo: $Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + W_k + TW_{ik} + E_{ijk}$. Onde, Y_{ijk} = variável resposta; μ = média geral; T_i = efeito do tratamento (diferente protocolo de colostragem); B_j = efeito do bloco; W_k = efeito da idade dos animais (tempo ou dias de vida); TW_{ik} = efeito da interação tratamento e idade; E_{ijk} = efeito devido ao acaso (resíduo).

As variáveis fixas foram avaliadas utilizando o seguinte modelo estatístico: $Y_{ji} = \mu + D_i + b_j + e_{ij}$ onde μ = média geral; D_i = efeito do protocolo de colostragem; b_j = efeito de bloco; e e_{ij} = erro residual. A melhor estrutura de covariância foi identificada a partir de diferentes estruturas através da comparação da estatística AICC (Akaike's Information Criteria Corrected), sendo escolhida aquela com menor valor (WANG; GOONEWARDENE, 2004).

Para efeito de comparação de médias, foi utilizado o método dos quadrados mínimos (LSMEANS), com nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS

4.1. Transferência de imunidade passiva

O consumo de imunoglobulina foi afetado pelos protocolos de colostragem ($P < 0,0001$). Como esperado, devido ao maior volume fornecido, o tratamento 4CM apresentou o maior consumo de imunoglobulinas, seguido pelo tratamento 3SC. Consequentemente, os tratamentos 2CM e 2SC apresentaram os menores consumo de imunoglobulinas.

Os protocolos de colostragem foram eficientes na transferência de imunidade passiva, com valores médios acima de 5,5 g/dL para o refratômetro de proteínas séricas e 8,4% de brix para o refratômetro de brix (Tabela 6), porém não foram observadas diferenças entre os mesmos ($P > 0,05$). A concentração de IgG, determinada por imunodifusão radial, também não diferiu entre os protocolos.

Tabela 6. Avaliação da transferência de imunidade passiva de bezerros que receberam diferentes doses de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

Item	Tratamentos ¹					EPM ²	P-valor
	2CM	4CM	2CM1SC	2SC	3SC		
Consumo de Ig, g	192,78 ^c	387,6 ^a	296,16 ^b	200,93 ^c	300,23 ^b	11,89	0,0001
PT ³ , g/dL às 48h	5,67	6,20	6,05	5,79	6,37	0,68	0,2577
Brix ⁴ , % às 48h	8,71	9,36	9,15	8,80	9,4	0,80	0,2864
IgG, g/L às 48h	24,00	25,88	24,35	21,84	24,34	1,83	0,4032
EAA ⁵ , %	40,81 ^a	21,29 ^c	26,78 ^{bc}	34,68 ^{ab}	25,86 ^{bc}	2,84	0,0001
FTIP, %	20,00	0,0	30,00	30,00	0,0	-	-

¹2CM = 2L de colostro materno, 4CM = 4L de colostro materno, 2CM1SC = 2L de colostro materno + uma dose de substituto de colostro, 2SC = Duas doses de substituto de colostro e 3SC = três doses de substituto de colostro

²EPM = erro padrão da média

³Refratômetro de proteína sérica; ⁴Refratômetro de brix; ⁵Eficiência aparente de absorção

Os protocolos de colostragem afetaram a eficiência aparente de absorção ($P < 0,0001$). De maneira oposta ao consumo de imunoglobulinas, a eficiência aparente de absorção foi maior para os tratamentos com menores volumes de colostro 2CM e 2SC, respectivamente. Os maiores consumos de imunoglobulinas, observados nos protocolos 2CM1SC, 3SC e 4CM, reduziram gradativamente a eficiência aparente de absorção. Esses resultados mostram que a ingestão crescente de imunoglobulinas com maiores volumes de colostro materno ou substituto de colostro reduz a EAA. Os maiores percentuais de FTIP foram observados para os protocolos 2CM1SC e 2SC seguido do tratamento 2CM. Os bezerros colostrados com os protocolos 4CM e 3SC não apresentaram FTIP.

4.2. Eritograma e leucograma de 0 e 48h de vida

A contagem média de eritrócitos entre 0 e 48h após o nascimento não foi influenciada pelos protocolos de colostragem (Tabela 7). A contagem global dos leucócitos também não foi afetada pelos protocolos de colostragem, porém apresentou efeito da hora ($P= 0,005$), com comportamento decrescente entre o tempo zero até 48 horas (Figura 1A). Quanto a contagem diferenciada média, não houve efeito dos protocolos para todas as classes ($P>0,05$). No entanto, a classe neutrófila teve efeito da hora com comportamento semelhante a contagem global de leucócitos com redução na sua contagem entre o tempo zero e 48 horas de vida (Figura 1B).

Tabela 7. Contagem média de eritrócitos e leucócitos de bezerros antes (0h) e após (48h) a ingestão de diferentes doses de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

Item	Tratamentos ¹					EPM ²	P-valor ³		
	2CM	4CM	2CM1SC	2SC	3SC		T	H	T x H
Eritrócitos (10^6) / μ L, 0 a 48h	6,5	5,8	5,7	6,1	5,9	8,51	0,7910	0,2874	0,6805
Leucócitos (10^3) / μ L, 0 a 48h	5,7	5,3	6,4	6,6	6,9	6,52	0,4585	0,0050	0,8650
Eosinófilo (/ μ L)	2,56	13,73	17,2	10,06	4,68	6,21	0,4221	0,3581	0,0638
Basófilo (/ μ L)	0,0	2,72	0,0	0,0	0,0	1,20	0,4346	0,3195	0,4346
Linfócito total (/ μ L)	1628,7	1588,4	2232,3	1673,2	1720,4	272,54	0,3982	0,7621	0,3596
Monócito (/ μ L)	304,03	219,4	243,2	287,42	249,94	54,31	0,8036	0,4206	0,1280
Neutrófilos total (/ μ L)	3885,2	3524,2	3939,9	4452,29	4954,9	524,12	0,4002	0,0029	0,6285

¹2CM = 2L de colostro materno, 4CM = 4L de colostro de materno, 2CM1SC = 2L de colostro materno + uma dose de substituto de colostro, 2SC= Duas doses de substituto de colostro e 3SC= três doses de substituto de colostro

²EPM = erro padrão da média

³ T= efeito de tratamento; H= efeito de hora de avaliação; T x H= efeito da interação entre tratamento e hora de avaliação.

Figura 1. (A) Contagem global de leucócitos ($P=0,005$) e (B) neutrófilos ($P<0,0001$) de bezerros antes e após a ingestão de diferentes doses de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

4.3. Parâmetros sanguíneos de 0 e 48h de vida

Os parâmetros metabólicos avaliados antes e após o período de colostragem não foram influenciados pelos protocolos de colostragem ($P>0,05$; Figura 2). Com exceção da concentração de albumina, todos os outros parâmetros metabólicos apresentaram efeito de horas de vida ($P<0,0001$). Conforme esperado, a proteína total e a glicose apresentaram valores de concentração crescente de 0 para 48h. De forma inversa, a concentração de AGNE foi decrescente do nascimento até 48 horas de vida. Em oposição ao previsto, a concentração plasmática de insulina foi decrescente de zero até 48 horas de vida.

Figura 2. Proteína total g/dL ($P<0,0001$); Glicose mg/dL ($P<0,0001$); AGNE mmol/L ($P<0,001$); Insulina µIU/mL ($P<0,0001$) de bezerros antes e após a ingestão de diferentes doses de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

4.4. Saúde

Os protocolos de colostragem não influenciaram o escore fecal médio (Tabela 8), dias com diarreia, tal como dias com febre e número de tratamentos com medicamentos para diarreia ($P>0,05$). Na avaliação do escore fecal, considerou-se a ocorrência de diarreia quando o escore foi superior a 1. A maior frequência de casos deu-se entre a segunda e terceira semana de vida dos animais para todos os protocolos (Figura 3). Contudo, todos os protocolos apresentaram um número elevado de dias com diarreia. Baseado nos sinais clínicos apresentados pelos animais durante o período experimental, pode-se sugerir que os bezerros foram acometidos pela

enteropatógeno *Cryptosporidium*, explicando o número alto de dias com diarreias e o baixo desempenho apresentado (Tabela 9).

