

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 09/12/2027

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until December 9, 2027

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DO LEITE DE BÚFALAS EM DIFERENTES
FASES DE LACTAÇÃO NA ÉPOCA DAS ÁGUAS

CLARA FRANCINE OLIVEIRA CURTO

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Dezembro 2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DO LEITE DE BÚFALAS EM DIFERENTES
FASES DE LACTAÇÃO NA ÉPOCA DAS ÁGUAS

CLARA FRANCINE OLIVEIRA CURTO

Orientador: Prof. Titular André Mendes Jorge

Co-orientadora: Dra. Caroline de Lima Francisco

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Dezembro 2025

Curto, Clara Francine Oliveira

Perfil físico-químico do leite de búfalas em diferentes fases de lactação na época das águas / Clara Francine Oliveira Curto. -- , 2025
60 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu,

Orientador: André Mendes Jorge

Coorientadora: Caroline de Lima Francisco

1. Búfalos. 2. Lácteos. 3. Minerais. 4. Produção. 5. Qualidade. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados
fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DO LEITE DE BÚFALAS EM DIFERENTES FASES DE LACTAÇÃO NA ÉPOCA DAS ÁGUAS.

AUTORA: CLARA FRANCINE OLIVEIRA CURTO

ORIENTADOR: ANDRE MENDES JORGE CO-ORIENTADORA: CAROLINE DE LIMA FRANCISCO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia, área: Nutrição e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Titular ANDRE MENDES JORGE (Participação Presencial)
Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva / FMVZ, UNESP, Câmpus de Botucatu/SP

Zootecnista ANDRE MICHEL DE CASTILHOS (Participação Presencial)
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / FMVZ, UNESP, Câmpus de Botucatu/SP

Profª. Assoc. CRISTIANA ANDRIGHETTO (Participação Virtual)
Departamento de Produção Animal / UNESP / Câmpus de Dracena - FCAT

Botucatu, 09 de dezembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 MARIANNA LAURA ELIS CHOCOBAR
Data: 08/01/2026 10:40:02-0300
Verifique em <https://validar.lti.gov.br>

BIOGRAFIA DO AUTOR

Clara Francine Oliveira Curto, nascida em 30 de março de 2000, na cidade de Avaré/SP, filha de Roberval Moreira Curto Junior e Gicliane de Lourdes Oliveira Curto. Ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) Câmpus de Botucatu, em fevereiro de 2018, fez iniciação científica na área de ambiência e instalações, graduou-se em julho de 2023. Em agosto de 2023 deu início ao curso de Mestrado em Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) Câmpus de Botucatu, onde foi bolsista pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), atuando na áreas de produção de búfalos de corte e leite.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças e resiliência para concluir mais uma fase da minha carreira acadêmica. Aos meus pais, Roberval M. Curto Junior e Gicliane L. O. Curto, por sempre me incentivarem e me apoiarem durante toda minha formação, nada seria possível sem vocês.

Aos meus amigos que levo no coração, Heloisa Zanuto, que esteve comigo em toda a minha trajetória dentro do Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos (CPTB/FMVZ); Wilson Oliveira e Amarildo Vieira, amigos e também colaboradores do Centro de Pesquisas, por terem paciência e zelo comigo e por todo ensinamento e vivência que me passaram durante esses anos.

Aos meus orientadores, Dr. André Mendes Jorge, por me acolher como parte da família ainda durante minha graduação, me apoiar nesta área tão apaixonante que é a bubalinocultura, e por toda a confiança depositada em mim; e a Dra Caroline de Lima Francisco, por cada ensinamento, cada técnica passada, pela paciência comigo nesses anos e por me socorrer sempre que precisei, você é uma excelente profissional e merece o mundo!

