

III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE

VI SIMPÓSIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE

XI SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE



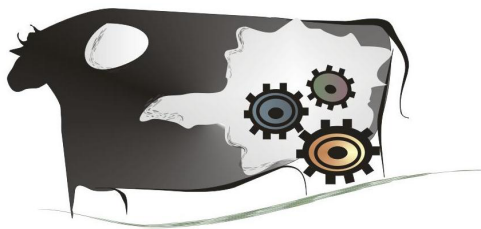
Uberlândia – MG

16 a 19 de setembro de 2025

III Simpósio Internacional de Produção e Nutrição de Gado de Leite

VI Simpósio Nacional de Produção e Nutrição de Gado de Leite

XI Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite



Uberlândia – MG

16 a 19 de setembro de 2025

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/UFU)

EDITORES

Alex de Matos Teixeira

Aléxia Mendes Alves

Ana Flávia de Paula Pereira

Ana Vitória de Souza

Lúcio Carlos Gonçalves

FEPE
FUNDAÇÃO DE APOIO AO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão
Belo Horizonte, 2025

Capa: Lucas Braga Pereira de Avelar Tonelli, Wilson Gonçalves de Faria Júnior

1ª Edição

Copyright © Alex de Matos Teixeira

Editora: FEPE

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil

S612a Simpósio Internacional de Produção e Nutrição de Gado de Leite (3. : 2025 : Uberlândia, MG)
Anais [recurso eletrônico] / III Simpósio Internacional de Produção e Nutrição de Gado de Leite, VI Simpósio Nacional de Produção e Nutrição de Gado de Leite, XI Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite, 16 a 19 de setembro de 2025. Editores: Alex de Matos Teixeira ... [et al.] – Belo Horizonte: FEPE; FMVZ, 2025.
86 p.: il.

ISBN: 978-65-994630-5-1 (e-book)

Inclui bibliografia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://www.eventos.ufu.br/simnutrileite>

1. Bovino de leite - Alimentação e rações. 2. Nutrição animal. 3. Comportamento alimentar. 4. Concentrados proteicos. 5. Custo de produção. 6. Metionina. 7. Ordenha robotizada. 8. Primíparas. 9. Vagão misturador. I. Teixeira, Alex de Matos, (ed.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Medicina Veterinária. III. Título.

CDU: 636.2.034

Rejane Maria da Silva – CRB6/1925
Bibliotecária Documentalista

O conteúdo dos artigos contidos nesta publicação é de inteira responsabilidade dos respectivos autores.

COMISSÃO ORGANIZADORA

ACADÊMICOS:

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| Ana Cristina Covic Castro | Aléxia Mendes Alves |
| Ana Flávia de Paula Pereira | Fagundes Junio Balbino Braga |
| Ana Gabriela Santana dos Santos | João Vítor Santos e Silva |
| Ana Vitória de Souza | Mesquita |
| Ana Victória Freitas Ribeiro | João Pedro Moraes de Andrade |

PROFESSORES:

Alex de Matos Teixeira
Lúcio Carlos Gonçalves

AGRADECIMENTOS

PALESTRANTES:

Aos professores e pesquisadores pela excelência e diligência com que compartilharam com os participantes todo conhecimento e experiência.

Dra. Anne Rosi Guadagnin – *SFR*

Prof. João Ricardo Alves Pereira – *UEPG*

Prof. José Eduardo Portela dos Santos – *UF*

Prof. Luiz Felipe Ferraretto – *UW*

Profa. Marcia Endres – *UMN*

Profa. Marina de Arruda Camargo Danés – *UFLA*

Prof. Rodrigo de Almeida – *UFPR*

Dr. Samuel José de Magalhães Oliveira – *Embrapa/CNPGL*

REALIZAÇÃO:



PATROCINADORES:

As empresas privadas pela contínua participação e confiança indispensáveis a realização do evento.

Categoria Master:



Categoria Ouro:



Categoria Prata:



Categoria Bronze:



BECAUSE
IT'S ABOUT **QUALITY**



Criando gerações de vacas saudáveis.

Aumente a produção de leite e reduza os custos de alimentação com a metionina protegida pelo rúmen da Evonik para vacas leiteiras. O Mepron® fornece DL-metionina altamente concentrada exatamente onde ela mais beneficia o animal - no intestino delgado. Como? Com ciência. O Mepron® é produzido com um revestimento de filme de liberação lenta que garante a estabilidade do manuseio e da mistura. Ele pode ser misturado de forma homogênea e não é afetado por componentes potencialmente abrasivos, altas temperaturas ou pH baixo.



Sciencing the global food challenge™

evonik.com/mepron

Mepron® 

Dairy F**EAT**

Energia inteligente,
desempenho superior.



Gordura protegida de **alta performance**, desenvolvida para **maximizar o aproveitamento energético** e impulsionar a **produtividade** do seu rebanho leiteiro.

Menor produção
de metano = **mais sustentabilidade**

VACCINAR: COM VOCÊ, PELO MELHOR DESEMPENHO.
vaccinar.com.br | 0800 031 5959 | (41) 2018 2030



SUMÁRIO – PALESTRAS

TABLE OF CONTENTS

| | |
|--|----|
| Exploring the impact of feeding behavior on dairy cattle performance..... | 9 |
| Vagões misturadores: dimensionamento, manejo e gestão dos dados para alcançar precisão na nutrição de vacas leiteiras..... | 22 |
| Qual perfil do produtor e do sistema de produção para ter sucesso na ordenha robotizada? | 33 |
| Aspectos econômicos da produção leiteira no Brasil e no Mundo..... | 42 |
| Para Além da Síntese de Proteínas: O Papel Funcional da Metionina no Período de Transição de Vacas Leiteiras | 51 |
| Concentrados proteicos utilizados em dietas de vacas leiteiras no Brasil: atualizações e caracterização nutricional..... | 61 |
| Compreendendo as particularidades das vacas primíparas modernas: métricas, agrupamento e caracterização nutricional | 75 |

Exploring the impact of feeding behavior on dairy cattle performance

Matheus Rebouças Pupo¹

Luiz Felipe Ferraretto¹

Introduction

It is well-known that individual dairy cows differ in their behavioral expression (Albright, 1993; DeVries, 2019). These behavioral differences between animals can be explained by animal personalities, where there are attributes of dairy cows consistent across contexts referred to as personality traits (Carter et al., 2013). However, the environment can influence phenotypic expression, and some animals may adjust their feeding behavior in response to variations in nutritional, physical, and social aspects (Grant and Albright, 2000). While the relationship between lactation performance and feeding behavior of dairy cows has been long recognized in the literature (Albright, 1993; Grant and Albright, 2001; DeVries, 2019), there are many factors affecting these traits and not all traits are well-understood. The objective of this article is to discuss some key feeding behavior patterns and their effects on lactation performance.

Animal characteristics

Parity

Parity plays an important role in influencing the feeding behavior of dairy cows (Azizi et al., 2009). Beauchemin and Rode (1994) suggested that primiparous cows require a longer feeding time and less competition at the feeding site to maximize feed intake. Likewise, Azizi et al. (2009) found that primiparous cows had greater feeding time, which was associated with lower eating rate and meal size. Beauchemin et al. (2002) described that parity did not affect meal frequency, but multiparous cows tended to have a greater meal size compared with primiparous cows. Data from ten feeding trials conducted between 2019 and 2023 at the University of Wisconsin-Madison were compiled and used for evaluation of parity effects on feeding behavior (Pupo et al., 2024). These effects are summarized in Table 1.

Parity has affected feeding behavior patterns of high-producing animals, where younger animals appear to eat slower in smaller but more frequent meals throughout the day compared with older cows. The relationship between dominant-subordinate cows can also greatly affect the feeding behavior of less dominant animals (Huzzey et al., 2006). Beauchemin and Rode (1994) suggested that younger animals need a longer eating time and less competition at the bunk to maximize feed intake; hence, improving performance. Younger cows have shown to chew feed more thoroughly and more slowly than older cows (Beauchemin and Rode, 1994). These findings suggest changes in feeding behavior associated with different energy demands affected by parity (Azizi et al., 2009). These findings suggest that dairy cows of different parities should be housed separately, potentially minimizing competition among animals.

¹Department of Animal and Dairy Sciences
University of Wisconsin – Madison
ferraretto@wisc.edu

Exploratory behavior

There is little evidence about the effects of cows performing exploratory sampling of feeding sites. Although exploration is a behavior that varies between species and taxa, some exploration when feeding is expected in all species (e.g. moving between locations to try different feed types). Provenza (1995) found that ruminants can perform exploratory behavior to assess the nutritive value of delivered feed. Similarly, Villalba et al. (2010) described that exploratory sampling of feeding can be advantageous for dairy cows to find feed with greater nutritive value, as well as to allow the consumption of more than one forage type to meet their energy demands. Haskell et al. (2014) reported that exploration behavior was associated with measures of growth and productivity in young animals, but little is known about its association in lactating cows.

We (Pupo et al., 2024) evaluated the effects of cows' preferences for visiting feed bunks on their performance. Although no effects of bunk preference ($P > 0.10$) on performance related parameters were observed, changes in feeding behavior may suggest that dairy cows were able to adapt within their environment across different trials. Bunk visits tended ($P = 0.09$) to be greater for cows with less predictable behavior compared with those with more predictable behavior. In addition, meal frequency ($P = 0.02$), interval between meals ($P = 0.03$), and largest interval between meals ($P = 0.01$) were greater for cows with a more rather than least random behavior.

Dietary factors

Rumination

Particle size reduction through rumination and eating is a crucial step in the ruminant digestion process (Jaster and Murphy, 1983). The decrease in particle size leads to an increase in surface area available for microbial attachment in the rumen and subsequent degradation (McAllister et al., 1994). Particle size reduction is also required for passage out of the rumen as it increases particle density, allowing particles to sink and cross the reticular-omasal orifice (Wattiaux et al., 1991). Also, there is critical particle size threshold for particulate passage from the rumen (Poppi et al., 1980). Diets containing coarse particles or formulated with high NDF concentration increase entrapment of particles in the rumen mat and hence require an increase in rumination rate in order to reduce particle size for passage to the abomasum (Huhtanen et al., 2006). This scenario often leads to a decrease in DMI due to rumen fill constraints and extended ruminal retention time (Dado and Allen, 1995).