Tabela 8. Escore fecal e saúde de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

Item	Tratamentos ¹					EPM ²	P-valor ³		
	2CM	4CM	2CM1SC	2SC	3SC		T	I	T x I
Escore fecal	1,32	1,40	1,34	1,41	1,2	0,08	0,5873	0,0001	0,4784
Hematócrito, %	22,02	21,13	20,54	20,02	20,14	1,20	0,7054	0,0001	0,0318
Dias com febre	9,00	8,37	8,11	9,90	6,14	1,82	0,7072	-	-
Dias com diarreia	23,30	27,12	22,00	24,70	19,66	2,48	0,3685	-	-
Nº trat. diarreia	1,00	0,87	1,00	0,90	0,87	0,17	0,8499	-	-
Nº trat. DR ⁴	0,70	0,33	0,10	0,4	0,42	0,14	0,1021	-	-
Nº trat.TPB ⁵	0,30 ^b	0,77 ^{ab}	1,33 ^a	0,80 ^{ab}	0,83 ^{ab}	0,22	0,0042	-	-

¹ 2CM= 2L de colostro materno, 4CM = 4L de colostro de materno, 2CM1SC = 2L de colostro materno + uma dose de substituto de colostro, 2SC=Duas doses de substituto de colostro e 3SC= três doses de substituto de colostro

² EPM = erro padrão da média

³ T= efeito de tratamento; I= efeito da idade de avaliação; T x I= efeito da interação entre tratamento e idade de avaliação.

⁴ Número de tratamentos para doenças respiratórias

⁵ Número de tratamentos para tristeza parasitária bovina

Os protocolos de colostragem afetaram o número de tratamentos para tristeza parasitária bovina, sendo maior para os animais que receberam 2CM1SC e o menor para aqueles que receberam 2CM, não havendo diferenças entre os demais protocolos de colostragem. Apesar da diferença apenas para o número de tratamentos contra tristeza parasitária bovina, o número de tratamentos para doenças respiratórias teve comportamento inverso, sugerindo que outros agentes oportunistas foram inibidos. A porcentagem de hematócrito também não diferiu entre os tratamentos.

Figura 3. Escore fecal e acordo com a semana de vida de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

4.5. Desempenho

O consumo médio de concentrado não foi afetado pelos protocolos de colostragem ($P>0,05$), mas foi crescente ao longo das semanas. O peso médio e o ganho de peso diário (GPD) também não foram influenciados, assim como as medidas corporais de perímetro torácico, largura de garupa e altura de cernelha ($P>0,05$), embora todas estas variáveis tenham sido crescentes ao longo das semanas ($P<0,05$), em virtude do crescimento dos animais.

Tabela 9. Consumo, desempenho e medidas corporais de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

Item	Tratamentos ¹						P-valor ³		
	2CM	4CM	2CM1SC	2SC	3SC	EPM ²	T	I	T x I
Consumo, g/d									
Concentrado	172,55	151,19	149,93	113,77	103,07	18,83	0,0568	0,0001	0,3708
Consumo 8ª sem	299,23	298,96	324,81	200,12	107,65	-	-	-	-
Peso corporal, kg									
Nascimento	33,41	34,59	33,55	33,99	35,18	-	-	-	-
Desaleitamento	49,88	50,32	49,51	45,61	46,93	-	-	-	-
Médio	40,25	41,05	40,20	39,82	40,27	1,89	0,9523	0,0001	0,9828
GPD, g	298,2	243,4	251,3	385,2	210,4	116,1	0,8515	0,0005	0,5562
PT, cm	79,79	80,24	80,86	80,46	80,77	1,27	0,9168	0,0001	0,9828
LG, cm	21,01	21,21	21,28	21,05	21,29	0,45	0,9075	0,0001	0,1462
AC, cm	79,76	79,65	78,94	79,19	79,99	1,35	0,8440	0,0001	0,4559

¹2CM = 2L de colostro materno, 4CM = 4L de colostro de materno, 2CM1SC = 2L de colostro materno + uma dose de substituto de colostro, 2SC= Duas doses de substituto de colostro e 3SC= três doses de substituto de colostro.

²EPM = erro padrão da média

³T= efeito de tratamento; I= efeito da idade de avaliação; T x I= efeito da interação entre tratamento e idade de avaliação.

PT = Perímetro torácico; LG = Largura de garupa e AC = Altura de cernelha

Embora o consumo de concentrado tenha apresentado comportamento crescente durante as semanas, o mesmo foi muito baixo para todos os tratamentos (Figura 4). Observou-se na segunda semana de vida, grande redução nas taxas de crescimento com ganhos insignificantes ou até mesmo perda de peso (Figura 5).

Figura 4. Consumo de concentrado de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

Figura 5. Ganho de peso diário de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

4.6. Parâmetros sanguíneos durante aleitamento

Os parâmetros sanguíneos avaliados quinzenalmente da segunda até 8ª semana de vida estão apresentados na Tabela 10. As concentrações de proteína total, albumina, glicose, BHBA (β -hidroxibutirato), bem como AGNE e insulina não foram afetados pelos protocolos de colostragem ($P > 0,05$). Entretanto, houve efeito de idade para a concentração de glicose (Figura 6), a qual apresentou uma leve variação durante o período de estudo, com um aumento seguida de uma posterior redução. A concentração de BHBA também teve efeito da semana, de forma que todos os protocolos apresentaram concentrações crescentes durante o período de aleitamento, com comportamento semelhante ao consumo de concentrado (Figura 4). Também foi observado efeito da semana para os AGNE, em que todos os protocolos apresentaram comportamento variado entre as semanas de estudo, tendo um aumento acentuado com uma subsequente redução. Do mesmo modo, houve efeito da semana para a insulina, a qual também teve comportamento crescente durante o período experimental.

Tabela 10. Parâmetros sanguíneos de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

Item	Tratamentos ¹					EPM ²	P-valor ³		
	2CM	4CM	2CM1SC	2SC	3SC		T	Idade	TxI
Albumina, g/dL	2,85	2,80	2,80	2,70	2,82	0,06	0,5237	0,0370	0,2699
PT, g/dL	6,28	6,49	6,18	6,47	5,74	0,33	0,5710	0,0683	0,9895
Glicose, mg/dL	90,66	85,12	88,26	89,16	90,33	5,04	0,9196	0,0009	0,2237
BHBA, mmol/L	0,077	0,076	0,081	0,065	0,061	0,006	0,1753	0,0001	0,4604
AGNE, mmol/L	0,341	0,268	0,284	0,316	0,306	0,044	0,7732	0,0001	0,9433
Insulina, µIU/mL	17,70	15,62	17,09	17,33	18,70	2,53	0,9460	0,0002	0,5622

¹2Cm = 2L de colostro materno, 4Cm = 4L de colostro de materno, 2Cm1Sc = 2L de colostro materno + uma dose de substituto de colostro, 2Sc= Duas doses de substituto de colostro e 3Sc= três doses de substituto de colostro.

²EPM = erro padrão da média

³T= efeito de tratamento; I= efeito da idade de avaliação; T x I= efeito da interação entre tratamento e idade de avaliação.

Figura 6. Glicose mg/dL; BHBA mmol/L; AGNE mmol/L e Insulina μ IU/mL de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

4.7. Eritograma e leucograma

A contagem de eritrócitos e a contagem global dos leucócitos durante o período de aleitamento não foram afetadas pelos protocolos de colostragem ($P > 0,05$; Figura 7). Entretanto, tanto os eritrócitos ($P < 0,0001$) quanto os leucócitos ($P = 0,0026$) tiveram efeito de idade. A contagem de eritrócitos reduziu da segunda para quarta semana de vida, mantendo-se estável até a oitava semana. A contagem global de leucócito aumentou da segunda para quarta semana de vida, seguida de uma redução na sexta semana.

Figura 7. Contagem de eritrócitos ($P= 0,0001$) e contagem global de leucócitos ($P= 0,0026$) de bezerros que receberam diferentes dose de imunoglobulinas provenientes de colostro materno ou substituto de colostro

5. DISCUSSÃO

A FTIP é um dos mais importantes fatores de risco e preditores de morbidade e mortalidade em bezerros leiteiros (Windeyer et al., 2014). Por isso, é importante que os produtores tenham a disposição informações sobre as vantagens e/ou desvantagens a respeito do fornecimento de colostro materno ou substituto de colostro (Priestley et al., 2013). Os resultados do presente estudo mostraram que tanto o colostro materno ou substituto de colostro foram eficientes na TIP, com valores médios de PT $> 5,5$ g/dL, oposto ao encontrado por Swan et al. (2007), que encontraram FTIP quando utilizaram substituto de colostro comercial (PT 4,6 g/dL) comparado ao colostro materno (PT 5,5 g/dL).