Aos parceiros que se uniram a este projeto para que esse projeto se tornasse realidade: a Fazenda Rio Pardo e o Laticínio Búfala Almeida Prado nas pessoas da Sra Maria Cecília e Mariana de Almeida Prado, proprietárias das instalações, ao Ronaldo Cesar, Rodolfo S. Amaral e também a toda a equipe de funcionários da Fazenda Rio Pardo e Laticínio Búfala Almeida Prado que nos acolheram e auxiliaram durante o período de coleta. Agradeço também ao Grupo Matsuda nas pessoas do Dr. Fernando A. N. de Carvalho, responsável técnico de nutrição animal, e Leonardo S. Sabatini, zootecnista, e Henrique E. M. Caravahal, químico, pelo suporte quanto ao transporte das amostras, realização das análises laboratoriais e pela amizade construída, levarei vocês sempre comigo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento – CNPq [número de concessão 131448/2024-2].

RESUMO GERAL

A bubalinocultura brasileira tem ganhado destaque no mercado lácteo, entretanto, a falta de informações sobre vários aspectos da produção e características do leite de búfala é evidente. Buscando compreender a influência dos diferentes dias em lactação (DEL) sobre a produtividade e composição do leite, bem como um melhor ajuste nutricional para a matriz bubalina e o neonato, o aprimoramento do conhecimento sobre a bubalinocultura se faz necessária. Desta forma, o presente estudo avaliou o teor de minerais, proteínas e nitrogênio ureico, bem como o pH, a gordura e a acidez do leite de búfalas em diferentes DEL durante a estação chuvosa, nos meses de janeiro a maio. Um total de 75 búfalas Murrah foram selecionadas e categorizadas em três grupos DEL (1 = 0 a 90; 2 = 91 a 180; 3 = 181 a 305 dias). Amostras de leite foram obtidas em cinco dias diferentes de coleta (com intervalo de 30 dias), durante a ordenha matinal de rotina. As análises laboratoriais foram realizadas utilizando metodologias padronizadas para cada variável. Os dados foram analisados usando o animal como unidade experimental, com 25 animais por grupo DEL. Um pacote estatístico (SAS/STAT, SAS Institute Inc., Cary, NC) foi utilizado e os procedimentos foram conduzidos aplicando modelos estatísticos apropriados para cada variável. Os resultados foram apresentados como médias dos mínimos quadrados, e a significância foi considerada em $p \leq 0,05$. Os resultados obtidos indicam que a produção total e a composição do leite sofrem alterações com o avanço do DEL, evidenciado pela sua influência sobre a maioria das variáveis, como a gordura e a lactose, entre outras, bem como as frações minerais. O entendimento dessas alterações auxiliará no desenvolvimento da produção e na adequação das propriedades do que diz respeito as necessidades nutricionais das matrizes bubalinas em lactação.

Palavras chave: búfalos; lácteos; minerais; produção; qualidade.

ABSTRACT

Brazilian buffalo farming has gained prominence in the dairy market, however, the lack of information on various aspects of buffalo milk production and characteristics is evident. Seeking to understand the influence of days in milk (DIM) on milk productivity and composition, as well as a better nutritional adjustment for the buffalo dam and newborn, improving knowledge about buffalo farming is necessary. Thus, the present study evaluated the mineral, protein, and urea nitrogen content, as well as the pH, fat, and acidity of buffalo milk at different DIM during the rainy season, from January to May. A total of 75 Murrah buffaloes were selected and categorized into three DIM groups (1 = 0 to 90; 2 = 91 to 180; 3 = 181 to 305 days). Milk samples were obtained on five different collection days (at 30-day intervals) during routine morning milking. Laboratory analyses were performed using standardized methodologies for each variable. Data were analyzed using the animal as the experimental unit, with 25 animals per DIM group. A statistical package (SAS/STAT, SAS Institute Inc., Cary, NC) was used, and procedures were conducted by applying appropriate statistical models for each variable. The results were presented as least squares means, and significance was considered at $p \leq 0.05$. The results obtained indicate that the total production and composition of milk changes as LLD progresses, as evidenced by its influence on most of the variables, such as fat and lactose, among others, as well as the mineral fractions. Understanding these changes will help to develop production and adapt farms to the nutritional needs of lactating buffalo dams.