Chewing activity is a combination of time spent eating and ruminating. Chewing can be affected by feed ingredients or diet DM and NDF contents and particle size, intrinsic fragility of the feed, DMI, and animal characteristics such as size and age (Mertens, 1997). The combination of NDF content and the particle size of a feed is a measurement called physically effective fiber (**peNDF**; Mertens, 1997). Zebeli et al. (2006) observed that chewing activity increases along with dietary peNDF and forage NDF (**FNDF**) content in the diet.

Rumination increases salivation and subsequent buffering of the ruminal fluid by salivary bicarbonate leading to a more optimal rumen environment (Allen, 1997; Zebeli et al., 2012). If the pH in the rumen drops too low for too long, it may lead to poor fermentation and a decrease in the acetate to propionate ratio, ultimately associating with milk fat depression (Mertens, 1997). Rumination activity can potentially be used to monitor and predict animal health events such as calving time and subclinical disease among others. Increased rumination

time has been associated with fewer health disorders in the transition period (Soriani et al., 2012).

With adoption of new technologies, use of rumination data for health and reproductive monitoring purposes has become a practical option for dairy farmers (Fricke et al., 2014; Schirmann et al., 2009; Soriani et al., 2012). Previously, rumination data was obtained through visual monitoring in research trials. Cows were typically observed continuously over a 24-h period with chewing activity recorded every 5 minutes (Clark and Armentano, 1993). However, this method is time consuming and impractical for use on commercial dairy farms. Therefore, automatic activity monitoring systems have been developed and are being used on commercial dairy farms (Rutten et al., 2013). These systems measure rumination activity, for monitoring animal health, as well as estrus-related activity, for use in breeding protocols (Fricke et al. 2014; Schirmann et al. 2009).

We conducted a meta-analysis to better understand rumination (Krentz et al., 2018). Descriptive statistics for chewing behavior are in Table 2. These descriptive statistics provide a frame of reference for performing herd diagnostics using electronic activity monitoring systems on farms. A one percentage-unit increase in dietary FNDF (% of DM), enhanced rumination time by 5.2 min/d ($P = 0.001$; Figure 1). Zebeli et al. (2006) reported 5.4 and 7.8 min/d greater rumination and chewing times for each percentage unit increase in FNDF (% of DM). Moreover, chewing time was enhanced 5.0 and 6.8 min/d for each percentage-unit increase in dietary NDF and FNDF concentrations, respectively, in the study of Firkins et al. (2001) suggesting that FNDF is more important than NDF for explaining variation in chewing behavior and thus ruminal measurements. Although a similar magnitude of increase in chewing time between NDF and FNDF was observed in the present study, rumination was enhanced to a greater extent by dietary FNDF as compared to NDF concentrations. Furthermore, when using a multiple regression approach, FNDF content was present in the final model to predict rumination (min/d; Table 6), but NDF content was not. As suggested by Firkins et al. (2001), dietary NDF is often enhanced by diverse non-forage fiber sources commonly used in dairy cattle diets which possess less peNDF value than FNDF sources.

As expected, greater rumination time was related to greater milk fat content ($P = 0.001$; Figure 2) and yield (not presented in figure). According to Mertens et al. (1997) and Zebeli et al. (2006) cows must achieve chewing times of 744 or 797 min/d, respectively, to maintain 3.6% of milk fat concentration. Using the predictive equation from our study (Figure 2), a cow producing 4.5% milk fat would need to achieve 1165 min/d of rumination time; this is about twice the maximum rumination time observed across all the studies used for this meta-analysis. However, this meta-analysis was conducted with trials that had much lower fat concentration than 4.5%. The improvement in genetic potential likely mitigates these numbers.

Eating time

Eating time varies significantly among dairy cows due to multiple factors, including feed management, intake, physical and chemical characteristics of the diet, and genetic differences among animals (Mertens, 1997). We (Pupo and Ferraretto, 2024) conducted a meta-analysis focused on understanding eating time. The average value was 278 min/d with a range of 118 to 507.

Within dietary chemical characteristics, FNDF Concentration is well-documented to influence eating time in dairy cows (Tafaj et al., 2007). Providing adequate peNDF in dairy diets promotes rumen mat formation, chewing activity, and saliva production, and stimulates rumen buffering (Allen, 1997; Mertens, 1997). However, diets containing high concentrations of coarse FNDF often require an increase in mastication to reduce particle size (Huhtanen et

al., 2006). This scenario often triggers a decrease in intake (Dado and Allen, 1995). Zebeli et al. (2006) previously found a positive association between FNDF concentration and eating time by dairy cows, indicating that further mastication was needed for fibrous diets. Similarly, Jiang et al. (2017) observed a 1.8 h/d greater eating time when dietary forage concentration increased 30 percentage units. Among dietary physical characteristics, particle size supports the development of ruminal digesta stratification and maintain adequate rumen mat consistency (Clauss et al., 2011). Typically, feeding dairy diets with uniform supply of nutrients throughout the day influence rumen environment, promoting bacterial and protozoa growth (Kononoff et al., 2003). On the other hand, rapid or selective ingestion can cause large diurnal fluctuations in acid production, increasing the risk of subacute ruminal acidosis (Wang et al., 2015).

A negative linear relationship was observed between DMI and proportion of particles above 19 mm ($P \leq 0.01$). Reducing proportion of particles on top screens can cause less sorting and greater consumption of coarse, high fiber particles (Piran Filho et al., 2023). Bal et al. (2000) reported a decrease in sorting when dairy cows were fed diets evaluating effects of corn silage processing. In addition, milk fat yield was negatively affected ($P \leq 0.04$) by the proportion of particles above 19 mm. These findings suggest that a more uniform diet can reduce feed sorting and increase consumption of fiber (Zebeli et al., 2012). Eating time linearly increased by each percentage unit increase in the proportion of particles above 19 mm. Likewise, Kononoff and Henrichs (2003) observed that increasing the proportion of particles above 19 mm from 3 to 31% DM of the diet increased eating time by 36 min/d. Fernandez and Michalet-Doreau (2002) also observed changes in the proportion of particles retained on the top sieves when testing different theoretical lengths of cut for corn silage. Cows fed the finer chopped silage spent 43 minutes less time eating. Chewing activity (eating and rumination) is an important mechanism to reduce feed particle size and therefore, ruminant digestion (Jaster and Murphy, 1983). Although it is well recognized that increasing diet mean particle size increases eating time (Grant and Ferraretto, 2018), little was known about the relationship between eating time and particle size distribution. This current study suggests that increasing the proportion of particles above 19 mm may be a primary factor affecting eating time by dairy cows.

Nutrient variation

Formulating and ensuring the delivery of a well-balanced diet are indispensable practices. But dairies could experience a lot of day-to-day variation in nutrient composition of TMRs. A recent perspective and commentary review article by Weiss and St-Pierre (2024) shared some intriguing discussion points related to this topic. First, is TMR nutrient composition consistency significant to dairy cows? There were a few studies conducted to evaluate the variation of crude protein, dry matter, fatty acids, forage NDF, and starch in dairy diets. All these studies evaluated short-term nutrient variation as a cycle (up to 4 weeks), so on average, the nutrient composition was the same as the control treatment. For most studies, cows were either not affected or adapted their intake or production to nutrient variation. But what if nutrient variation occurs for a longer period?

We (Pupo et al., 2025) conducted an 8-week study to address this question. One treatment had a static diet with 25% starch, and the other treatment oscillated from 22 to 28% starch (25% for 2 days, 28% for 2 days, 25% for 2 days, 22% for 2 days, repeat). Starch variation was achieved by changing the proportion of corn silage and high-moisture corn in the diet. Cows had the same milk production and intake, on average, but greater day-to-day variation. Interestingly, cows adjusted their feeding behavior patterns. Cows fed the oscillating starch diet spent more time at the feed bunk, had more meals per day and shorter intervals between meals. Greater eating time was observed for dairy cows fed oscillating compared with static diets

(211.6 vs. 202.1 min/d, on average, respectively). This difference was followed by lower meal frequency (6.10 vs. 5.81 no./d, on average), greater interval between meals (187.5 vs. 194.2 min, on average), and largest interval between meals (325.6 vs. 335 min, on average) for dairy cows fed static compared with oscillating diets. This and previous studies demonstrate that dairy cows can tolerate large variations in nutrient composition over a short period of time (a few days) if cows are, on average, fed a reasonably balanced diet. But our recent study suggests that cows adapt through feeding behavior which may be detrimental long term. These cows also had 50% more day-to-day variation in feeding behavior.

Understanding the sources of nutrient variation and how to minimize the variation is key. Nutrient composition of feeds and forages and their inclusion rates in the TMR are the main sources of variation. Controlling the nutrient variation of forages is not an easy task but can be minimized by following good silage making practices. Proper harvest planning to reduce variation in forage maturity and ensuring particle size and processing are adequate goes a long way. Defacing the entire bunker face and mixing with the bucket loader before adding silage to the mixer could minimize variation too. Do not forget to measure and adjust for forage dry matter as this could alter the inclusion rates. For other ingredients with high variation in nutrient composition (i.e. wet byproducts), having a smaller inclusion rate minimizes the impact of that feed on TMR nutrient variation. Having multiple ingredients providing the same nutrient (i.e. various protein sources) also lessens variation. Consistent TMR batches require proper training. Make sure feeders know the ins and outs of their job. What is the correct mixing time, order of ingredient loading, mixer rpm? And all of these may change depending on the type of mixer. Do not forget to check for equipment wear. These factors not only introduce day-to-variation, but also within feed bunk variation. Improving the consistency of a TMR across the feed bunk ensures all cows have access to the same diet and boost milk production.

References

- Albright, J. L. 1993. Feeding behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76:485–498.
- Allen, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.* 80:1447-1462.
- Azizi, O., L. Hasselmann, and O. Kaufmann. 2009. Variations in feeding behaviour of high-yielding dairy cows in relation to parity during early to peak lactation. *Arch. Tierz.* 53:130–140.
- Bal, M.A., R.D. Shaver, A.G. Jirovec, K.J. Shinnors, and J.G. Coors. 2000. Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83: 1264–1273.
- Beauchemin, K. A. and L. Rode. 1994. Compressed baled alfalfa hay for primiparous and multiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:1003–1012.
- Beauchemin, K. A., M. Maekawa, and D. A. Christensen. 2002. Effect of diet and parity on meal patterns of lactating dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 82:215–223.
- Carter, A.J., W.E. Feeney, H.H. Marshall, G. Cowlshaw, and R. Heinsohn. 2013. Animal personality: what are behavioural ecologists measuring? *Biological Reviews* 88:465–475.