No entanto, a % de FTIP foi de 30% para bezerros alimentado com 2CM1SC e 2SC e 20% para bezerros colostrados com 2CM, enquanto animais colostrados com maiores doses de Ig (4CM e 3SC) não apresentaram FTIP. Estes resultados indicam que o fornecimento de maiores quantidades de IgG a bezerros recém-nascidos resulta em maiores concentrações séricas de IgG, consequentemente, evitando FTIP, muito embora reduza a eficiência de absorção. Godden et al. (2009a), estudando o efeito do fornecimento de uma (100g de IgG) ou duas doses (200 g de IgG) de substituto de colostro, observaram que a administração de duas doses do substituto de colostro resultou em níveis mais elevados de proteína total sérica e de concentração de IgG. Os autores também observaram que todos os animais alimentados com duas doses de SC tiveram sucesso na TIP, contra 45,8% de FTIP para animais colostrados com apenas uma dose de SC.

O protocolo 2CM foi previamente delineado para ser o controle negativo, entretanto a média de ingestão de imunoglobulinas foi superior as 100 g de IgG que é o mínimo recomendado pela literatura para evitar FTIP. Com isso a oportunidade de avaliar um controle negativo foi reduzida.

Em pesquisas recentes, a absorção e concentração sérica de IgG foram adequadas quando os bezerros receberam SC ou CM (Lago et al., 2017). No entanto, o SC causou redução na concentração sérica de IgG (19,6 mg/mL), quando comparados ao CM (23,4 mg/mL) (Lago et al., 2017). Outro estudo comparando concentrações de IgG em bezerros com 24 horas de vida (Jones et al., 2004), também não observaram diferenças entre a concentração de IgG para os bezerros que receberam CM ($13,76 \pm 0,66$ g/L), em relação a bezerros alimentados com SC a base de soro bovino ($13,84 \pm 0,65$ g /L). Estes resultados corroboram com o presente estudo, onde as concentrações de IgG às 48h foram adequadas para todos os protocolos e não houveram diferenças entre os mesmos.

A eficiência aparente de absorção foi maior para os protocolos com menores consumos de IgG. A maior parte das pesquisas mostram uma relação linear entre IgG sérica e IgG colostrar (McEwan et al., 1970; Stott e Fellah, 1983), sugerindo que a EAA seja constante para ingestão de IgG (Quigley e Drewry, 1998). No entanto, outros pesquisadores relataram uma relação curvilínea entre a ingestão de IgG e sua concentração sérica, sugerindo que existe uma quantidade máxima de Ig que pode ser absorvida no intestino (Besser et al., 1985; Besser et al., 1991). Consequentemente, pode existir uma quantidade máxima de colostro fornecido, onde acima dessa quantidade a absorção de imunoglobulinas se torna ineficaz (Quigley e Drewry, 1998), como relatado no presente estudo.

Besser et al. (1985) sugeriram que um dos possíveis mecanismos que pode ser responsável pela diminuição da EAA para IgG sérica, quando se fornece colostro com alta concentração de imunoglobulinas, inclui a saturação do mecanismo de transporte de macromoléculas através do epitélio intestinal. Stott e Fellah (1983) relataram que bezerros alimentados com 1 L de colostro contendo grandes quantidades de IgG foram mais eficientes na absorção de IgG do que bezerros alimentados com a mesma massa de IgG em 2L. No presente estudo, o volume entre os protocolos foram variados. Outra possível razão para redução na eficiência de absorção de IgG, quando é ofertado grande volume de colostro em uma única alimentação, é a distensão mecânica do abomaso, levando a uma redução no esvaziamento do abomaso (Conneely et al., 2014). A taxa de esvaziamento do abomaso é um fator que afeta a absorção da IgG colostrar (Mokhber-Dezfooli et al., 2012) e, assim, a redução no esvaziamento do abomaso pode resultar na redução da absorção de componentes colostrais (Sakai et al., 2012).

Ao contrário dos resultados da presente pesquisa, Lago et al. (2017) não encontraram diferença para EAA quando os bezerros foram alimentados com SC (34,4%) ou CM (35,9%). A EAA de bezerros recebendo diferentes doses de um substituto comercial contendo 450g ou 150g de IgG também não diferiram no estudo de Quigley et al. (2017). Segundo os mesmos autores, as médias de EAA registradas foram de 13%, sendo bem menores que as médias registradas para todos os protocolos de colostragem no presente estudo. Geralmente, a EAA tem sido relatada como maior que 20% quando os bezerros são alimentados com colostro dentro de poucas horas após o nascimento (Quigley e Drewry, 1998). Com isso, todos os protocolos apresentaram EAA dentro do relatado na literatura.

Durante o processo de congelamento e descongelamento do colostro, há perdas de leucócitos maternos devido à lise dessas células (Langel et al., 2015). Considerando que parte dos protocolos de colostragem foram compostos por SC ou CM proveniente de banco de

colostro (colostro congelado), a contagem global dos leucócitos não foi influenciada pelos protocolos. As médias de contagem de células da série branca, no período de zero a 48 horas de vida dos bezerros na presente pesquisa, foi inferior as médias encontrada por Benesi et al. (2012), os quais relataram valores médios absoluto de leucócitos de 9305,0 μL e 8220,0 μL , nas primeiras oito horas e com dois dias de vida, respectivamente. Contudo, a contagem total de leucócitos e a classe neutrófila também apresentaram uma flutuação no período de zero para 48 horas de vida, como também relatado por Benesi et al. (2012).

Os valores de proteína total observados tanto para os protocolos composto por CM ou SC foram crescente de 0 a 48 horas de vida. Em virtude da estrutura placentária sineptelicorial dos bovinos, não ocorre passagem transplacentar de moléculas de imunoglobulinas para o feto. Como resultado, os bezerros recém-nascidos são hipogamaglobulinêmicos. Assim, o aumento observado de PT é dependente especificamente da absorção intestinal da proteína colostrar ingerida pelo bezerro, representada principalmente pela imunoglobulina (Osaka et al., 2014), qual no presente estudo foi proveniente de CM ou SC.

A concentração de glicose teve comportamento semelhante ao da proteína total. Vários estudos relatam que bezerros recém-nascidos reduzem as concentrações plasmáticas de glicose imediatamente após o nascimento, seguido de um aumento após a primeira refeição com colostro (Hadorn et al., 1997; Hammon and Blum, 1998; Kühne et al., 2000; Rauprich et al., 2000; Hammon et al., 2003; Steinhoff-Wagner et al., 2011). De acordo com Hammon et al. (2013), o fornecimento de colostro melhora o status glicêmico de bezerros recém-nascidos aumentando a absorção de glicose, o que resulta em concentração pós-prandial elevada (Hammon et al., 2013). Podem haver efeitos duradouros de oferta adequada de colostro e do status de glicose no crescimento e desenvolvimento pós-natal, e o fornecimento de colostro pode contribuir para o desempenho neonatal no futuro (Hammon et al., 2013).

De forma inversa ao comportamento da glicose, a concentração de AGNE foi decrescente do nascimento até 48 horas de vida. Pesquisas anteriores também, relataram redução dos valores de AGNE nos primeiros dias de vida (Piccione et al., 2010; Kühne et al., 2000). Diante do comportamento dos metabólitos glicose e AGNE, é possível sugerir que os protocolos de colostragem tiveram status nutricional com adequando suprimento energético. O aumento de AGNE circulantes pode estar associado ao metabolismo de gordura para suprir a demanda metabólica por energia e controle de temperatura (Silva e Bittar, 2019). Isso enfatiza a importância do colostro para o metabolismo energético do recém-nascido, sendo a principal fonte de nutrientes (Blum e Hammon, 2000).

A concentração plasmática de insulina decresceu entre 0 e 48 horas de vida para todos os protocolos de colostragem. As concentrações plasmáticas de insulina foram reduzidas no nascimento e aumentaram após a primeira ingestão de colostro, indicando que a ingestão de nutrientes, especialmente a ingestão de glicose, estimula a secreção de insulina (Hadorn et al., 1997; Hammon and Blum, 1998; Rauprich et al., 2000; Nussbaum et al., 2002). Porém, não há evidências de que a insulina colostrar seja absorvida em quantidades significativas no trato gastrointestinal em bezerros recém-nascidos para alcançar efeitos sistêmicos (Grütter e Blum, 1991). Portanto, a insulina medida no plasma sanguíneo de bezerros neonatais tem origem na secreção pancreática (Hammon et al., 2013).

Uma vez que todos os protocolos apresentaram TIP adequada, não houve influência sobre parâmetros de saúde, com exceção do número de tratamentos para tristeza parasitária que foi menor para os animais que receberam 2CM. Este resultado também era esperado para os outros protocolos que continham colostro materno, uma vez que bezerros infectados nos primeiros dias de vida, em regiões de estabilidade endêmica, apresentam maior resistência devido à absorção de anticorpos colostrais (Madruga et al., 1987). O substituto de colostro utilizado na presente pesquisa foi importado de região não endêmica e provavelmente não apresenta anticorpos contra esta enfermidade. Porém, durante o período experimental, o local utilizado para o presente estudo apresentava alta infestação do carrapato (*Rhipicephalus microplus*). Portanto, os animais de ambos os protocolos de colostragem foram susceptíveis ao complexo tristeza parasitária bovina.