Key words: buffalo; production; minerals; quality; dairy.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

CAPITULO 1

Figura 1. Lactação da búfala leiteira mediterrânea Vs. vaca Holstein. Fonte: Bertoni et al (2024)17

Figura 2. Neurofisiologia da ejeção do leite. Fonte: Bertoni et al. (2024)18

CAPITULO 2

Figura 1. Designer experimental.40

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Características físicas e composição centesimal dos leites de búfala e vaca (média $\pm$ desvio padrão).	21
Tabela 2. Quantificação dos minerais selecionados em leite de búfala.	27
Tabela 3. Efeitos da estação do ano nos teores de minerais em leite cru bovino.	27

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição química da dieta total ofertada aos animais durante os meses das coletas de leite.	40
Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis utilizadas no estudo.	44
Tabela 3. Médias e erro padrão referente a composição do leite de búfala de acordo com os dias em lactação.	47
Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e probabilidades (p) com ajuste de Fisher's entre os minerais, dias em lactação e as variáveis da composição do leite de búfala.	49

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABCB	Associação Brasileira de Criadores de Búfalos
ác.	Ácido
AIC	Akaike Information Criterion
APVL	Alergia à proteína do leite de vaca
BIAS	Bayesian Information Criterion
BIC	Bayes
Ca	Cálcio
CEUA	Comissão de Ética para Uso de Animais
Cl	Cloro
Co	Cromo
Cr	Cromo
Cu	Cobre
CV	Coeficiente de variação
DDF	Graus de liberdade do dominador
DEL	Dias em lactação
DIM	Days in milk
dl	Decilitros
DP	Desvio padrão
EP	Erro padrão
EST	Extrato seco total
F	Flúor
Fe	Ferro
FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
g	Gramas
I	Iodo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Potássio
kg	Quilogramas
L	Litros
LB	Micrômetro

LV	Leite de vaca
m	Metros
m ²	Metros quadrados
Mg	Magnésio
mg	Miligramas
ml	Mililitros
MM	Matéria Mineral
Mn	Manganês
Mo	Molibdêno
Na	Sódio
nº	Número
NRC	Nutrient Requirement of Dairy Cattle
NUL	Nitrogênio Ureico no Leite
°C	Graus Celcius
°D	Graus Dornic
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
S	Enxôfre
Se	Selênio
SNP	Polimorfismo de nucleotídeo único
ST	Sólidos totais
TCA	Ácido tricloacético
UV	Ultra violeta
VIF	Variance Inflation Factor
Zn	Zinco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
Considerações iniciais	14
1. Revisão de literatura	15
1.1. Síntese e secreção do leite	16
1.2. O leite de búfala.....	18
1.2.1. Reprodução	19
1.2.2. Estacionalidade climática.....	19
1.2.3. Bem-estar	20
1.2.4. Dias em lactação - del	20
1.2.5. Perfil químico	20
1.2.6. Gordura	21
1.2.7. Proteína	22
1.2.8. Minerais	23
Referências	29
CAPÍTULO 2. “Perfil físico-químico do leite de búfalas em diferentes fases de lactação na época das águas”	36
Resumo	37
1. Introdução.....	37
2. Material e métodos	39
2.1. Declaração de ética animal, local do estudo e animais.....	39
2.2. Manejo e alimentação	40
2.3. Amostragem do leite.....	41
2.4. Análises laboratoriais do leite.....	42
2.5. Análise estatística	43
3. Resultados e discussões	44
4. Conclusões.....	53
5. Referências	54
IMPLICAÇÕES	60

CAPÍTULO 1

Considerações iniciais

A produção brasileira de búfalos tem crescido significativamente, apontando crescimento médio de 4% a cada ano (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2023), destacando-se pela produção eficiente e sustentável, tendo em vista a dupla aptidão da espécie. No Brasil, a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos – ABCB reconhece quatro raças (Carabao, Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah), cada uma com sua característica produtiva. A ABCB ainda relata uma produção nacional média de 1.800L de leite por lactação (300 dias) – 6 L/dia – para matrizes leiteiras da espécie bubalina, próximo ao encontrado por Nogueira et al (2024), com 5,93 L/dia (1.779L em 300 dias) para as búfalas avaliadas. Em relação a produção de carne, os búfalos se destacam pela eficiência e precocidade.