- Clark, P. W., and L. E. Armentano. 1993. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. *J. Dairy Sci.* 76:2644-2650.
- Clauss, M., I. Lechner, P. Barboza, W. Collins, T.A. Tervoort, K.H. Südekum, D. Codron, J. Hummel. 2011. The effect of size and density on the mean retention time of particles in the reticulorumen of cattle (*Bos primigenius* f. *taurus*), muskoxen (*Ovibos moschatus*) and moose (*Alces alces*). *Br. J. Nutr.* 105:634–644.
- Dado, R. G., and M. S. Allen. 1995. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.* 78:118-133.
- DeVries, T. J. 2019. Feeding behavior, feed space, and bunk design and management for adult dairy cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 35:61–76.
- Firkins, J. L., M. L. Eastridge, N. R. St-Pierre, and S. M. Noffsger. 2001. Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 79(E. Suppl.): E218-E238.
- Fricke, P.M., J. O. Giordano, A. Valenza, G. Lopes Jr., M. C. Amundson, and P. D. Carvalho. 2014. Reproductive performance of lactating dairy cows managed for first service using timed artificial insemination with or without detection of estrus using an activity-monitoring system. *J. Dairy Sci.* 97:2771-2781.
- Grant, R. J. and J. L. Albright. 2000. Feeding behaviour. Pages 365-382 in *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK.
- Grant, R. J. and J. L. Albright. 2001. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 84:156–163.
- Grant, R. J., and L. F. Ferraretto. 2018. Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. *J. Dairy Sci.* 101:4111–4121.
- Haskell, M.J., G. Simm, and S.P. Turner. 2014. Genetic selection for temperament traits in dairy and beef cattle. *Front Genet.* 5:368.
- Huhtanen, P., S. Ahvenjärvi, M. R. Weisbjerg, and P. Nørgaard. 2006. Digestion and passage of fibre in ruminants. Pages 87–135 in *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress*. K. Sejrsen, T. Hvelplund and M. O. Nielsen, ed. Wageningen Press, Wageningen, the Netherlands.
- Huzzey, J.M., T.J. DeVries, P. Valois and M.A.G. von Keyserlingk. 2006. Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 126–133.
- Jaster, E. H., and M. R. Murphy. 1983. Effects of varying particle size of forage on digestion and chewing behavior of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 66:802-810.
- Jiang, F. G., X. Y. Lin, Z. G. Yan, Z. Y. Hu, G. M. Liu, Y. D. Sun, X. W. Liu, and Z. H. Wang. 2017. Effect of dietary roughage level on chewing activity, ruminal pH, and saliva secretion in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 100:2660–2671.
- Kononoff, P.J. and A. J. Heinrichs. 2003. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 86: 2438–2451.

- Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs, and H. A. Lehman. 2003. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:3343–3353.
- Krentz, L. M., L. F. Ferraretto, and R. D. Shaver. 2018. Relationships among chewing activity and lactation performance by dairy cows and dietary nutrient composition. *J. Dairy Sci.* 101(Suppl. 2):(Abstr.). Page 110.
- McAllister, T. A., H. D. Bae, G. A. Jones, and K. J. Cheng. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.* 72:3004-3018.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463-1481.
- Piran Filho, F. A., J. M. Bragatto, C. S. Parra, S. M. S. Silva, P. J. Roco, L. F. Ferraretto, M. N. Pereira, and J. L. P. Daniel. 2023. Physical effectiveness of corn silage fractions stratified with the Penn State Particle Separator for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 106:6041-6059.
- Poppi, D. P., B. W. Norton, D. J. Minson, and R. E. Hendricksen. 1980. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.* 94:275-280.
- Provenza, F.D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *J. Range Manage.* 48:2–17.
- Pupo, M. R., J. R. R. Dorea, and L. F. Ferraretto. 2024. Determining feed bunk preference and its association with performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 107(Suppl. 1):(Abstr.). Page 389-390.
- Pupo, M. R., and L. F. Ferraretto. 2024. Meta-analysis on the effects of physical characteristics of dairy rations on animal performance and feeding behavior in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 107(Suppl. 1):(Abstr.). Page 135.
- Pupo, M. R., K. A. Juckem, E. C. Diepersloot, and L. F. Ferraretto. 2025. Effects of oscillating dietary starch concentration and cashew nutshell extract supplementation on lactation performance and enteric methane emissions of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 108(Suppl. 1):(Abstr.). Page 153.
- Rutten, C. J., A. Velthuis, W. Steeneveld, and H. Hogeveen. 2013. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 96:1928–1952.
- Schirmann, K., M. A. G. von Keyserlink, D. M. Weary, D. M. Veira, and W. Heuwieser. 2009. Technical Note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:6052-6055.
- Soriani, N., E. Trevisi, and L. Calamari. 2012. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *J. Anim. Sci.* 90:4544-4554.
- Tafaj, M., Q. Zebeli, Ch. Baes, H. Steingass, and W. Drochner. 2007. A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high yielding dairy cows in early lactation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138:137–161.

- Villalba, J. J., F.D. Provenza, and X. Manteca. 2010. Links between ruminants' food preference and their welfare. *Animal*. 4:1240-1247.
- Wang, H., X. Pan, C. Wang, M. Wang, and L. Yu. 2015. Effects of different dietary concentrate to forage ratio and thiamine supplementation on the rumen fermentation and ruminal bacterial community in dairy cows. *Anim. Prod. Sci.* 55:189–193.
- Wattiaux, M. A., D. R. Mertens, and L. D. Satter. 1991. Effect of source and amount of fiber on kinetics of digestion and specific gravity of forage particles in the rumen. *J. Dairy Sci.* 74:3872-3883.
- Weiss, W.P, and N. R. St-Pierre. 2024. Perspective and Commentary: Variation in nutrient composition of feeds and diets and how it can affect formulation of dairy cow diets. *Applied Anim. Sci.* 40:608-618.
- Zebeli, Q., J. R. Aschenbach, M. Tafaj, J. Boguhn, B. N. Ametaj, and W. Drochner. 2012. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95:1041–1056.
- Zebeli, Q., M. Tafaj, H. Steingass, B. Metzler, and W. Drochner. 2006. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 89:651-668.

Table 1. Effects of parity on the feeding behavior of lactating dairy cows (Pupo et al., 2024).

| Item | Parity | | | | | SEM ¹ | P-value |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5+ | | |
| | n = 106 | n = 206 | n = 140 | n = 80 | n = 78 | | |
| Bunk visits, no./d | 44.0 ^a | 37.8 ^b | 33.1 ^c | 29.7 ^{cd} | 26.1 ^d | 1.63 | 0.001 |
| Eating time, min/d | 217 ^{ab} | 222 ^a | 205 ^{bc} | 193 ^c | 192 ^c | 5.23 | 0.001 |
| Eating rate, kg of DM/min | 0.23 ^d | 0.27 ^c | 0.31 ^b | 0.34 ^a | 0.35 ^a | 0.01 | 0.001 |
| Meal frequency, no./d | 6.9 ^{ab} | 7.0 ^a | 6.7 ^b | 6.8 ^{ab} | 6.4 ^c | 0.14 | 0.001 |
| Meal length, min/meal | 33.1 ^a | 32.7 ^a | 31.6 ^{ab} | 29.4 ^b | 31.1 ^{ab} | 1.02 | 0.001 |
| Average meal size, kg of DM | 3.6 ^d | 4.2 ^c | 4.6 ^b | 4.7 ^b | 5.1 ^a | 0.10 | 0.001 |
| Largest meal size, kg of DM | 6.8 ^d | 8.0 ^c | 8.4 ^b | 8.5 ^{ab} | 9.0 ^a | 0.17 | 0.001 |
| Interval between meals, min | 169 ^{bc} | 165 ^c | 173 ^b | 173 ^b | 184 ^a | 3.26 | 0.001 |
| Largest interval between meals, min | 315 ^{bc} | 307 ^c | 317 ^{ab} | 316 ^{abc} | 328 ^a | 4.65 | 0.001 |

^{a-d} Different superscripts denote treatment differences within a row ($P \leq 0.05$)

¹The greatest standard error of the mean.

Table 2. Descriptive statistics for variables used in the meta-analysis (Krentz et al., 2018).

| Item | Average | SD | Minimum | Maximum |
|--------------------------------------|---------|------|---------|---------|
| <u>Chewing Activity</u> | | | | |
| Eating, min/d | 279 | 71 | 141 | 532 |
| Rumination, min/d | 446 | 76 | 151 | 638 |
| Total chewing, min/d | 725 | 113 | 369 | 1018 |
| Rumination, min/kg DMI | 20.3 | 5.0 | 7.6 | 40.3 |
| Total chewing, min/kg DMI | 33.1 | 8.6 | 16.6 | 72.6 |
| Rumination, min/kg NDFI ⁵ | 64.1 | 13.8 | 28.8 | 126.7 |
| Total chewing, min/kg NDFI | 103.7 | 21.7 | 53.4 | 172.5 |

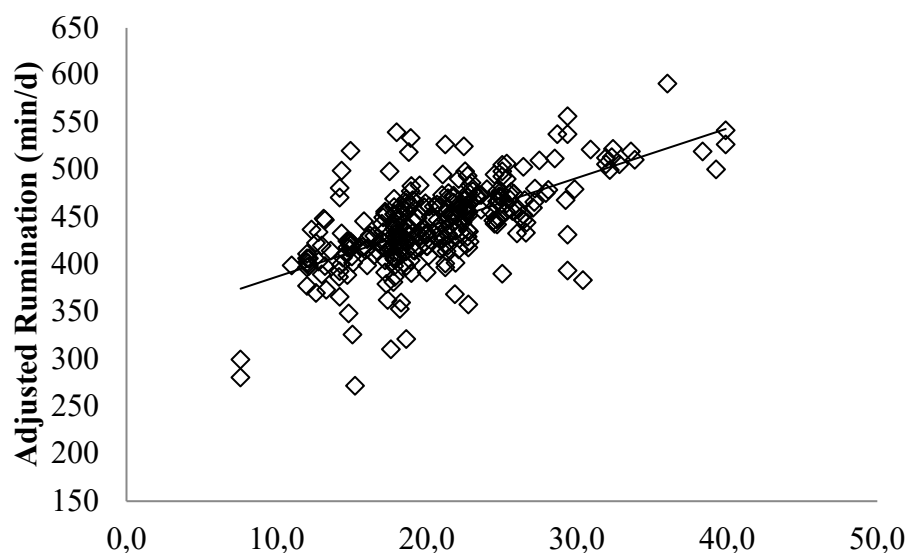


Figure 1. Effect of dietary forage NDF concentration (DM basis) on rumination activity (min/d) adjusted for the random effect of trial. Rumination data best-fit linear regression $y = 335.6 + (5.205 \times \text{FNDF concentration}) + \text{Residual}$; $n = 309$, $\text{RMSE} = 33.52$, $P = 0.001$. Adapted from Krentz et al. (2018).