Corroborando com o presente trabalho, Lago et al. (2017) não observaram diferenças na taxa de risco para tratamento contra diarreia ou doenças respiratórias para bezerros que receberam SC ou CM. No entanto, os mesmos autores relataram que animais alimentados com SC tiveram 13,5% maior risco de ter febre em relação aos bezerros que receberam CM. Priestley et al. (2013), avaliando o fornecimento de colostro materno (3,8 L) ou substituto de colostro de diferentes fontes (derivado de plasma - 150g IgG ou derivado de colostro - 100g IgG), concluíram que o CM apresentou menor incidência de diarreia quando comparado com SC, porém não houve diferença entre os tratamentos para incidência de pneumonia, artrite e onfalite. Em oposição aos resultados da presente pesquisa, onde não houve diferença para o número de tratamentos com antibióticos, Aly et al. (2013) observaram que bezerros alimentados com 200 g de IgG proveniente de SC foram menos propensos a receberem tratamentos com antibióticos durante o período de aleitamento, em comparação aos animais que foram alimentados 3,8 L de CM.

Os bezerros apresentaram maior ocorrência de diarreia na segunda e terceira semana de vida. Em levantamento realizado no Brasil, mostra que 56% dos episódios de diarreia ocorrem na segunda semana de vida (Alta Cria, 2018). Bartels et al. (2010) também observaram maior prevalência de diarreia na segunda semana de vida. Nesse período ocorre o declínio da imunidade conferida pelo colostro, deixando os animais mais suscetíveis a infecções. A duração da imunidade passiva é influenciada principalmente pela concentração e a meia-vida das imunoglobulinas presentes no colostro (Baintner, 2007). Esses dois fatores variam de acordo com o agente contra o qual as imunoglobulinas foram produzidas (Tizard, 2014). A maioria dos anticorpos maternos bovinos tem uma meia-vida de 16 a 28 dias (Chase et al., 2008). Além disso, resultados de estudos anteriores não observaram associação entre a ingestão de IgG pelo colostro e a ocorrência de diarreia em bezerros (Klein- Jobstl et al., 2014; Meganck et al., 2015).

Em decorrência do número elevado de dias com diarreia e o baixo ganho de peso associados aos sinais clínicos apresentados pelos animais, pode-se sugerir que os mesmos foram acometidos pelo enteropatógeno *Cryptosporidium*. A diarreia causada por *Cryptosporidium* ocorre geralmente em torno de 3 a 4 dias após a ingestão de oocistos e dura, aproximadamente, 1 a 2 semanas (Santín et al., 2008), o que explica o número de dias com diarreia superior a 15 dias para todos os protocolos. Um bezerro contaminado pode disseminar milhões de oocistos durante as duas primeiras semanas de infecção (Fayer et al., 1996), os quais são extremamente infecciosos para outros hospedeiros suscetíveis (Nydam et al., 2001). Juntamente com a capacidade de rápida multiplicação e estabelecimento da infecção no intestino, o *Cryptosporidium parvum* é difícil de ser controlado e eliminado do ambiente (Thomsson et al., 2017).

Segundo Meganck et al. (2015), *C. parvum* é um dos enteropatógenos comumente encontrados em fezes de bezerros. A prevalência de diarreia neonatal em bezerros causados por *C. parvum* varia entre 27,8 a 58,5%. Além de *C. parvum*, a *Escherichia coli* enterotóxica, rota e coronavírus são também os enteropatógenos importantes causadores de diarreia neonatal em todo o mundo (Santín et al., 2004; Trotz-Williams et al., 2007; Bartels et al., 2010). Mesmo após os episódios de diarreia os animais do presente estudo apresentavam comportamento apático e letárgico. Isso implicou em baixo consumo de concentrado, uma vez que após a infecção os bezerros demoraram a retornar ingerir dieta sólida, o que também casou efeitos sobre o GPD. Segundo Borderas et al. (2007), a redução do apetite é parte da resposta comportamental a infecções e também da resposta adaptativa às citocinas pró-inflamatórias.

Apesar das condições sanitárias desafiadoras, as quais os animais foram expostos durante o período experimental, todos os protocolos de colostragem apresentaram

comportamento semelhante em relação as variáveis de saúde. Isso pode ter ocorrido em virtude de todos os protocolos apresentarem TIP adequada. Contudo, esperava-se que os bezerros colostrados com maiores doses de Ig apresentassem menores incidências de doenças, uma vez que o fornecimento de maiores volumes de colostro está associado com a redução e intensidade de doenças em bezerros (Furman-Fratczak et al., 2011). No entanto, de acordo com Chamorro et al. (2017), níveis elevados de IgG sérica após a ingestão de colostro nem sempre fornecem proteção completa contra o amplo espectro de patógenos onipresentes encontrados no ambiente de bezerros leiteiros neonatais.

Como discutido anteriormente, apesar do consumo de concentrado ser crescente durante o período experimental, o mesmo foi muito abaixo do esperado, não atingindo consumo adequado na idade ao desaleitamento (56 dias). Segundo Quigley (1996), para que o desaleitamento seja realizado sem prejuízos ao desempenho animal, bezerros holandeses devem apresentar consumo mínimo de 700 a 800 gramas de concentrado durante pelo menos três dias consecutivos. Santos et al. (2015), fornecendo 6L/dia de sucedâneo para bezerros leiteiros até oito semanas de idade, também obtiveram médias de consumo de concentrado abaixo do recomendado pela literatura (589,1 g/dia), porém com valores superiores aos do presente estudo. O período de desaleitamento não fez parte da pesquisa, no entanto, ao final do período experimental os animais foram submetidos ao desaleitamento gradual, e durante esse período aumentaram rapidamente o consumo de concentrado, sendo possível realizar o desaleitamento sem afetar a saúde e desempenho dos bezerros.

O baixo consumo de concentrado refletiu negativamente no GPD e consequentemente no peso ao desaleitamento. Porém, não foram observadas diferenças entre os protocolos de colostragem. Em acordo com os resultados do presente estudo, Jones et al. (2004), avaliando o ganho médio diário, a altura da cernelha e circunferência do tórax de bezerros recebendo SC ou CM não observaram diferenças entre os tratamentos. Lago et al. (2017) encontraram ganho médio diário ligeiramente maior para bezerros que receberam CM (0,360 Kg) quando comparados aos animais que receberam SC (0,330 Kg). No entanto, segundo os autores, esse leve aumento no GPD para o CM não representa importância biológica ou econômica. Já Aly et al. (2013) relataram que bezerros recebendo SC apresentaram maior GPD (0,405 Kg) em relação aos bezerros que foram alimentados com CM (0,355).

A maior parte da literatura relata associação positiva entre concentração de IgG sérica e ganho de peso (Robison et al., 1988; Mee et al., 1996). No entanto, Furman-Fratczak et al. (2011) avaliando os seis primeiros meses de vida de bezerros, não observaram associação entre IgG sérica e desempenho. Esperava-se que os animais recebendo maiores doses de

imunoglobulinas apresentassem melhor desempenho. Entretanto, é difícil perceber qualquer benefício adicional em curto prazo. É possível que tais resultados possam ser observados em longo prazo. No trabalho de Williams et al. (2014), bezerras que receberam maiores volume de colostro de alta qualidade apresentaram níveis mais elevados de IgG sérica na primeira semana de vida e maiores produção de leite quando adultas.

O baixo consumo de dieta sólida também teve reflexos sobre os parâmetros metabólicos avaliados quinzenalmente. As concentrações de glicose permaneceram dentro dos valores recomendados pela literatura (80 a 120mg/dL) para bezerros lactentes para todos os protocolos de colostragem (Reece, 2006). Desta forma, pode se dizer que os animais do presente estudo apresentaram status glicêmico adequado. O sucedâneo lácteo foi a principal fonte de nutrientes até o fim do período experimental. Conforme Haga et al. (2008), a principal fonte de energia para bezerros jovens é a glicose da lactose presente na dieta líquida, a qual é absorvida no intestino delgado e entra na circulação mais rapidamente do que entraria através da fermentação de carboidratos no rúmen ou via gliconeogênese hepática (Quigley et al., 1991).