Acompanhando o crescimento do rebanho, o desenvolvimento de lácteos onde o leite de búfalas é a matéria prima, têm ganhado destaque pela sua composição, aparência e originalidade, como a tradicional *mozzarella*, de origem italiana, produzida originalmente com o leite de búfala. Empresas têm investido no beneficiamento e no amplo leque de produtos e oportunidades disponíveis dentro da produção bubalina. Determinados atributos como a eficiência produtiva e a qualidade dos produtos oriundos dos bubalinos tem contribuído para o constante crescimento da atividade.

A produção de búfalas leiteiras aumenta expressivamente a cada ano e dados que possam dar suporte e prezar pela eficiência na atividade são necessários. Algumas lacunas ainda precisam ser elucidadas no que diz respeito ao comportamento das características do leite de acordo com o aumento dos dias em lactação (DEL) e, assim, auxiliar em tomadas de decisões quanto a alimentação e suplementação de búfalas leiteiras na época das águas, bem como dos bezerros inseridos no sistema.

Quando o assunto é a bubalinocultura, de um modo geral, a literatura é insuficiente em estudos desenvolvidos. Pesquisas que compreendem os parâmetros físico-químicos do leite de búfala são raramente encontradas e referem-se a realidades de outros países, incluindo o clima, genética, manejo e nutrição. Sobre a realidade da bubalinocultura brasileira, os dados sobre a composição do leite de búfala e suas características, assim como estudos que evidenciem as características do leite de acordo com o DEL da búfala não trazem informações completas sobre teor de minerais e respectiva relação, deixando lacunas a serem preenchidas. Os minerais são componentes essenciais para a correta

com espécies mais diluídas (K solúvel mais alto), ressaltando a relevância tecnológica das mudanças minerais para o rendimento do queijo e a formação da coalhada. Esses estudos apoiam a interpretação biológica apresentada no presente estudo, ou seja: (i) o início da lactação requer intensa síntese de caseína e formação de micelas, aumentando o Ca/P coloidal; (ii) no final da lactação, a redução do volume de leite resulta em concentrações mais altas de gordura e sólidos; e, (iii) o afrouxamento progressivo das junções estreitas e as alterações epiteliais permitem maior transferência de Na para o leite à medida que a lactação avança (Holt, 1997; Shennan & Peaker, 2000), conforme evidenciado pelo aumento dos níveis de Na e pela diminuição dos níveis de Ca/K.

Os resultados aqui apresentados sugerem aplicações práticas para a cadeia da bubalinocultura. A dinâmica de minerais e sólidos tem implicações diretas no processamento de produtos lácteos e no planejamento nutricional do rebanho. O aumento progressivo de sólidos e gordura no final da lactação pode melhorar o rendimento do queijo por litro de leite, mas pode exigir o ajuste do coalho ou dos protocolos de cozimento devido a mudanças na relação caseína:gordura e no equilíbrio mineral coloidal (Amalfitano *et al.*, 2024). Além disso, o monitoramento do NUL e do conteúdo mineral é recomendado quando são necessárias informações precisas sobre a composição para a formulação da dieta ou para o controle tecnológico (Stocco *et al.*, 2016). Ademais, a transição do parto para o início da lactação (colostró para leite maduro) pode modular ainda mais os padrões minerais (An *et al.*, 2023). Portanto, a combinação do agrupamento do estágio de lactação aliado ao monitoramento do rebanho (estação, dieta, parição) fornece a estrutura mais confiável para a tomada de decisões nutricionais ou tecnológicas em fazendas de produção de búfalas.

É evidente a falta de estudos recentes que abordem especificamente a composição do leite de búfala, particularmente no que diz respeito a parâmetros como o nitrogênio ureico do leite. Portanto, determinar a composição física e química do leite de búfala é essencial para melhorar a eficiência da produção e garantir a adequação nutricional durante toda a lactação.