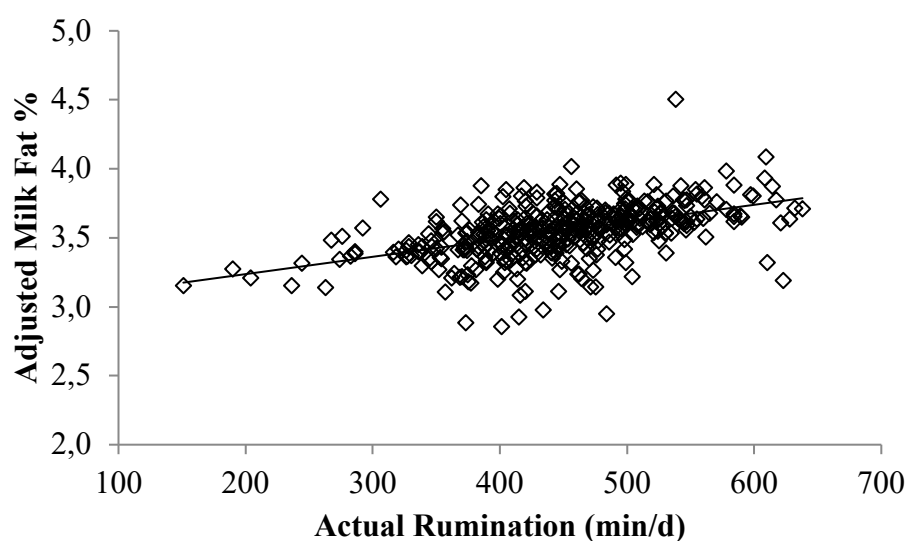


Figure 2. Effect of chewing activity (min/d) on milk fat concentration adjusted for the random effect of trial. Rumination data best-fit linear regression $y = 2.99 + (0.001296 \times \text{Rumination}) + \text{Residual}$; $n = 431$, $\text{RMSE} = 0.17$, $P = 0.001$. Adapted from Krentz et al. (2018).

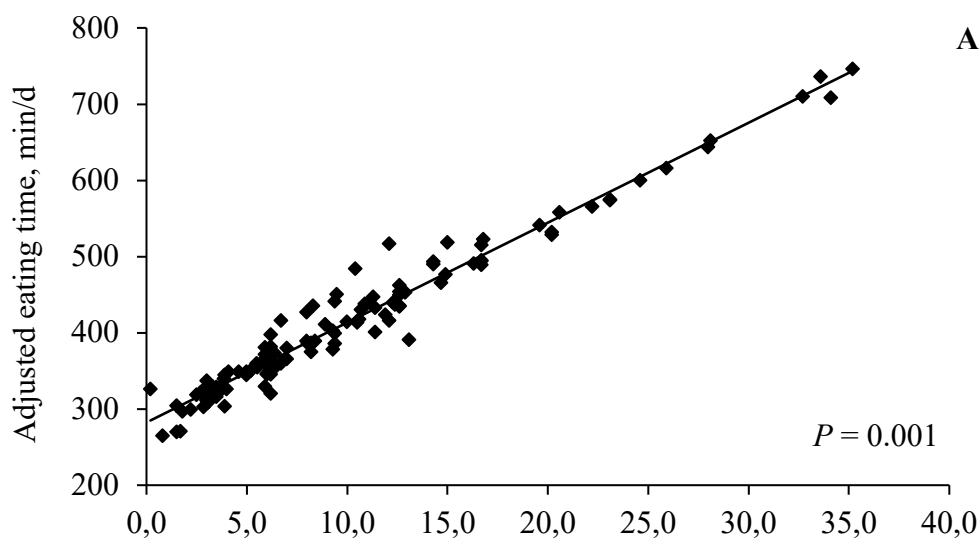


Figure 3. The effect of proportion of particles above 19 mm (% as-is) on eating time by dairy cows adjusted for the random effect of trial. Eating time was predicted from the following equation: $y = 280.0 + (13.149 \times \text{proportion of particles above 19 mm})$; $n = 124$, root mean squared error (RMSE) = 19.524, $P = 0.001$. Adapted from Pupo and Ferraretto (2024).

Vagões misturadores: dimensionamento, manejo e gestão dos dados para alcançar precisão na nutrição de vacas leiteiras

João Ricardo Alves Pereira¹

Escolha do Vagão Misturador

O custo da alimentação na produção de leite ou engorda de bovinos pode representar até mais de 50% do custo total de produção. A ração concentrada é um dos principais itens de custo e a sua quantidade e tipo depende da qualidade e quantidade de alimento volumoso. A alimentação equilibrada é fundamental para a saúde e o bem-estar dos animais, maximizar o ganho de peso, e para a produção de leite com teores adequados de sólidos totais.

O vagão misturador desempenha um papel fundamental no preparo de dietas totais (TMR), assegurando a homogeneidade da mistura e a distribuição uniforme dos nutrientes essenciais para o desempenho produtivo dos animais. Ao combinar com precisão os diversos insumos, este equipamento garante que cada porção contenha a formulação balanceada necessária, resultando em um melhor aproveitamento dos alimentos e maior eficiência na conversão alimentar. Além disso, sua capacidade de adaptação a ajustes rápidos permite que as dietas sejam otimizadas conforme as demandas nutricionais específicas e variáveis do rebanho.

A escolha criteriosa de um Vagão Misturador (Mixer) representa um investimento estratégico que pode gerar retornos significativos em termos de eficiência alimentar, desempenho animal e rentabilidade da produção.

Este artigo técnico tem como objetivo fornecer informações precisas e orientações práticas, capacitando técnicos e produtores a tomar decisões informadas e a selecionar o equipamento que melhor se adapta às suas necessidades.

CrITÉRIOS TÉCNICOS para a Seleção do Vagão Misturador

Com base na avaliação das necessidades operacionais, torna-se possível definir os critérios técnicos que nortearão a seleção do equipamento.

A etapa inicial para a seleção do vagão misturador ideal consiste na identificação precisa das demandas específicas de sua propriedade e as respostas às questões a seguir podem apresentar variações significativas entre diferentes produtores, mas são essenciais para a escolha do Vagão Misturador ideal:

Dimensionamento do Vagão: Qual a capacidade volumétrica (m^3) requerida para atender à demanda do rebanho, considerando o consumo diário, a frequência de alimentação e a expectativa de crescimento do rebanho?

Composição da Dieta: Quais os ingredientes são frequentemente utilizados na formulação da dieta (volumosos, concentrados, aditivos) e qual a proporção média de cada um?

¹Zootecnista
Professor Adjunto
Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR
jricardouepg@gmail.com

Capacidade de Mistura: O equipamento é capaz de processar e homogeneizar a dieta formulada, considerando a granulometria e a densidade dos ingredientes?

Incorporação de Forragem: O sistema de mistura permite a incorporação eficiente de forragens (feno, pré-secado, silagem de milho), preservando a integridade das fibras e evitando a segregação dos componentes?

Uniformidade da Mistura: Qual a variação da mistura obtida, garantindo a distribuição homogênea dos nutrientes em cada porção da dieta?

Gerenciamento de Lotes: A balança e o sistema de gestão do equipamento permitem a dosagem precisa e a distribuição individualizada da dieta para diferentes lotes de animais, considerando suas exigências nutricionais específicas?

Intensidade de Utilização: Qual a frequência e a duração da utilização diária do equipamento, influenciando a escolha de modelos com maior robustez e durabilidade?

Suporte Técnico: Qual a disponibilidade de serviços de assistência técnica e manutenção preventiva na região, garantindo a longevidade e o desempenho do equipamento?

Características Construtivas: O equipamento apresenta um projeto robusto, com materiais de alta resistência e componentes de qualidade, garantindo a durabilidade e a confiabilidade em condições de uso intensivo?

Disponibilidade de Modelos: Quais os modelos disponíveis no mercado, com diferentes capacidades, sistemas de mistura e funcionalidades, que se adequam às suas necessidades?

Referências de Mercado: Existem outros produtores na região que utilizam o mesmo modelo de equipamento, permitindo a avaliação de seu desempenho em condições reais de operação?

Restrições Orçamentárias: A empresa oferece opções de financiamento para a aquisição do equipamento, considerando os custos de aquisição, instalação, operação e manutenção?

Recomendações Técnicas Adicionais

Priorizar a Qualidade da Mistura: A uniformidade da mistura é um fator crítico para garantir a eficiência da alimentação e o desempenho dos animais.

Considerar a Facilidade de Operação: O equipamento deve ser fácil de operar e manter, minimizando o tempo de treinamento dos operadores e os custos de manutenção.

Verificar a Disponibilidade de Peças de Reposição: Certificar-se de que as peças de reposição são facilmente encontradas na sua região, evitando longos períodos de inatividade do equipamento.

Realizar Manutenção Preventiva: Implementar um programa de manutenção preventiva, seguindo as recomendações do fabricante, para garantir a longevidade e o desempenho do equipamento.

A análise criteriosa dessas questões fornecerá uma base sólida para a seleção do vagão misturador mais adequado às suas necessidades.

Modelos de Vagões Misturadores

A mistura requer movimento das partículas dos alimentos por meio de roscas e “pás tombadoras” e as forças mecânicas que misturam os alimentos também podem causar a redução do tamanho das partículas. Esta redução pode ou não ser uma função benéfica ou desejada da operação de mistura. Se de um lado o misturador deve ser capaz de processar a forragem por outro lado não deve reduzir tanto o tamanho das partículas de modo a prejudicar digestibilidade da dieta.

De modo geral, os vagões misturadores se enquadram nas seguintes categorias:

Vagão Misturador Horizontal

Este vagão usa dois, três ou quatro eixos para promover a mistura. Os alimentos se movem ao longo do vagão no sentido horizontal. Em misturadores de três e quatro eixos, uma ou duas roscas giram em sentido contra-rotativos e/ou movimentos que promovem o fluxo dos alimentos em direção oposta um dos outros. O fluxo dos alimentos se dá de ponta a ponta e de baixo para cima. Os alimentos se movem em direção à porta de descarga e é descarregada quando a porta é aberta.