Em resposta a concentração de glicose, a concentração de insulina foi crescente durante as semanas. Esses dados corroboraram aos observados por Breier et al. (1988) que descreveram aumento gradual nas concentrações plasmáticas de insulina em bezerros durante o período de aleitamento. As altas concentrações de glicose e insulina observadas nas últimas semanas experimentais sugerem que o desenvolvimento ruminal foi prejudicado, uma vez que redução das concentrações de glicose e insulina circulantes, está correlacionada ao desenvolvimento do epitélio ruminal. Zitnan et al. (2005) observaram correlação negativa entre concentração de insulina e comprimento e área das papilas ruminais, e correlação negativa também entre insulina e proporção molar de propionato no rúmen.

Normalmente com avanço da idade e desenvolvimento do rúmen, devido a maior ingestão de dieta sólida, as concentrações de glicose tendem a diminuir (Haga et al., 2008). Como reflexo da adaptação do metabolismo dos bezerros, o epitélio ruminal inicia a oxidação do butirato produzido durante a fermentação ruminal em BHBA e a glicose plasmática passa a ser proveniente principalmente da gliconeogênese hepática (Quigley et al., 1991). Este comportamento não foi observado no presente estudo devido aos baixos consumos de concentrado.

Assim, o baixo consumo de concentrado refletiu sobre os valores médio de BHBA, os quais foram menores que os observados para bezerros com o rúmen em desenvolvimento (Quigley et al., 1991). Da mesma forma, o baixo consumo de dieta sólida influenciou as concentrações de AGNE. Inverso a concentração de BHBA, que é altamente correlacionada

com o consumo de concentrado, as concentrações de AGNE estão negativamente correlacionadas com a ingestão de alimento sólido por bezerros pré-ruminante (Quigley, 1996). Por esse motivo, as médias de concentrações de AGNE foram altas durante o estudo. As maiores concentrações de AGNE para todos os protocolos foram observadas na quarta semana de vida, indicando que houve mobilização das reservas corporais nesse período. Concentrações elevadas de AGNE indicam maior mobilização de gordura devido à baixa ingestão de nutrientes (Abdelgadir et al., 1996; Gilbert et al., 2017). A redução da concentração de glicose e AGNE no plasma com o avançar da idade também é consequência do aumento da ingestão de concentrado e indicam desenvolvimento ruminal (Quigley et al., 1991). Este comportamento que também não foi demonstrado pelos animais da presente pesquisa.

Estudos comparando o fornecimento de SC ou CM e parâmetros metabólico durante a fase de aleitamento são escassos. Com isso é difícil apontar que os resultados encontrados tiveram alguma influência dos protocolos de colostragem.

6. CONCLUSÃO

Tanto o colostro materno quanto o substituto de colostro foram eficientes na transferência de imunidade passiva, resultando em desempenho similar mesmo em condições de alto desafio sanitário. Dessa forma, o substituto de colostro avaliado no presente estudo pode ser uma alternativa em situações de escassez de colostro materno em quantidade ou qualidade adequada para o recém-nascido. Contudo, é difícil identificar benefícios adicionais em curto prazo na saúde e desempenho de bezerro recebendo doses elevadas de imunoglobulinas.

REFERÊNCIAS

- Abdelgadir, I. E. O., J. L. Morrill, and J. J. Higgins. 1996. Effect of roasted soybeans and corn on performance and ruminal and blood metabolites of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 79:465–474.
- Alta cria 2018. 2018: Uberaba, Minas Gerais, 2018. 1ª edição.
- Aly, S. S., P. Pithua, J. D. Champagne, and D. M. Haines. 2013. A randomized controlled trial on preweaning morbidity, growth and mortality in Holstein heifers fed a lacteal-derived colostrum replacer or pooled maternal colostrum. *BMC Vet. Res.* 9:168.
- Baintner, K. 2007. Transmission of antibodies from mother to young: evolutionary strategies in a proteolytic environment. *Vet. Immunol. Immunop.* 117:153-161.
- BAMN. Bovine Alliance on Management and Nutrition. 1998. A guide to colostrum and colostrum management for dairy calves. Washington, Animal and Plant Health Inspection Service.
- Barrington, G. M., and S. M. Parish. 2001. Bovine neonatal immunology. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 17:463-476.
- Barrington, G. M., J. M. Gay, and J. F. Evermann, J.F. 2002. Biosecurity for neonatal gastrointestinal diseases. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 18:7-34.
- Barrington, G. M., T. E. Besser, W. C. Davis, C. C. Gay, J. J. Reeves, and T. B. McFadden. 1997. Expression of immunoglobulin G1 receptors by bovine mammary epithelial cells and mammary leukocytes. *J. Dairy Sci.* 80:86.
- Bartels, C. J., M. Holzhauer, R. Jorritsma, W. A. Swart and T. J. Lam. 2010. Prevalence, prediction and risk factors of enteropathogens in normal and non– normal faces of young Dutch dairy calves. *Prev. Vet. Med.* 93: 162–169.
- Bartier, A. L., M. C. Windeyer, and L. Doepel. 2015. Evaluation of on-farm tools for colostrums quality measurement. *J. Dairy Sci.* 98:8882-8888.
- Baumrucker, C. R., A. Stark, O. Wellnitz, C. Dechow, and R. M Bruckmaier. 2014. Short communication: Immunoglobulin variation in quarter-milked colostrum. *J. Dairy Sci.* 97 :3700–3706.
- Beam, A. L., J. E. Lombard, C. A. Koprak, L. P. Garber, A. L. Winter, J. A. Hicks, and J. L. Schlater. 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associates management practices on US dairy operations. *J. Dairy Sci.* 92:3973 – 3980.
- Benesi, F. J., C. M. C. Teixeira, M. L. R. Leal, J. A. N. Lisboa, R. M. S. Mirandola, C. L. Shecaira and V. Gomes. 2012. Leukograms of healthy Holstein calves within the _first month of life. *Pesq. Vet. Bras.* 32:352-356.

- Besser, T. E., A. E. Garmedia, T. C. McGuire, and C. C. Gay. 1985. Effect of colostral immunoglobulin G1 and immunoglobulin M concentrations on immunoglobulin absorption in calves. *J. Dairy Sci.* 68:2033–2037.
- Besser, T. E., and C. C. Gay. 1994. The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 10:107-117.
- Besser, T. E., C. C. Gay, and L. Pritchett. 1991. Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. *JAVMA* 198:419–422.
- Bielmann, V., J. Gillan, N. R. Perkins, A. L. Skidmore, S. Godden, and K. E. Leslie. 2010. An evaluation of brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 93:3713–3721.
- Blum, J. W., H. Hammon. 2000. Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livest. Prod. Sci.* 66:151-159.
- Blum, J., 2006. Nutritional physiology of neonatal calves. *J. Anim. Physiol. Anim Nutr.* 90:1–11.
- Borderas, F., M. A. G. Von Keyserlingk, D. M. Weary, J. Rushen, A. M. de Passille', and M. E. Van Amburgh. 2007. Letter to the editor: The effects of force-feeding sick dairy calves: a comment on Quigley et al. (2006). *J. Dairy Sci.* 90:3567-3568.
- Borges, A. S., F. L. F. Feitosa, F. J. Benesi, E. H. Birgel, and L. C. N. Mendes. 2001. Influência da forma de administração e da quantidade fornecida de colostro sobre a concentração de proteína total e de suas frações eletroforéticas no soro sanguíneo de bezerros da raça Holandesa. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 231 53: 629-634.
- Brandon, M. R., D. L. Watson, and A. K. Lascelles. 1971. The mechanism of transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows. *Aust J Exp Biol Med Sci.* 49:613-623.
- Breier, B. H., P. D. Gluckman and J. J. Bass. 1988. Plasma concentrations of insulin-like growth factor-I and insulin in the infant calf: ontogeny and influence of altered nutrition. *J. Endocr.* 119:43-50.
- Brólio M. P., A. S. Vidane, H. D. Zomer, C. V. Wenceslau, J. J. Ozório, D. S. Martins, M. A. Miglino, and C. E. Ambrósio. 2011. Morphological characterization of the progenitor blood cells in canine and feline umbilical cord. *Microsc. Res. Tech.* 75:766-70.
- Bühler, C., H Hammon, G. L. Rossi, and J. W. Blum. 1998. Small intestinal morphology in eighth-day-old calves fed colostrums for different duration or only milk replacer and treated with long-R3-insulin-like growth factor I and growth hormone. *J ANIM SCI.* 76: 758–765.
- Cabral, R. G., C. E. Chapman, and P. S. Erickson. 2013. Review: Colostrum supplements and replacers for dairy calves. *The Professional Animal Scientist.* 29:449–456.