4. CONCLUSÕES

O estágio de lactação influenciou claramente a composição físico-química e mineral do leite de búfalas Murrah, afetando particularmente a gordura, a lactose, os sólidos totais, a

umidade, a densidade e as principais frações minerais, como cálcio e fósforo. Essas descobertas aumentam a compreensão da dinâmica da qualidade do leite em búfalas e suas implicações tanto para a nutrição animal quanto para as necessidades neonatais e industriais. Os níveis consistentemente altos de proteína, gordura e minerais observados reforçam o potencial do leite de búfala como matéria-prima *premium* para o processamento de lácteos, garantindo rendimentos superiores e alternativas de produtos mais saudáveis.

5. REFERÊNCIAS

- Albenzio, M., Santillo, A., d'Angelo, F., di Corcia, M., Ciliberti, M.G., Marino, R., Caroprese, M., della Malva, A., & Sevi, A. (2024). Milk quality of Italian Mediterranean buffalo as affected by temperature-humidity index during late spring and summer. *Journal of Dairy Science* 107(8), 5343-5352. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24732>
- Amalfitano, N., Patel, N., Haddi, M.-L., Benabid, H., Pazzola, M., Vacca, G. M., agliapietra, F., Schiavon, S., & Bittante, G. (2024). Detailed mineral profile of milk, whey, and cheese from cows, buffaloes, goats, ewes, and dromedary camels, and efficiency of recovery of minerals in their cheese. *Journal of Dairy Science*, 107, 8887-8907. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24624>
- An, Z., Luo, G., Gao, S., Zhang, X., Chen, C., Yao, Z., Zhao, J., Lv, H., Niu, K., Nie, P., & Yang, L. (2023). Evaluation of parity effect on characteristics and minerals in buffalo (*Bubalus bubalis*) colostrum and mature milk. *Foods*, 12(6), 1321. https://doi.org/10.3390/426_foods12061321
- Andrade, K., Rangel, A., Araújo, V., Lima Júnior, D., & Oliveira, N. (2011). Efeito da estação do ano na qualidade do leite de búfalas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 6(3), 33-37. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7435954.pdf>. Accessed April 2025.
- Arote, S. S., Siddiqui, Kodape, A. H., Ingole, S. D., & Kharwadkar, M. D. (2021). Effects of different stages of lactation on milk components of Murrah buffalo. *The Pharma Innovation Journal*. 10(2), 31-36. Retrieved from <https://www.thepharmajournal.com/archives/2021/vol10issue2S/PartB/S-10-2-7-127.pdf>. Accessed April 2025.
- Aspilcueta-Borquis, R. R., Di Palo, R., Araujo Neto, F. R., Baldi, F., Camargo, G. M. F. de, Albuquerque, L. G. de, Zocarelli, L., & Tonhati, H. (2010). Genetic parameter estimates for buffalo milk yield, milk quality and mozzarella production and Bayesian inference analysis of their relationship. *Genetics and Molecular Research*. 9(3), 1636-1644. <https://doi.org/10.4238/vol9-3gmr846>.
- Belsley, D. A., Kuh, E., & Welsch, R. E. (1980). *Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity*. New York: Wiley.

Bezerra Junior, J. G., Andrade, K. D., Rangel, A. H. N., & Lima Junior, D. M. (2014). Qualidade do leite de búfalas suplementadas com selênio. *Acta Veterinária Brasília*. 10(1), 5474. <https://doi.org/10.21708/abv.2016.10.1.5474>

Borghese, A. (2005). Buffalo production and research. FAO Regional Office for Europe, REU Technical Series. v.67. Retrieved from <https://www.fao.org/4/ah847e/ah847e.pdf>. Accessed April 2025.

Boro, P., Naha, B. C., Saikia, B. P., & Prakash, C. (2016). A1 and A2 milk & its impact on human health. *International Journal of Science and Nature*. 7, 01-05. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/299334264_A1_451 AND_A2_MILK_ITS_IMPACT_ON_HUMAN_HEALTH. Accessed April 2025.

Boro, P., Debnath, J., Das, T.K., Naha, B. C., Debbarma, N., Debbarma, P., Debbarma, C., Devi, L.S.B., & Devi, T.G. (2018). Milk composition and factors affecting it in dairy Buffaloes: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(3), 340-343.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2017). *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal [Brazilian Animal Feeding Compendium]* (5ª ed.). Brasília, DF, Brasil: MAPA; Sindirações.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2023). *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal [Brazilian Animal Feeding Compendium]* (6ª ed.). Brasília, DF, Brasil: MAPA; Sindirações.