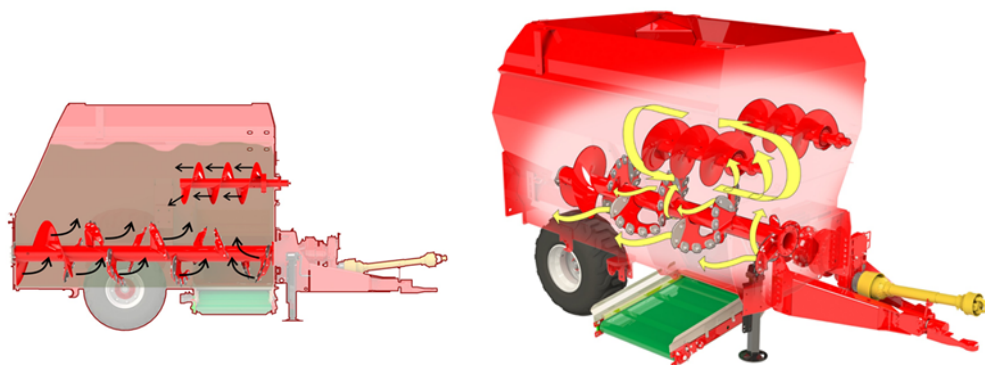


Figura. Sentido de fluxo de mistura em vagão misturador horizontal.

Nos projetos mais modernos desse tipo de misturador as roscas de mistura dos eixos principais são dotadas de facas entalhadas com capacidade de processar fibras mais longas em tamanhos adequados ao tipo de dieta desejada. Contudo, é fundamental que se tenha a opção para que essas facas de corte possam ser substituídas por “facas cegas” (totalmente sem corte) para as dietas onde se deseja uma boa qualidade de mistura, mas com o mínimo processamento da forragem. As diferenças de projeto nesses misturadores incluem a velocidade de rotação dos eixos helicoidais (caixa de redução) e o diâmetro do eixo helicoidal.

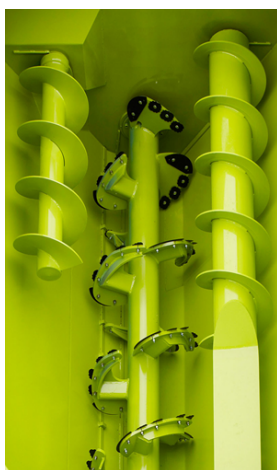
Para esses tipos de vagão misturador é necessário um volume mínimo de 20 a 30% da capacidade de carga (em volume) para que os ciclos de mistura ocorram de forma satisfatória. Essa observação deve ser levada em consideração na escolha do tipo e do volume do vagão quando se tem, na mesma fazenda, lotes e/ou categorias com grande variação no número de animais.

Sequência de carga sugerida:

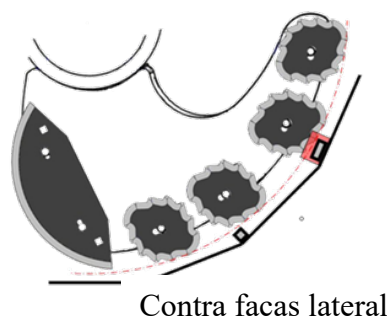
1. Misturas minerais/vitaminas/aditivos;
2. Farelos e grãos moídos finos;
 - a. Fazer uma pré mistura rápida;
3. Silagem de grãos/ Sub produtos úmidos;
4. Feno/silagens pré secadas ou de capins;
 - a. Fazer uma pré mistura para processar essa primeira forragem (reduzir tamanho partículas), se necessário;
5. Silagem de milho;
6. Tempo de mistura final.

Mecanismos para processamento de forragens:

- a) Intenso
 - Todas as facas das roscas com corte + contra facas presentes.
- b) Moderado
 - Parte ou todas as facas das roscas sem corte + contra facas presentes.
- c) Mínimo
 - Todas as facas das roscas sem corte + remover contra faca lateral.



Facas de corte/cegas nas roscas de mistura.



Contra facas lateral

Vagão Misturador Vertical

Este misturador consiste em uma estrutura com um (ou mais) eixo cônico vertical centrado. Uma caixa de engrenagens planetária e transmissão acionam o(s) eixo(s). Um sistema

de corte que pode ou não ser acionado é anexado à parede do vagão, aumentando a capacidade de processar e reduzir o tamanho das partículas da forragem, mesmo quando na forma de grandes fardos de feno ou silagem pré secada.

A rosca vertical, com suas pás helicoidais, impulsiona os ingredientes do fundo para a parte superior do vagão. Ao alcançar a parte superior os ingredientes descem, promovendo um ciclo contínuo de elevação e queda. Esse fluxo alternado garante a homogeneidade, evitando a segregação dos componentes. Durante a mistura ou descarga o sistema pode alterar sua velocidade ou o tempo de rotação para adequar-se à densidade e tipo dos alimentos.

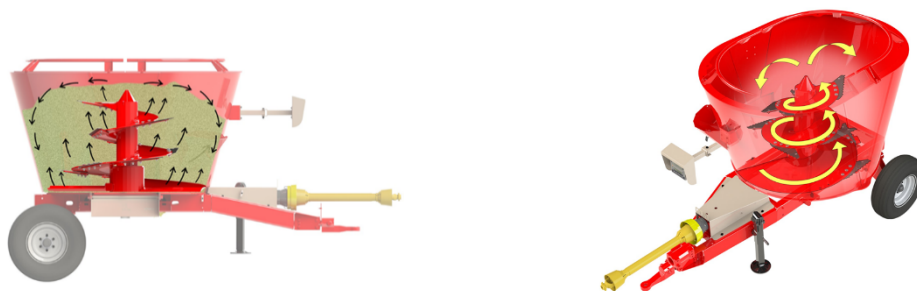


Figura. Sentido de fluxo de mistura em vagão misturador vertical.

É indicado para dietas ricas em alimentos volumosos e para que o sistema de mistura tenha maior eficiência é necessário que o volume atinja entre 30 a 50% da capacidade de carga do vagão. Essa característica deve ser levada em consideração para a mistura de dietas para lotes e categorias que, em certas ocasiões, podem ter menor número de animais.

Sequência de carga sugerida:

1. Misturas minerais/vitaminas/aditivos;
2. Farelos e grãos moídos finos;
 - a. Fazer uma pré mistura rápida;
3. Silagem de grãos/ Sub produtos úmidos;
4. Feno/silagens pré secadas ou de capins;
 - a. Fazer uma pré mistura para processar essa primeira forragem -reduzir tamanho partículas, se necessário;
 - b. Acionar ou recolher as contra facas de acordo com o processamento desejado para a essa primeira forragem;
 - c. Recolher contra facas;
5. Silagem de milho;
6. Tempo de mistura final.

Mecanismos para processamento de forragens:

a) Intenso

- Todas as facas das roscas abertas + contra facas acionadas.

b) Moderado

- Todas as facas das roscas abertas + contra facas recolhidas total ou parcial.

c) Mínimo

- Todas as facas das roscas recolhidas + contras facas totalmente recolhidas.



Facas de cortes nas roscas de mistura.



Contra facas e opções de acionamento



Vagão Misturador com Rotor e Pás Tombadoras

Este tipo de vagão misturador combina um conjunto de roscas e um eixo maior dotado de pás tombadoras. Os alimentos são levantados e tombados pelo molinete, movendo-a para as roscas sem-fins rotativas que promovem uma ação de mistura, movimentando os alimentos de ponta a ponta e até a porta de descarga. As facas nas roscas, quando presentes, processam minimamente a forragem quando necessário.

Este tipo de vagão é utilizado, na maioria das situações, para alimentação de gado de corte em confinamento, cujas dietas são ricas em concentrados e com baixos teores de fibra, que geralmente já está processada (forragens repicadas, bagaço de cana, ensilados, etc).



Figura. Sentido de fluxo de mistura em vagões misturadores com rotor e pás tombadoras.

Sequência de carga sugerida:

1. Misturas minerais/vitaminas/aditivos;
2. Farelos e grãos moídos finos;
 - a. Fazer uma pré mistura rápida;
3. Silagem de grãos/ Sub produtos úmidos;
4. Forragens/fibras processadas (baixa inclusão);
5. Tempo de mistura final.

Vagão Misturador com Pás Tombadoras

Este vagão é dotado de pás misturadoras para levantar e rolar os alimentos. Um eixo central move os alimentos de ponta a ponta e até a porta de descarga. É interessante que as pás tombadoras sejam revestidas ou acopladas a materiais flexíveis (borrachas) que raspem o fundo do vagão sem promover abrasão ou danificar os ingredientes da dieta.

A parte superior da caixa do vagão é aberta de modo a permitir o carregamento com estruturas de carga acopladas a tratores ou silos de descarga.

Esse tipo de vagão é ideal quando se tem dietas compostas por grãos inteiros e pellets e que exigem o mínimo possível de processamento (quebra), mas que demandam boa qualidade de mistura.

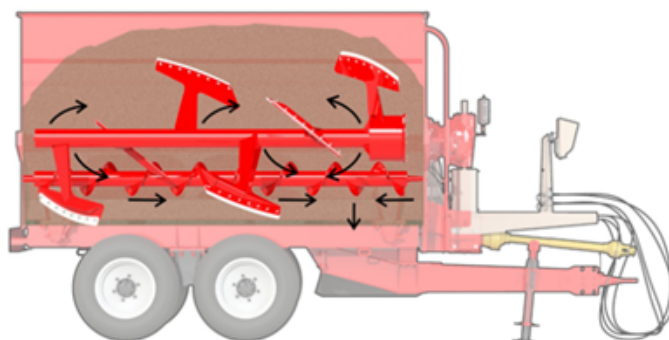


Figura. Sentido de fluxo de mistura em vagão misturador com pás tombadoras.

Sequência de carga sugerida:

1. Misturas minerais/vitaminas/aditivos;
2. Farelos e grãos moídos ou íntegros;
 - a. Fazer uma pré mistura rápida;
3. Silagem de grãos/ Sub produtos úmidos;
4. Forragens/fibras processadas (baixa inclusão);
5. Tempo de mistura final.

Vagão Misturador com Helicoide

Este vagão é composto por uma estrutura de menor volume (até 2,5 m³) contendo um helicoide grande que promove a mistura por tombamento. Uma rosca interna auxilia na mistura e move o material para a porta de descarga. Geralmente, esse tipo de vagão é acoplado ao sistema hidráulico do trator e é recomendado para situações onde o lote a ser alimentado é relativamente pequeno e não há necessidade de processamento da forragem. Em caso de inclusão de fibra longa é necessário o processamento prévio.