- Cabral, R. G., E. J. Kent, D. M. Haines, and P. S. Erickson. 2012. Addition of sodium bicarbonate to either one or two feedings of colostrum replacer: Effect on uptake and rate of absorption of immunoglobulin G in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 95:3337–3341.
- Campbell, J. M., L. E. Russell, J. D. Crenshaw, E. M. Weaver, S. Godden, J. D. Quigley, J. Coverdale, and H. Tyler. 2007. Impact of Irradiation and Immunoglobulin G Concentration on Absorption of Protein and Immunoglobulin G in Calves Fed Colostrum Replacer. *J. Dairy Sci.* 90:5726–5731.
- Catoia, J., P. K. F. C. Bianchi, C. E. M. Bruno, C. H. O. Carniatto, R. M. Leandro, A. N. Poscai, A. R. Lima, and J. R. Kfoury Junior. 2016. Imunofenotipagem dos linfócitos positivos para indoleamina 2,3 dioxigenase (IDO) em cultura de células de placenta bovina. *Pesqui. Vet. Bras.* 36:345-350.
- Chamorro, M.F., N. Cernicchiaro, and D. M. Haines, D., M. 2017. Evaluation of the effects of colostrum replacer supplementation of the milk replacer ration on the occurrence of disease, antibiotic therapy, and performance of pre-weaned dairy calves. *J. Dairy Sci.* 100:1378-1387.
- Chase, C. C., D. J. Hurley and A. J. Reber. 2008. Neonatal immune development in the calf and its impact on vaccine response. *Vet Clin Food Anim.* 24:87-104.
- Chigerwe, M., J. W. Tyler, L. G. Schultz, J. R. Middleton, B. J. Steevens and J. N. Spain. 2008. Effect of colostrum administration by use of oroesophageal intubation on serum IgG concentrations in Holstein bull calves. *Am J Vet Res.* 69:1158-1163.
- Conneely, M. D.P. Berry, J.P. Murphy, I. Lorenz, M.L. Doherty, and E. Kennedy. 2014. Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97 :6991–7000.
- Conneely, M., D. P. Berry, R. Sayers, J. P. Murphy, L. Lorenz, M. L. Doherty, and E. Kennedy. 2013. Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal.* 7:1824-1832.
- Cortese, V. S. 2009. Neonatal immunology. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 25: 221–227.
- Costa, J. F. R. 2016. Influência dos leucócitos do colostro no desenvolvimento microbiota intestinal, resposta imune inata e incidência de diarreias em bezerros recém-nascidos. 156 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- Davis, C. L., and J. K. Drackley. 1998. *The Development, Nutrition and Management of the Young Calf.* Iowa State University Press, Ames.
- Deelen, S. M., T. L. Ollivett, D. M. Haines, and K. E. Leslie. 2014 Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97 :3838–3844.

- Donovan, D. C., A. J. Reber, J. D. Gabbard, M. Aceves-Avila, K. L. Galland, K. A. Holbert, L. O. Ely, and D. J. Hurley. 2007. Effects of maternal cells transferred with colostrum on cellular responses to pathogen antigens in neonatal calves. *Am J Vet Res.* 68:778–782.
- Donovan, G. A., I. R. Dohoo, D. M. Montgomery, F. L. and Bennett. 1998. Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prev Vet Med.* 34: 31-46.
- Elsohaby, I., J. T. McClure, and G. P. Keefe. 2015. Evaluation of digital and Optical Refractometers for Assessing Failure of Transfer of Passive Immunity in Dairy Calves. *J. Vet. Intern. Med.*10: 721–726.
- Elsohaby, I., J. T. McClure, L. A. Waite, M. Cameron, L. C. Heider, and G. P. Keefe. 2019. Using serum and plasma samples to assess failure of transfer of passive immunity in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 102:567–577.
- Elsohaby, I., J.T. McClure, M. Cameron, L. C. Heider, and G. P. Keefe. 2017. Rapid assessment of bovine colostrum quality: How reliable are transmission infrared spectroscopy and digital and optical refractometers? *J. Dairy Sci.*100:1427–1435.
- Faber, S. N., N. E. Faber, T. C. McCauley, and R. L. Ax. 2005. Case study: effects of colostrum ingestion on lactational performance. *The Professional Animal Scientist* 21:249 420-425.
- Fayer R, Trout J, Nerad T. 1996. Effects of a wide range of temperatures on infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts. *J Eukaryot Microbiol.*5:43-64.
- Feitosa, F. L. F., D. G. Camargo, R. Yanaka, S. L. C. N. MendeS, J. R. Peiró, F. Bovino, J. A. N. Lisboa, S. H. V. Perri, and E. R. F. Gasparelli. 2010. Índices de falha de transferência de imunidade passiva (FTIP) em bezerros holandeses e nelores, às 24 e 48 horas de vida: valores de proteína total, de gamaglobulina, de imunoglobulina G e da atividade sérica de gamaglutamiltransferase, para o diagnóstico de FTIP. *Pesq. Vet. Bras.* 30: 696-704.
- Fidler, A. P., M. L. Alley, and G. W. Smith. 2011. Short communication: Serum immunoglobulin G and total protein concentrations in dairy calves fed a colostrum-replacement product. *J. Dairy Sci.* 94:3609–3612.
- Fleenor, W.A. and G. H. Stott. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 63: 973–977.
- Foster, D. M., G. W. Smith, T. R. Sanner, and G. V. Busso. 2006. Serum IgG and total protein concentrations in dairy calves fed two colostrum replacement products. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 229:1282–1285.
- Furman-Fratczak, K., A. Rzasa, and T. Stefaniak. 2011. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *J. Dairy Sci.* 94:5536–5543.
- Gay, C. C., T. C. Mc Guire, and S. M. Parrish. 1983. Seasonal variation in passive transfer of immuunoglobulin G1 to newborn calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 183:566-568.

- Gilbert, M. S., J. J. G. C. van den Borne, C. G. van Ernen and W. J. J. Gerrits. 2017. Only 7% of the variation in feed efficiency in veal calves can be predicted from variation in feeding motivation, digestion, metabolism, immunology, and behavioral traits in early life. *J. Dairy Sci.* 100:8087–8101.
- Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 24:19–39.
- Godden, S. M., D. M. Haines, and D. Hagman. 2009a. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. I: Dose effect of feeding a commercial colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 92:1750–1757.
- Godden, S. M., D. M. Haines, K. Konkol, and J. Petereson. 2009b. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *J. Dairy Sci.* 92:1758–1764.
- Grütter, R., and J. W. Blum. 1991. Insulin and glucose in neonatal calves after peroral insulin and intravenous glucose administration. *Reprod. Nutr. Dev.* 31:389–397.
- Gulliksen, S. M., K. I. Lie, L. Sølverød, and O. S. Østera. 2008. Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:704–712.
- Hadorn, U., H. Hammon, R. M. Bruckmaier, and J. W. Blum. 1997. Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves. *J. Nutr.* 127:2011–2023.
- Haga S., S. Fujimoto, T. Yonezawa, K. Yoshioka, H. Shingu, Y. Kobayashi, T. Takahashi, Y. Otani, K. Katoh and Y. Obara. 2008. Changes in hepatic key enzymes of dairy calves in early weaning production systems. *J. Dairy Sci.* 91:3156–3164.
- Hagiwara, K. S. Kataoka, R. Yamanaka, R. Kirisawa, and H. Iwai. 2000. Detection of cytokines in bovine colostrums. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 76:183–190.
- Halliday, R. 1978: Variation in immunoglobulin transfer from ewes to lambs. *Ann Rech. Vet.* 9:367–374.
- Hammon, H. M., S. N. Sauter, M. Reist, Y. Zbinden, C. Philipona, C. Morel, and J. W. Blum. 2003. Dexamethasone and colostrum feeding affect hepatic gluconeogenic enzymes differently in neonatal calves. *J. Anim. Sci.* 81:3095–3106.
- Hammon, H. M., and J. W. Blum. 1998. Metabolic and endocrine traits of neonatal calves are influenced by feeding colostrum for different durations or only milk replacer. *J. Nutr.* 128:624–632.
- Hammon, H. M., I. A. Zanker, and J. W. Blum. 2000. Delayed colostrum feeding affects IGF-1 and insulin plasma concentrations in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 83:85–92.
- Hammon, H., M. J. Steinhoff-Wagner, J. Flor, U. Schönhusen and C. C. Metges. 2013. Lactation Biology Symposium: Role of colostrum and colostrum components on glucose metabolism in neonatal calves. *J. Anim. Sci.* 91:685–695.