Broderick, G. A., & Clayton, M. K. (1997). A Statistical Evaluation of Animal and Nutritional Factors Influencing Concentrations of Milk Urea Nitrogen. *Journal of Dairy Science*. 80(11). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76262-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3)

Burnham K. P., & Anderson D. R. (2002). *Model selection and multi-model inference: a practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag, New York, NY.

de Kruif, C. G., Huppertz, T., Urban, V. S., & Petukhov, A. V. (2012). Casein micelles and their internal structure. *Advances in Colloid and Interface Science*. 171 172, 36-52. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2012.01.002>

Duffy, R., Yin, M., & Redding, L. E. (2023). A review of the impact of dietary zinc on livestock health. *Journal of Trace Elements and Minerals*. 5, 100085. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100085>

Eriksson, T., & Rustas, B. O. (2014). Effects on milk urea concentration, urine output, and drinking water intake from incremental doses of potassium bicarbonate fed to mid lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97(7), 4471 4484. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7861>

Fails, A. D., & Magee, C. (2019). *Franson: anatomia e fisiologia dos animais de produção* (8ª ed). Rio de Janeiro.

Fisher, R. A. (1921). On the probable error of a coefficient of correlation deduced from a small sample. *Metron*. 1, 3 32. Retrieved from <https://digital.library.adelaide.edu.au/server/api/core/bitstreams/d40cfd09-0ddc-490a-89c1-437bf6ae26ef/content>. Accessed April 2025.

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & A. (2015a). Salts of Milk. In: *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_5

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., b). Milk Lipids. In: *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_3

Fox, P. F., Uniacke- c). Physical Properties of Milk. In: *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_8

Gorden, P. J., & Timms, L. L. (2022). Lactação. In: REECE, W.O. et al. *Dukes: Fisiologia dos animais domésticos* (13^a ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Hamon, A., Dufour, S., Kurban, D., Lemosquet, S., Gervais, R. & Guinard-Flament, J. (2024). Decreased lactose percentage in milk associated with quarter health disorder and hyperketolactia, a proxy for negative energy balance, in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 107. 5041-5053. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24134>.

Hamon, A., Guinard-Flament, J., Costa, A., Fischer, A., Faverdin, P., Gelé, M., Boudon, A. & Lemosquet, S. (2025). Dynamics of the lactose content and other osmotic agents in *Journal of Dairy Science*. 6. 432-437. <https://doi.org/10.3168/501 jdsc.2024-0717>.

Hegab, I. M., & Mohamaden, W. I. (2022). Behavioral Changes Related to Zinc Deficiency in Buffalo Calves (*Bubalus bubalis*). *International Journal of Veterinary Science*. 12(5), 659-665. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2023.035>.

Holt, C. (1997). The Milk Salts and Their Interaction with Casein. In: Fox, P.F. (eds) *Advanced Dairy Chemistry Volume 3: Lactose, water, salts and vitamins* (2^a ed.). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4409-5_6

Holt, C., & Carver, J. A. (2024). Invited review: Modeling milk stability. *Journal of Dairy Science*. 107, 5259-5279. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24779>

Huppertz, T., Bijl, E., De Kruif, C. G., & Holt, C. (2021). Key elements in the casein micelle structure are the calcium phosphate nanoclusters. *International Dairy Journal*. 119, 105064. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105064>

Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos* (4^a ed.). Instituto Adolfo Lutz. Retrieved from https://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf?attach=true. Accessed June 2024.

Johansson, M., Lundh, Å., Sivananthawerl, T., & Sjaunja, K. S. (2019). Composition and coagulation properties of buffalo milk produced under Swedish conditions; Changes taking place during the first weeks of lactation. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*. 14. <http://doi.org/10.19080/JDVS.2019.14.555885>

Karlsson, M. A., Langton, M., Innings, F., Malmgren, B., Höjer, A., Wilström, M., & Lundh, A. (2019). Changes in stability and shelf-life of ultra-high temperature treated milk during long term storage at different temperatures. *Helyon*. 5. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02431>

Kommineni, A., Upreti, P., & Metzger, L. E. (2022). Calcium-Reduced 526 Micellar Casein Concentrate Physicochemical Properties of Powders and Functional Properties of the Dispersions. *Foods*. v.11, p.1377. <https://doi.org/10.3390/foods11101377>.