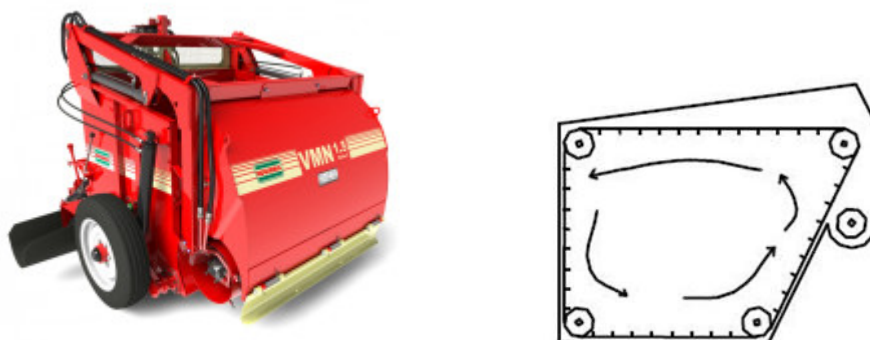


Figura. Sentido de fluxo de mistura em vagão misturador com helicóide.

Sequencia de carga sugerida:

1. Forragens processadas (fenos/silagens pré secadas picados);
2. Farelos/grãos moídos/rações concentradas;
3. Misturas minerais/vitaminas/aditivos (ideal é que estejam na ração);
 - a. Fazer uma pré mistura;
4. Silagem de milho;
5. Tempo de mistura final.

Avaliação da qualidade da mistura da dieta total

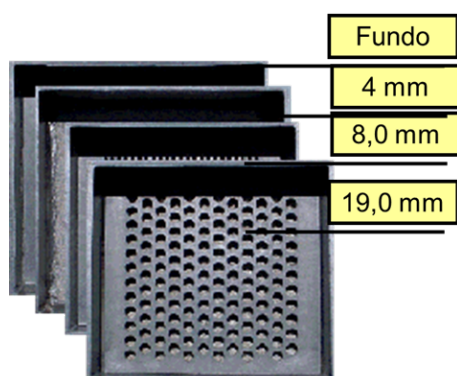
Avaliar a qualidade da mistura da dieta total (TMR) é essencial para garantir um fornecimento uniforme dos alimentos, refletindo diretamente na eficiência produtiva e na saúde dos animais. Quando o vagão misturador é capaz de proporcionar uma homogeneidade ideal, cada animal recebe a quantidade exata de energia, proteínas e demais nutrientes necessários para um desempenho otimizado.

O conjunto de peneiras Penn State Box é usado para avaliar o tamanho das partículas e a distribuição da dieta total na linha de cocho.

Procedimento:

- Logo em seguida ao trato dos animais colete ao menos 05 a 10 amostras que representem o início, meio e final da distribuição da dieta;
- Coloque cerca de 3 litros da dieta na peneira superior;
- Em uma superfície plana agite as peneiras cinco vezes em uma direção;
- Gire as peneiras para o lado seguinte e agite cinco vezes novamente para cada um dos lados;
- Repita o processo de agitação, para um total de oito séries ou 40 agitações;

- Pese o produto restante em cada peneira;
- Calcule a proporção da quantidade retida em cada peneira – Some as quantidades retidas em cada peneira. Divida o valor retido em cada uma pelo valor da soma de todas e multiplique por 100 o valor encontrado. Você terá a porcentagem retida;
- Compare os valores encontrados de cada amostra avaliada;
- Uma distribuição equilibrada de partículas indica uma mistura ideal.



Conjunto de peneiras Penn State Box

| Peneiras | Malha (mm) | Dieta total misturada % (TMR) |
|-----------|------------|-------------------------------|
| Peneira 1 | 19 mm | 2 a 8 |
| Peneira 2 | 8 mm | 30 a 50 |
| Peneira 3 | 4 mm | 10 a 20 |
| Fundo | - | 30 a 40 |

Porcentagens retidas sugeridas para cada peneira.

- A constância nos valores encontrados entre as amostras avaliadas é mais importante do que valores próximos ao sugerido pela “Penn State Box”;
- Avalie se o material retido na primeira peneira é passível de rejeição pelos animais (futuras sobras) ou é uma forragem/alimento de boa qualidade em tamanho maior de partícula que será consumido.

Literatura sugerida

- Bach, A. 2024. Back to basics: Precision while mixing total mixed rations and its impact on milking performance. J.Dairy Sci. Communications. 5:102–106.
- Carneiro, J. H.; Santos, J. F.; Schmidt, P.; Ameida, R. Accuracy of total mixed rations fed on dairy herds of Castrolanda, Paraná. 51ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais...Barra dos Coqueiros, 2014.
- Moallem, U., and L. Lifshitz. 2020. Accuracy and homogeneity of total mixed rations processed through trailer mixer or self-propelled mixer, and effects on the yields of high-yielding dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol. 270:114708.
- Rossow, H. A., and S. S. Aly. 2013. Variation in nutrients formulated and nutrients supplied on 5 California dairies. J. Dairy Sci. 96:7371–7381.

- Schingoethe, D. J. 2017. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. J. Dairy Sci. 100:10143–10150.
- Sova, A. D., S. J. LeBlanc, B. W. McBride, and T. J. DeVries. 2014. Accuracy and precision of total mixed rations fed on commercial dairy farms. J. Dairy Sci. 97:562–571.
- Trillo, Y., A. Lago, and N. Silva-del-Rio. 2016. Deviation from the formulated target weight of ingredients loaded into high milk yield cow recipes on California dairies. J. Dairy Sci. 99:5866–5878.

Qual perfil do produtor e do sistema de produção para ter sucesso na ordenha robotizada?

Marcia Endres¹

Introdução

Os **sistemas de ordenha automatizada (AMS)** tornaram-se mais comuns na Europa e no Canadá nos últimos 20 anos. A adoção nos EUA tem sido um pouco mais lenta, mas as estimativas indicam que cerca de 8% das fazendas de gado leiteiro dos EUA instalaram AMS. O mercado global de AMS está em crescimento, com uma estimativa de atingir US\$ 4,31 bilhões até 2027, sendo 7,2% provenientes dos EUA e com rebanhos maiores em transição para AMS (Lage et al., 2024).

Pesquisas indicam que os produtores instalam AMS principalmente por motivos relacionados à mão de obra. As 3 principais razões para a instalação de AMS, mencionadas por 95% dos agricultores em uma pesquisa com 53 fazendas em Minnesota e Wisconsin em 2012 (Salfer et., 2017), foram a redução da mão de obra contratada, a melhoria do estilo de vida e a capacidade de crescimento sem a necessidade de mais mão de obra. Os agricultores estavam usando o tempo de trabalho liberado para aumentar o rebanho, melhorar a gestão da fazenda, aumentar o envolvimento em organizações ou na comunidade, ou para ter mais tempo com a família. Em uma pesquisa mais recente com fazendas maiores nos EUA (iguais ou maiores que 7 AMS/fazenda), os principais motivos foram a redução do custo de mão de obra, a melhoria do bem-estar das vacas, a melhoria do desempenho do rebanho, a redução do número de funcionários na fazenda e o aumento da tecnologia na fazenda (Lage et al., 2024). A maioria dos entrevistados (78%) indicou que o AMS reduziu os custos de mão de obra em sua fazenda e 48% deles relataram uma redução superior a 20% no número de funcionários em tempo integral após a transição de um sistema de sala de ordenha convencional. Curiosamente, 35% precisaram contratar funcionários com habilidades diferentes após a transição.

Além de ser um substituto para os equipamentos de ordenha e a mão de obra convencionais, os AMS e suas tecnologias associadas têm o potencial de monitorar muitas variáveis, como a produção diária de leite por vaca e por teto, os componentes do leite, a condutividade e a cor do leite, a contagem de células somáticas (CCS) do leite, o tempo de ruminação, a atividade e outros comportamentos da vaca, o peso corporal da vaca, o estado reprodutivo da vaca e muito mais.

O que torna as fazendas com AMS bem-sucedidas?

Otimizar a eficiência na fazenda é de suma importância, especialmente para fazendas com AMS. A eficiência nas fazendas com AMS pode ser avaliada usando muitas variáveis, pois o termo eficiência pode ter um significado diferente em cada fazenda. No entanto, um objetivo comum para todas as fazendas deve ser o de melhorar o retorno sobre o investimento e a lucratividade da operação. Este artigo se concentrará principalmente nos fatores que influenciam a produção de leite (por vaca e por AMS).

¹Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul, EUA.

Para maximizar a lucratividade do AMS, é crucial maximizar a eficiência da produção de leite por vaca, bem como por robô (André et al., 2010). O leite colhido por unidade de AMS, uma função do número de ordenhas por dia e da quantidade de leite coletada em cada ordenha, tem sido considerado um fator crítico para a lucratividade da fazenda (Salfer et al., 2017). Maximizar a quantidade de leite por minuto de tempo no box e otimizar a porcentagem de tempo em que o robô está ocioso são as chaves para alcançar o objetivo de maior produção por AMS por dia.

Em um estudo que incluiu 36 fazendas de AMS de fluxo livre em Minnesota e Wisconsin, o tempo médio de ordenha foi de 5,5 minutos por ordenha (variando de 4,3 minutos a 7 minutos) e a porcentagem de tempo em que os robôs estavam ociosos foi em média de 19% (Peiter et al., 2019). A maioria dos fabricantes recomenda um tempo ocioso mínimo de 10% para permitir a manutenção e otimizar o número de visitas por vaca. Existem fatores da vaca, de manejo e da máquina que podem afetar a quantidade de leite por minuto de tempo no box, incluindo o tempo de preparação e conexão, a conformação do úbere, a velocidade de ordenha da vaca, as configurações de permissão de ordenha, as configurações e manutenção da máquina e as recusas e falhas de ordenha por vaca.

Considerações sobre o projeto do estábulo

O projeto do estábulo do AMS deve incentivar o movimento natural da vaca, o que resulta em visitas frequentes ao box de ordenha e minimiza a mão de obra. O fluxo de vacas, o conforto e a facilidade de manejo dentro do estábulo são fatores que podem afetar o desempenho do AMS. As opções incluem a construção de uma nova instalação para instalar o AMS ou a adaptação de uma instalação mais antiga. A pesquisa mostrou que não há diferenças na produção de leite entre estábulos de AMS novos e adaptados (Tremblay et al., 2016; Siewert et al., 2018).