- Heinrichs A., and C. Jones. 2003. Effects of increasing dietary protein on nutrient utilization in heifers. *J. Dairy Sci.* 86: 2170–2177.
- Hogan, I., M. Doherty, J. Fagan, E. Kennedy, M. Conneely, P. Brady, and L. Lorenz. 2015. Comparasion of rapid laboratory tests for failure of passiva transfer in the bovine. *Ir Vet J.* 3: 1-10.
- Hopkins B., and J. Quigley. 1997. Effects of method of colostrum feeding and colostrum supplementation on concentrations of immunoglobulin G in the serum of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 5: 979-983.
- Jones, C. M., R. E. James, J. D. Quigley III, and M. L. McGilliard. 2004. Influence of pooled colostrum or colostrum replacement on IgG and evaluation of animal plasma in milk replacer. *J. Dairy Sci.* 87:1806–1814.
- Klein-Jobstl, D., M. Iwersen, and M. Drillich. 2014. Farm characteristics and calf management practices on dairy farms with and without diarrhea: A case-control study to investigate risk factors for calf diarrhea. *J. Dairy Sci.* 97:5110–5119.
- Kühne, S., H. M. Hammon, R. M. Bruckmaier, C. Morel, Y. Zbinden, and J. W. Blum. 2000. Growth performance, metabolic and endocrine traits, and absorptive capacity in neonatal calves fed either colostrum or milk replacer at two levels. *J. Anim. Sci.* 78:609–620.
- Lago, A., M. Socha, A. Geiger, D. Cook, N. Silva-del-Río, C. Blanc, R. Quesnell, R. and C. Leonardi. 2017. Efficacy of colostrum replacer versus maternal colostrum on immunological status, health, and growth of preweaned dairy calves. *J. Dairy Sci.* 101:1-11.
- Langel, S. N., W. A. Wark, S. N. Garst, R. E. James, M. L. McGilliard, C.S. Petersson-Wolfe, and I. Kanevsky-Mullarky. 2015. Effect of feeding whole compared with cell-free colostrum on calf immune status: The neonatal period. *J. Dairy Sci.* 98:1–12.
- Larson, B., H. L. Heary, and J. E. Devery. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63: 665–671.
- Lenzer, F. T. B. 2012. Carbonatação do leite de colostro bovino: alterações físico-químicas, microbiológicas e viabilidade das imunoglobulinas IgG. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Leslie, K. E., and A. S. Peregrine. 2008. Passive Immunity in Ontario Dairy Calves and Investigation of Its Association with Calf Management Practices. *Journal* 10: 3840-273 3849.
- Lorenz, I. J. F. Mee, B. Earley, and S. J. More. 2011. Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. *Ir Vet J.* 64:10.
- Madruga, C.R., M. R. Horner, M. A M. Schenk, et al. 1987. Avaliação preliminar de parâmetros epidemiológicos da tristeza parasitária bovina no Estado de Mato Grosso do Sul. *Campo Grande, MS: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (Embrapa-CNPGC).* 3:1-7.

- Marnila, P., and H. Korhonem. 2002. Colostrum. In *Encyclopédia of Dairy Science* (Roginski, H. Fuquay, J. W. and Fox, P. F.) London, UK: Academic Press. 1950-1956.
- Martins, E. C., R. R. Leonardi, C. R. Oliveira, and F. M. T. Matsumoto. 2011. Liofilização como alternativa para conservação do leite humano. *J Health Sci Inst.* 29:119-122.
- Mayasari, N., G. Vries Reilingh, M. G. Nieuwland, G. J. Remmelink, H. K. Parmentier, B. Kemp, and T. Van Kneysel. 2015. Effect of maternal dry period length on colostrum immunoglobulin content and on natural and specific antibody titers in calves. *J. Dairy Sci.* 98:3969-3979.
- McEwan, A. D., E. W. Fisher, and I. E. Selman. 1970. An estimation of the efficiency of the absorption of immune globulins from colostrum by newborn calves. *Res. Vet. Sci.* 11: 239–243.
- McGuirk, S., M. and M. Collins. 2004. Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 284 20: 593.
- McGuirk, S.M. 1998. Colostrum: Quality and quantity. *Cattle Practice* 6: 63-66.
- McGuirk, S.M. 2003. Solving Calf Morbidity and Mortality Problems. In: American association of bovine practioners, preconvention seminar 7: Dairy Herd Problem investigation strategies 36th Annual Conference.
- Mee, J. F., K. J. O'Farrell, P. Reitsma, and R. Mehra. 1996. Effect of a whey protein concentrate used as a colostrum substitute or supplement on calf immunity, weight gain, and health. *J. Dairy Sci.* 79:886–894.
- Meganck, V., G. Hoflack, S. Piepers, and G. Opsomer. 2015. Evaluation of a protocol to reduce the incidence of neonatal calf diarrhoea on dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 118:64–70.
- Mokhber-Dezfooli, M. R., M. Nouri, M. Rasekh, and P. D. Constable. 2012. Effect of abomasal emptying rate on the apparent efficiency of colostral immunoglobulin G absorption in neonatal Holstein-Friesian calves. *J. Dairy Sci.* 95:6740–6749.
- Moore, D.A., J. Taylor, M. L. Hartman, and W. M. Sisco. 2009 Quality assessments of waste milk at a calf ranch. *J. Dairy Sci.* 92:3503-3509.
- Morin, D., S. Nelson, E. Reid, D. Nagy, G. Dahl, and P. Constable. 2010. Effect of colostral volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostral, IgG concentration in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 237: 420-428.
- Morrill, K. M., E. Conrad, A. Lago, J. Campbell, J. Quigley, and H. Tyler. 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *J. Dairy Sci.* 95:3997–4005.
- NAHMS (National Animal Health Monitoring System). 2007. Dairy 2007: Heifer calf health and management practices on U.S. dairy operations, 2007. United States Department of Agriculture:Animal and Plant Health Inspection Service:Veterinary Services:Centers for Epidemiology and Animal Health (USDA:APHIS:VS:CEAH), Fort Collins, CO.

- Nascimento, K. S. 2014. Avaliação da eficácia do uso da técnica de liofilização no processo de conservação do leite. 68 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal Amazonas.
- Naylor, J., M. and D. S. Kronfeld. 1997. Refractometry as a measure of the immunoglobulin status of the newborn dairy calf: Comparison with the zinc turbidity test and single radial immunodiffusion. *Am. J. Vet. Intern. Med.* 38:1331-1334, 1977.
- Nussbaum, A., G. Schiessler, H. M. Hammon, and J. W. Blum. 2002. Growth performance and metabolic and endocrine traits in calves pair-fed by bucket or by automate starting in the neonatal period. *J. Anim. Sci.* 80:1545–1555.
- Nydam, D.V., S. E. Wade, S. L. Schaaf, and H. O Mohammed. 2001. Number of *Cryptosporidium parvum* oocysts or *Giardia* spp cysts shed by dairy calves after natural infection. *Am. J Vet Res.* 62: 1612-1615.
- Osaka, I., Y. Matsui, and F. Terada. 2014. Effect of the mass of immunoglobulin (Ig)G intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 97 :1–5.
- Oyeniyi, O.O., and A. G. Hunter. 1978. Colostral constituents including immunoglobulins in the first three milkings postpartum. *J. Dairy Sci.* 61: 44–48.
- Paula, M. R. 2016. Avaliação da saúde e desempenho de bezerros leiteiros recebendo suplemento de colostro associado ao colostro materno. 113 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Piccione G, S. Casella, P. Pennisi, C. Giannetto, A. Costa and Caola G. 2010. Monitoring of physiological and blood parameters during perinatal and neonatal period in calves. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 62:1–12.
- Pithua, P., S. M. Godden, J. S. Wells, M. J. Oakes. 2009. Efficacy of feeding plasma-derived comercial colostrum replacer for the prevention of transmission of *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* in Holstein calves. *JAVMA.* 234:1167-1176.
- Pithua, P., S. S. Aly, D. M. Haines, J. D. Champagne, J. R. Middleton, and S. E. Poock. 2013. Efficacy of feeding a lacteal-derived colostrum replacer or pooled maternal colostrum with a low IgG concentration for prevention of failure of passive transfer in dairy calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 243:277–282.
- Poulsen, K. P., A. L. Foley, M. T. Collins, and S. M. McGuirk. 2010. Comparison of passive transfer of immunity in neonatal dairy calves fed colostrum or bovine serum-based colostrum replacement and colostrum supplement products. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 237:949–954.
- Priestley, D., J. H. Bittar, L. Ibarbia, C. A. Risco, and K. N. Galvão. 2013. Effect of feeding maternal colostrum or plasma-derived or colostrum-derived colostrum replacer on passive transfer of immunity, health, and performance of preweaning heifer calves. *J. Dairy Sci.* 96:3247–3256.