Kumar, A., Sahu, D. S., Chandra, G., Yadav, S. P., Kumar, R., Jaiswal, V., Maurya, P. S., & Singh, R. K. (2018). Effect of different sources of zinc on growth performance and haemato-biochemical profiles of Murrah buffalo calves. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 35, 409-414. <http://dx.doi.org/10.5958/2231-6744.2018.00062.2>.

Li, W., Li, H., Yang, C., Zheng, H., Duan, A., Huang, L., Feng, C., Yang, X., & Shang, J. (2025). Genome-Wide Association Studies for Lactation Performance in Buffaloes. *Genes*. 16, 163. <https://doi.org/10.3390/genes16020163>

Littell, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D., & Schabenberger, O. (2006). *SAS® for Mixed Models*. 2. ed. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Macedo, M. P., Wechsler, F. S., Ramos, A. A., Amaral, J. B., Souza, J. C., Resende, F. D., & Oliveira, J. V. (2001). Composição físico-química e produção do leite de búfalas da raça Mediterrâneo no oeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30(3), 1084-1088. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000400024>

Matos, R. S., Mazzei, J., Oliveira, L. M. F. de S., Oliveira, J. G., Vasconcelos, M. L., dosSantos, M. A. G., Roma Júnior, L. C., & Vidal, A. M. C. (2023). Monitoring of qualitative profile of buffalo milk in Brazil. *Revista Foco*. 16(10), e3255. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n10-028>

Mejares, C. T., Huppertz, T., & Chandrapala, J. (2022). Thermal processing of buffalo milk a review. *International Dairy Journal*. 129. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105311>.

Mohamed Abd El-Salam, E. (2020). A comprehensive review on the composition and properties of buffalo milk. *Dairy Science & Technology*. (6^a ed.) 9, 663-699. https://doi.org/10.1007/551_s13594-011-0029-2.

Mudgal, V., Garg, A. K., Dass, R. S., & Varshney, V. P. (2012). Effect of selenium, zinc, and copper supplementation on blood metabolic profile in male buffalo (*Bubalus bubalis*) calves. *Biological Trace Element Research*. 145, 304-311. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9209-4>.

National Research Council - NRC. (2021). Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38386771/>. Accessed April 2025.

Pasha, T. N. (2007). Comparison between bovine and buffalo milk yield in Pakistan. *Italian Journal of Animal Science*. 6(2), 58-66. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.58>

Pavlata, L., Pechova, A., & Dvorak, R. (2004). Microelements in colostrum and blood of cows and their calves during the colostrum period. *Acta Veterinaria Brno*. 73, 421-429. <https://doi.org/10.2754/avb200473030421>

Pegolo, S., Stocco, G., Mele, M., Schiavon, S., Bittante, G., & Cecchinato, A. (2017). Factors affecting variations in the detailed fatty acid profile of Mediterranean buffalo milk determined by 2-dimensional gas chromatography. *Journal of Dairy Science*. 100(4), 2564-2576. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11696>

Pessoa, J. S., Nahum, B. S., Garcia, A. R., Pereira, K. F., Lourenço Junior, J. B., & Lema, S. C. G. (2011). Perfil físico-químico do leite em diferentes fases da lactação de búfalas (*Bubalus bubalis*) jovens mantidas a pasto. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 48. O desenvolvimento da produção animal e a responsabilidade frente a novos desafios: anais. Retrieved from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/920248/1/89VER.pdf> . Accessed April 2025.

Petitclerc, D., Lacasse, P., Girard, C. L., Boettcher, P. J., & Block, E. (2000). Genetic, nutritional, and endocrine support of milk synthesis in dairy cows. *Journal of Animal Science*. 78, 59-77. https://doi.org/10.2527/2000.78suppl_359x.