Há dois tipos de tráfego de vacas em AMS - **fluxo livre** e **fluxo guiado**, além de uma opção de fluxo semi-guiado. Em estábulos com tráfego de vacas de fluxo livre, as vacas podem acessar todas as áreas do estábulo sem restrição. No tráfego de vacas de fluxo guiado, portões de sentido único e portões de seleção são usados para guiar as vacas para as áreas de ordenha, alimentação e descanso.

Os dois tipos de fluxo guiado são "**ordenhar primeiro**" e "**alimentar primeiro**". No sistema de "ordenhar primeiro", as vacas que saem da área de descanso devem passar por um portão de pré-seleção que determina se elas estão aptas para a ordenha. Se uma vaca atender ao requisito para ser ordenhada, ela é guiada para um cercado de espera que contém o box do AMS. O cercado de espera é uma área cercada ao lado do box do AMS da qual as vacas aptas para a ordenha não podem sair até serem ordenhadas. Se ela não estiver apta para a ordenha, ela é autorizada a entrar na área do cocho de alimentação e só pode voltar a entrar na área de descanso por meio de um portão de sentido único. Os portões de pré-seleção também podem ser instalados em passagens longe do box do AMS e abrem apenas para vacas não aptas para a ordenha.

No sistema de "alimentar primeiro", o tráfego de vacas é o inverso do sistema de "ordenhar primeiro". Depois de comer, as vacas entram em um portão de seleção que determina se elas estão aptas para a ordenha. O portão as guia para o cercado de espera para a ordenha ou para a área de descanso.

Recomendações da indústria e observações de campo indicam que o sistema de "ordenhar primeiro" é o melhor para o estilo de pecuária leiteira dos EUA, onde a economia exige alta produção. Em sistemas de "alimentar primeiro", as vacas tendem a ficar no corredor de alimentação ou no cercado de espera ruminando depois de comer o PMR sem entrar no portão de seleção ou visitar o box do AMS.

Tanto o fluxo livre quanto o fluxo guiado de "ordenhar primeiro" podem ser bem-sucedidos. A melhor opção é determinada pelos objetivos do produtor e seu estilo de manejo. Em geral, a pesquisa mostrou que há menos vacas a serem buscadas em sistemas de fluxo guiado do que em sistemas de fluxo livre (Bach et al., 2009). Vacas a serem buscadas ("fetch cows") são aquelas que os trabalhadores precisam levar manualmente ao AMS, pois não visitaram o box do AMS voluntariamente dentro de um tempo especificado com base nas configurações de permissão de ordenha.

O investimento de capital tende a ser um pouco maior em sistemas de fluxo guiado por causa dos portões de pré-seleção adicionais. A complexidade do manejo de vacas pode ser maior em sistemas de fluxo guiado. Em sistemas de fluxo livre, as vacas têm acesso ao box do AMS, as camas, e à alimentação o tempo todo. Em sistemas de fluxo guiado, os trabalhadores devem estar cientes das vacas que ficam confinadas no cercado de espera por longos períodos e optam por não visitar o box do AMS. As vacas também podem optar por não passar pelo portão de pré-seleção por conta própria de forma regular. No entanto, o manejo da alimentação pode ser mais desafiador no sistema de fluxo livre. Não há portões de pré-seleção para ajudar a guiar as vacas para o box do AMS, de modo que as mudanças na ração podem afetar significativamente as visitas.

Fatores que influenciam a produção de leite em AMS

Em um estudo com fazendas com AMS em Minnesota e Wisconsin, Siewert et al. (2018) descobriram que os fatores positivamente associados à produção de leite por AMS incluíam o número de visitas de ordenha bem-sucedidas ao box do AMS por dia (frequência de ordenha), a velocidade de ordenha da vaca, o número de vacas por AMS, a idade média das vacas no rebanho e a quantidade diária de concentrado oferecida no AMS. Por outro lado, os fatores que foram negativamente associados ao leite por AMS incluíam concentrado residual (programado para ser oferecida à vaca, mas não oferecido), tempo de tratamento (o tempo gasto na preparação do úbere antes da ordenha e na aplicação de um desinfetante de teto após a ordenha), falhas (visitas em que a vaca tinha permissão para ser ordenhada, mas a unidade de ordenha não conseguiu se conectar ou a vaca não completou a ordenha) e recusas (a vaca visitou o box de ordenha, mas as permissões de ordenha não permitiram que ela fosse ordenhada naquele momento). Bach e Busto (2005) encontraram um impacto negativo na produção de leite de um aumento no coeficiente de variação semanal do intervalo de ordenha. Eles avaliaram o coeficiente de variação semanal do intervalo de ordenha como um determinante potencial para a variabilidade dos horários de ordenha da vaca.

Um fator especialmente importante para o sucesso em AMS é a forma como as vacas são alimentadas. Os nutricionistas têm o objetivo de otimizar a produção de leite e a saúde das vacas leiteiras, equilibrando uma ração de menor custo que atenda às exigências nutricionais das vacas. Na maioria dos rebanhos convencionais de confinamento, esse objetivo é alcançado alimentando-se uma **ração total misturada (TMR)** onde todos os ingredientes são misturados e entregues às vacas. Para os rebanhos com AMS, uma **ração parcial misturada (PMR)**, contendo todo o volumoso e uma parte do concentrado, é oferecida no cocho de alimentação. Uma quantidade adicional de concentrado é distribuída no box do AMS; essa quantidade varia

de acordo com o estágio de lactação da vaca e/ou a produção de leite e o tipo de fluxo de tráfego de vacas que está sendo usado na fazenda.

O principal fator motivador para atrair as vacas a visitarem consistentemente o box do AMS é a fome, e não o fato de as vacas "sentirem" a necessidade de serem ordenhadas naquele momento. No entanto, as visitas das vacas ao AMS não dependem apenas do PMR entregue no cocho de alimentação e do concentrado oferecida no box do AMS, mas também do manejo da alimentação, do conforto da vaca, da saúde da vaca e das interações sociais entre as vacas. O estresse térmico pode resultar na redução da ingestão de ração e na diminuição do número de visitas ao box do AMS. Vacas com claudicação severa também são menos propensas a visitar o box do AMS voluntariamente (Bach et al, 2009). Esses fatores precisam ser considerados em um programa de alimentação para rebanhos com AMS.

Algumas das práticas de manejo de alimentação que potencialmente têm um efeito na produção de leite em AMS incluem, mas não se limitam a: tipos de concentrado oferecido no AMS, bem como a formulação do PMR, quantidade oferecida, localização(ões) onde a PMR é oferecida, vezes por dia que o PMR fresco é distribuído, frequência e método de empurrar a PMR, e muito mais (Tremblay et al., 2016; Bach e Cabrera, 2017). Gednalske et al. (2021, resultados não publicados) descobriram que fazendas de AMS de fluxo livre que oferecem mais de um tipo de concentrado no box do robô e praticam um manejo mais intensivo das tabelas de concentrado no AMS ("feed tables") tiveram maior produção de leite por vaca e por AMS.

Bach e Cabrera (2017) sugeriram que o tamanho das refeições de concentrado deve ser limitado a cerca de 1,5 kg ou menos por visita para que as vacas consumam toda o concentrado que lhes é alocado em cada visita, e a quantidade total diária de concentrado oferecida no AMS ser limitada a aproximadamente 4 kg por vaca. Mais pesquisas são necessárias para determinar de forma conclusiva as quantidades de concentrado a serem oferecidas no box do AMS.

Eficiência ideal

Para alcançar a eficiência ideal em AMS, é importante focar no leite por AMS por dia, especialmente em mercados onde as margens de lucro são apertadas. Um fator chave para alcançar uma alta quantidade de leite por AMS é maximizar a quantidade de leite por minuto de tempo no box e otimizar a porcentagem de tempo em que o robô está ocioso. Os fatores da vaca, de manejo e da máquina que afetam a quantidade de leite por minuto de tempo no box incluem:

- **Tempo de preparação e conexão** - isso é afetado pela cooperação e temperamento da vaca, colocação dos tetos, equilíbrio do úbere, quantidade de pelos no úbere e a capacidade do laser e/ou câmeras de encontrar os tetos.
- **Conformação ideal do úbere** - os AMS têm dificuldade em se conectar a úberes com tetos traseiros cruzados, muito profundos e com inclinação reversa severa.
- **Velocidade de ordenha da vaca**
- **Configurações de permissão de ordenha** - não permitir que as vacas ordenhem até que a produção de leite prevista seja maior aumentará a quantidade de leite por minuto de tempo no box. No entanto, isso pode diminuir a quantidade de leite por vaca por dia e as visitas por vaca por dia.

- **Configurações e manutenção da máquina** - lasers e câmeras limpos e configurações de preparação podem minimizar o tempo de preparação e conexão.
- **Tempo livre ideal do robô** - o tempo livre sugerido é de 10%, mas algumas fazendas têm excelentes visitas e leite por vaca com menos tempo livre.
- **Recusas de ordenha ideais por vaca.**

Saúde e treinamento da vaca

A saúde e o conforto da vaca também podem influenciar a produção de leite em fazendas com AMS. A claudicação foi associada à diminuição da produção de leite em fazendas com AMS (King et al., 2017). Fatores individuais da vaca, como raça, estágio de lactação, número de lactação e velocidade de ordenha, também demonstraram estar relacionados à produção de leite em fazendas com AMS (Tremblay et al., 2016; Siewert et al., 2018).

Uma área que pode ser desafiadora de gerenciar em AMS é a saúde do úbere. Os produtores dependem das ferramentas de detecção do AMS para identificar casos de mastite e desviar o leite do tanque, já que os trabalhadores não estão avaliando o leite do pré-ordenha como em um sistema convencional. Uma máquina prepara o úbere para a ordenha, o que é mais difícil de fazer de forma eficaz com vacas sujas. Uma das vantagens do AMS é que os tetos são ordenhados e removidos individualmente, o que reduz a sobre-ordenha. Também há menos risco de contaminação por antibióticos com uma vaca tratada, se sua identificação for inserida corretamente no computador e o leite for descartado. Outro desafio se relaciona com a identificação de casos de mastite clínica. Embora métricas adicionais tenham melhorado a detecção nos últimos anos, algumas vacas ainda podem ser perdidas. O tratamento de vacas também é mais difícil, pois elas não vão mais para uma sala de ordenha para serem ordenhadas. Organismos contagiosos podem ser um verdadeiro desafio e a mastite contagiosa pode se espalhar mais facilmente. Além disso, as vacas infectadas geralmente não podem ser agrupadas separadamente.