- Pritchett, L. C., C. C. Gay, T. E. Besser, and D. D. Hancock. 1991. Management and production factors influencing Immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 74:2336–2341.
- Quigley III, J. D. 1996. Feeding prior to Weaning. In: Calves, Heifers and dairy National Conference. Proceedings. Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering Service Cooperative Extension. 245-255.
- Quigley III, J.D., Z. P. Smith and R. N. Heitmann. 1991. Changes in plasma volatile fatty acids in response to weaning and feed intake in young calves. *J. Dairy Sci.* 74:258-263.
- Quigley, III, J. D. and J. J. Drewry. 1998. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. *J. Dairy Sci.* 81:2779–2790.
- Quigley, J. D., A. Lago, C. Chapman, P. Erickson, and J. Polo. 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 96:1148–1155.
- Quigley, J. D., R. D. STrohbehn, C. J. Kost, and M. M. O'Brien. 2001. Formulation of colostrum supplements, colostrum replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 84:2059–2065.
- Quigley, J. D., T. M. Hill, L. L. Deikun, and R. L. Schlotterbeck. 2017. Effects of amount of colostrum replacer, amount of milk replacer, and housing cleanliness on health, growth, and intake of Holstein calves to 8 weeks of age. *J. Dairy Sci.* 100:1–9.
- Quigley, J.D. 2002. Passive immunity in newborn calves. *Proceedings of Western Canadian Dairy Seminar.* 14:273-292.
- Quigley, J.D., T. A. Wolf, and T. H. Elsasser. 2006. Effects of additional milk replacer feeding on calf health, growth, and selected blood metabolites in calves. *J. Dairy Sci.* 87:3439-3450.
- Radostits, O.M., K. E. Leslie, and J. Ftrow. 1994. *Heard health: food animal production medicine* 2. ed, Philadelphia: Saunders.
- Răducan, G. G., S. Acatincăi, L.T. Czyszter, L. Tripon, and S. Erina. 2013. The Dynamics of Immunoglobulin IgG, IgA and IgM Type Concentration in Milk Colostrum. *J Anim Sci Technol.* 46:309-311.
- Rauprich, A. B. E., H. M. Hammon, and J. W. Blum. 2000. Effects of feeding colostrum and a formula with nutrient contents as colostrum on metabolic and endocrine traits in neonatal calves. *Biol. Neonate* 78:53–64.
- Reber, A. J., A. R. Hippen, D. J. Hurley. 2005. Effects of the ingestion of whole colostrum or cell-free colostrum on the capacity of leukocytes in newborn calves to stimulate or respond in one-way mixed leukocyte cultures. *Am J Vet Res.* 66:1854:1860.

- Reece, W.O. Fisiologia dos animais domésticos. 12.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 856p.
- Robison, J. D., G. H. Stott, and S. K. DeNise. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71: 1283-1287.
- Sakai, R. R., D. M. Coons, and M. Chigerwe. 2012. Effect of single oroesophageal feeding of 3L versus 4 L of colostrum on absorption of colostral IgG in Holstein bull calves. *Livest. Sci.* 148:296–299.
- Santín m, J. M. Trout and R. Fayer. 2008. A longitudinal study of cryptosporidiosis in dairy cattle from birth to 2 years of age. *Vet Parasitol.* 155, 15–23.
- Santín, M., J. M. Trout, L. Xiao, L. Zhou, E. Greiner, and R. Fayer. 2004. Prevalence and age related variation of *Cryptosporidium* species and genotypes in dairy calves *Vet. Parasitol.* 122:103–117.
- Santos, F. H. R., M. R. De Paula, D. Lezier, J. T. Silva, G. Santos and C. M. M. Bittar. 2015. Essential oils for dairy calves: effects on performance, scours, rumen fermentation and intestinal fauna. *Animal.* 9:958–965.
- Santos, G., and C. M. M. Bittar. 2015. A survey of dairy calf management practices in some producing regions in Brazil. *R. Bras. Zootec* 44:361-370.
- Santos, G., J. T. Silva, F. H. R. Santos, and C. M. M. Bittar. 2017. Nutritional and microbiological quality of bovine colostrum samples in Brazil. *R. Bras. Zootec.* 46:72-79.
- Schnorr, K. L., and L. D. Pearson. 1984. Intestinal absorption of maternal leucocytes by newborn lambs. *J Reprod Immunol.* 6:329-337.
- Shea, E. C., N. L. Whitehouse, and P. S. Erickson. 2009. Effects of colostrum replacer supplemented with lactoferrin on the blood plasma immunoglobulin G concentration and the intestinal absorption of xylose in the neonatal calf. *J. Anim. Sci.* 87:2047–2054.
- Silper, B. F., S. G. Coelho, M. M. F. Madeira, J. R. M. Ruas, A. M. Q. Lana, R. B. Reis, and H. M. Saturnino. 2012. Avaliação da qualidade do colostro e transferência de imunidade passiva em animais mestiços Holandês Zebu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 64:281-285.
- Silva, F. L. M, and C. M. M. Bittar. 2019. Thermogenesis and some rearing strategies of dairy calves at low temperature - a review. *Journal of Applied Animal Research.* 47:1, 115-122.
- Singh, A. K., S. Pandita, M.M. Vaidya, S.V. Singh, G. Chandra, Z.A. Pampoori, R. Huozha, M.M. Pathan, R. Kushwaha, and V.K. Sharma. 2011. Bovine colostrum and neonate immunity - A Review. *Agri. Review.* 32:79- 90.
- Smith, G. W., and D. M. Foster. 2007. Short communication: Absorption of protein and immunoglobulin G in calves fed a colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 90:2905–2908.

- Steinhoff-Wagner, J., S. Görs, P. Junghans, R. M. Bruckmaier, E. Kanitz, C. C. Metges, and H. M. Hammon. 2011. Intestinal glucose absorption but not endogenous glucose production differs between colostrum and formula-fed neonatal calves. *J. Nutr.* 141:48–55.
- Stott, G. H., and A. Fellah. 1983. Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. *J. Dairy Sci.* 66:1319–1328.
- Swan, H., S. Godden, R. Bey, S. Wells, J. Fetrow, and H. Chester-Jones. 2007. Passive transfer of immunoglobulin G and preweaning health in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 90:3857–3866.
- Szewczuk, M., E. Czerniawska-Piatkowska, S. Palewski. 2011. The effect of colostrum supplement on the serum protein fractions, health status and growth of calves. *Archiv. Fur. Tierzucht.* 54:115-126.
- Thomson, S., C. A. Hamilton, J. C. Hope, F. Katzer, N. A. Mabbott, L. J Morrison and E. A. Innes. 2017. Bovine cryptosporidiosis: impact, host-parasite interaction and control strategies. *Vet Res.* 48(1):42.
- Tizard, I. R. *Imunologia veterinária*. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 1217p.
- Trotz-Williams LA, D. S. Martin, W. Gatei, V. Cama, A. S. Peregrine, S.W. Martin, D. V. Nydam, F. Jamieson and L. Xiao. 2007. Genotype and subtype analyses of *Cryptosporidium* isolates from dairy calves and humans in Ontario. *Parasitol. Res.* 4: 346-352.
- Tyler, J. W., D. D. Hancock, J. G. Thorne, C. C. Gay, and J. M. Gay. 1999. Partitioning the mortality risk 301 associated with inadequate passive transfer of colostrum immunoglobulins in dairy calves. *J Vet Intern Med.* 13:335–337.
- USDA. 2016. Dairy 2014, Part I: Dairy cattle management practices in the United States, 2014. #N 692.0216. USDA-Animal and Plant Health Inspection Service-Veterinary Service, Center for Epidemiology and Animal Health, Fort Collins, CO.
- Van Hooijdonk, A. C. M., K. D. Kussendrager and J. M. Steijns. 2000. In vivo antimicrobial and antiviral activity of components in bovine milk and colostrum involved in non-specific defence. *Brit. J. Nutrit.* 84:127-134.
- Weaver, D. M., J. W. Tyler, D. C. VanMetre, D. E. Hostetler, and G. M. Barrington. 2000. Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves. *J. Vet. Intern. Med.* 14:569–577.
- Williams, R. D., P. Pithua, A. Garcia, J. Champagne, D. M. Haines and S. S. Aly. 2014. Effect of three colostrum diets on passive transfer of immunity and preweaning health in calves on a California dairy following colostrum management training. *Vet Med Int.* 6: 698-741.
- Windeyer, M. C., K. E. Leslie, S. M. Godden, D. C. Hodgins, K. D. Lissemore, e S. J. LeBlanc. 2014. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev. Vet. Med.* 113:231–240.

Zitnan, R., S. Kuhla, P. Sanfbtleben, A. Bilska, F. Schneider, M. Zupcanova and J. Voigt .2005.
Diet induced ruminal papillae development in neonatal calves not related with rumen
butyrate. Vet. Med. –Czech. 50:472-479.