Pignata, M. C., Fernandes, S. A. A., Ferrão, S. P. B., Faleiro, A. S., & Conceição, D. G. (2014). Estudo comparativo da composição química, ácidos graxos e colesterol de leites de búfala e vaca. *Revista Caatinga*. 27(4), 226-233. Retrieved from: https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3228/pdf_190. Accessed April 2025.

Pinheiro, J. C., & Bates, D. M. (2000). *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. New York: Springer-Verlag.

Rangel, A. H. N., Oliveira, J. P. F., Araújo, V. M., Bezerra, K. C., Medeiros, H. R., Lima Júnior, D. M., & Araújo, C. G. F. (2011). Influência do estágio de lactação sobre a composição do leite de búfalas. *Acta Veterinaria Brasilica*. 5(3), 306-310. Retrieved from <https://periodicos.ufersa.edu.br/acta/article/download/2315/5013/7878> . Accessed April 2025.

Reid, M., O'Donovan, M., Elliot, C. T., Bailey, J.S., Watson, C. J., Lalor, T. J., Corrigan, B., Fenelon, M. A. & Lewis, E. (2015). The effect of dietary crude protein and phosphorus on grass-fed dairy cow production, nutrient status, and milk heat stability. *Journal of Dairy Science*. 98. 1-15. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8437>

SAS Institute Inc. (2013). SAS/STAT® 9.4 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Şensoy, Ş., Şahinduran, Ş., 2022. Investigation of immunoglobulin G, lactoferrin and zinc levels in blood sera of calves fed fresh and frozen colostrum. MAE Veterinary Faculty Journal. 7(2), 62-66. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1961252>

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52(3-4), 591-611. <https://doi.org/10.2307/2333709>.

Sharma, A., Shandilya, U. K., Sodhi, M., Jatav, P., Mohanty, A., Jain, P., Verma P., Kataria, R. S., Kumari, P., & Mukesh, M. (2019). Milk-derived mammary epithelial cells as non-invasive source to define stage-specific abundance of milk protein and fat synthesis transcripts in native Sahiwal cows and Murrah buffaloes. *3 Biotech*. 9(106). doi: 10.1007/s13205-019-1642-7

Shasly, A. B.; He, Z.; El-Aziz, M. A.; Zeng, M.; Qin, F.; Zhang, S.; Chen, J. (2017). Comparative Assessment of Physicochemical and Structural Properties of Buffalo and Bovine Casein. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*. 4(2), 2348-3997. Retrieved from https://ijras.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJRAS_549_FINAL.pdf. Accessed April 2025.

Shennan, D. B., & Peaker, M. (2000). Transport of milk constituents by the mammary gland. *Physiological Reviews*. 80(3), 925-951. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.3.925>.

Silva, M. M. A., Barros, N. A. M. T., Rangel, A. H. N., Fonseca, F. C. E., Veloso Júnior, F., & Lima Júnior, D. M. (2010). Persistência da lactação em búfalas da raça Murrah (*Bubalus bubalis*) exploradas no Agreste do Rio Grande do Norte. *Acta Veterinaria Brasilica*. 4(4), 286-293. <https://doi.org/10.21708/avb.2010.4.4.2019>.

Stocco, G., Cipolat-Gotet, C., Bonfatti, V., Schiavon, S., Bittante, G., & Cecchinato, A. (2016). Short communication: Variations in major mineral contents of Mediterranean buffalo milk and application of Fourier-transform infrared spectroscopy for their prediction. *Journal of Dairy Science*. 99(11), 8680-8686. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11303>

Tsiolpas, A., Lewis, M., & Grandison, A. S. (2007). Effect of minerals on casein micelle. *Journal of Dairy Research*. 74, 167-173. <https://doi.org/10.1017/625s0022029906002330>.

van de Velde, F., Huppertz, T., & Janssen, L. (2024). Structural properties of casein micelles with adjusted micellar calcium phosphate content. *Foods*. 13(2), 322. <https://doi.org/10.3390/foods13020322>

Yang, T.X. (2013). The nutrition of buffalo milk: a comparison with cow milk. *Advanced Materials Research*. 781-784, 1460-1463. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.781-784.1460>.