O manejo de vacas em transição influenciará a saúde da vaca; o software AMS pode fornecer informações para ajudar a gerenciar essas vacas. Peiter et al. (2021) descobriram que para cada aumento de 100 min/dia na mudança no tempo de ruminação durante os primeiros seis dias em lactação, a produção de pico de leite aumentou em 4,3 e 4,8 kg para vacas de 2ª e 3ª+ paridade, respectivamente. Além disso, a produção de pico de leite aumentou em 2,3 e 2,2 kg para cada aumento de 100 min no tempo médio de ruminação durante os primeiros seis dias em lactação para vacas de 2ª e 3ª+ paridade, respectivamente. A maioria dos produtores presta muita atenção aos relatórios diários de saúde fornecidos pelo software AMS.

Fazendas que têm baias separadas para vacas recém-paridas produzem mais leite (Swartz et al. 2021, resultados não publicados). Os usuários bem-sucedidos de AMS prestam mais atenção às vacas em transição e garantem que elas sejam alimentadas e manejadas para serem saudáveis e que estejam visitando o box do AMS de forma consistente e frequente. Observações de campo indicaram que algumas fazendas em Wisconsin ordenham suas vacas em um local separado durante os primeiros 3 a 5 dias em lactação, depois movem essas vacas para o estábulo do AMS. Alternativamente, está se tornando mais comum em rebanhos maiores ter um estábulo (“pen”) separado e confortável para vacas recém-paridas com acesso a um box do AMS. As vacas ficam nesse estábulo por um breve período, geralmente até 5 a 15 dias após o parto.

Outro fator que pode influenciar a eficiência do AMS é o treinamento de novilhas de primeira cria. Um estudo com fazendas de AMS de fluxo livre (Siewert et al., 2019) mostrou que as novilhas tinham uma frequência de ordenha menor do que as vacas mais velhas no início da lactação, juntamente com uma maior frequência de falhas. Um melhor treinamento de vacas recém-paridas para usar o AMS, especialmente novilhas, poderia potencialmente melhorar a produtividade das fazendas com AMS. A maioria das fazendas busca suas vacas recém-paridas por 3-5 dias no início da lactação para garantir que elas estejam visitando o box do AMS. Mais fazendas estão instalando comedouros automatizados no estabulo pré-parto. O uso desses comedouros pode ajudar as vacas a se familiarizarem com um sistema automatizado e a serem mais propensas a visitar voluntariamente o box do AMS no início da lactação.

Um estudo de caso em uma fazenda de AMS de fluxo livre que treinou suas novilhas de primeira cria durante o período pré-parto mostrou benefícios. Essa fazenda as abrigou em um cercado com cama dentro do estábulo do AMS e as levava fisicamente através do box do AMS duas vezes ao dia, onde ofereciam 0,5 kg de ração peletizada por novilha por visita. A frequência de ordenha do ano anterior ao início do protocolo de treinamento e do ano após o treinamento mostrou uma diferença de aproximadamente 1,2 visitas de ordenha a mais por dia no início da lactação para as novilhas treinadas. Essa mudança na frequência de ordenha foi um dos fatores que contribuíram para um aumento de aproximadamente 3 kg na produção de pico de leite para as novilhas treinadas. É importante ressaltar que essa fazenda tinha tempo livre suficiente disponível no AMS para fazer o treinamento.

Considerações econômicas

O AMS é de alta tecnologia e caro; este equipamento sofisticado requer dinheiro para manutenção e reparo. Se os produtores aprenderem a fazer a maioria dos reparos, isso ajudará a tornar o AMS mais acessível a longo prazo e a reduzir o número de falhas e problemas que podem afetar a eficiência do robô. Não é possível simplesmente ir à loja de ferragens local para comprar todas as peças de AMS necessárias.

Embora um dos fatores motivadores da maioria dos produtores que instalam robôs seja melhorar a qualidade de vida, é importante desenvolver um fluxo de caixa realista e pensar cuidadosamente sobre quanto capital pode ser investido no sistema de ordenha. Os principais fatores de manejo que afetam se os AMS são mais lucrativos do que as fazendas de ordenha convencionais são o aumento da produção de leite por vaca, o custos médios de mão de obra e os salários e a inflação salarial. Outro fator importante é a vida economicamente útil do AMS box (Salfer et al., 2017).

Em resumo, o que as fazendas bem-sucedidas fazem?

1. Gostam de trabalhar com vacas.

Essas fazendas são curiosas sobre os fatores que afetam o comportamento da vaca. Elas observam continuamente suas vacas e ajustam o manejo e as configurações do robô com base em suas observações. A instalação de AMS não significa que elas param de cuidar das vacas. As vacas são sua prioridade.

2. Usam os dados de forma eficaz.

Usam ativamente as vastas quantidades de dados em tempo real coletadas pelo AMS para monitoramento individualizado da saúde animal, detecção proativa de problemas e tomada de decisões informadas em todas as operações da fazenda, da criação à alimentação.

3. Têm excelentes programas de vacas em transição.

O programa pré-parto prepara as vacas para o sucesso. O manejo pré-parto que resulta em vacas frescas saudáveis e ativas promoverá a ingestão e as visitas no início da lactação. Um alto número de visitas no início da lactação com alta ingestão prepara essas vacas para o sucesso a longo prazo.

4. Produzem forragem de alta qualidade e consistente.

Forragens com alta digestibilidade de fibra permitem a formulação de um PMR com maior energia sem alto amido. Essas dietas com mais forragem minimizam o risco de acidose subclínica ou problemas no sistema digestivo; portanto, as vacas são mais saudáveis e confortáveis.

5. Têm excelente manejo da alimentação e do cocho.

Todas as vacas prosperam com a consistência da dieta. Isso é particularmente importante em fazendas com AMS. Dietas inconsistentes podem resultar em flutuações na ingestão de PMR e reduções nas visitas de vacas ao AMS. Fornecer dietas bem misturadas que as vacas não conseguem selecionar e que estão sempre disponíveis aumenta a chance de sucesso. Fazendas com empurrador de ração automatizado tiveram mais leite por AMS e por vaca (Siewert et al, 2018).

6. Usam mais de um tipo de concentrado no robô em AMS de fluxo livre ou limitam a quantidade de concentrado no robô em AMS de fluxo guiado.

A opção de mais de um tipo de concentrado ou suplemento através do robô permite uma alimentação mais precisa de vacas em diferentes estágios de lactação (Swartz et al., 2025). É mais econômico direcionar alguns aditivos para vacas em início de lactação ou vacas frescas. Para AMS de fluxo guiado, as fazendas só precisam fornecer uma pequena quantidade de concentrado para atrair a vaca a entrar no box do AMS, o que reduz os custos com alimentação.

7. Têm estábulos projetados para o conforto da vaca e a eficiência da mão de obra.

Camas que são confortáveis incentivam as vacas a se deitarem, evitando que vacas em pé obstruam os corredores. Sistemas automáticos de remoção de esterco minimizam as interrupções das vacas no estabulo. Camas e corredores limpos resultam em vacas mais limpas e ajudam a reduzir a contagem de células somáticas. Usam cercados (pens) de triagem que permitam que as vacas tenham acesso ao robô. Os cercados de triagem podem não aumentar a produção de leite, mas podem aumentar a eficiência da mão de obra.

8. Minimizam as interrupções no estábulo.

Projetam estábulos com portões estrategicamente colocados que permitem a busca e separação fáceis de vacas. Organizam as intervenções de manejo para minimizar as interrupções no estabulo. Um exemplo seria fazer a cama no mesmo dia da secagem e dos exames veterinários.

9. Ajudam o AMS a ter sucesso.

A manutenção e a limpeza do robô são muito importantes. A manutenção pode ser cara, mas o baixo desempenho do AMS é mais caro. As fazendas bem-sucedidas atualizam regularmente o software do AMS e usam a versão mais atual. Limpam o laser e/ou a câmera com frequência. Removem os pelos do úbere para que os lasers e as câmeras possam identificar facilmente os tetos para uma fácil conexão da unidade. Usam dados do software, relatórios de laticínios e observação do robô para monitorar o desempenho do robô. Pequenos ajustes podem ter uma grande influência no desempenho. Têm um técnico bem treinado e facilmente disponível do revendedor local ou do fabricante. Têm pessoas na fazenda treinadas para reparar os robôs e realizar a maioria dos reparos por conta própria.

10. Otimizam as tabelas de concentrado (“feed tables”) e as configurações de permissão de ordenha.

Uma grande vantagem do AMS é a capacidade de personalizar o número de ordenhas por vaca por dia e alimentar as vacas mais perto de suas exigências nutricionais. Fazendas bem-sucedidas colaboram com um nutricionista experiente e representantes da empresa AMS para ajustar as configurações da tabela de concentrado e permissão de ordenha para maximizar o desempenho. As tabelas de acesso a ordenha podem mudar dependendo do número de vacas por AMS, da produção de leite por vaca e da quantidade de tempo livre. Novilhas e vacas têm feed tables separadas. (resumo adaptado de Salfer e Endres, 2021, Dairy Star).

Conclusões

O processo de ordenha se encaixa bem com a tecnologia robótica. Essa tecnologia continua a melhorar, e mais opções estarão disponíveis no futuro. A disponibilidade de mão de obra em muitas partes do mundo continuará a impulsionar a adoção de AMS. A transição para o AMS representa uma mudança de paradigma na pecuária leiteira, oferecendo oportunidades significativas para maior eficiência, melhor bem-estar animal e manejo aprimorado baseado em dados. No entanto, alcançar o sucesso nesse ambiente automatizado é multifacetado e se estende muito além da mera instalação de tecnologia. Adotar uma abordagem de sistema completo no projeto e no manejo maximizará o desempenho e a eficiência do AMS. É preciso uma equipe que inclua produtores, prestadores de serviços, nutricionistas, veterinários e outros consultores para otimizar o uso do AMS da melhor forma.

Vários fatores influenciam a produtividade e, portanto, a eficiência e o sucesso em fazendas com AMS. Estudos e observações de campo mostraram que a frequência de ordenha, a velocidade de ordenha, o treinamento de novilhas, a qualidade e o manejo da tabela de ração e do PMR, o manejo de vacas em transição, a mão de obra adequada, o suporte de serviço, e o conforto e a saúde da vaca são todos fatores-chave, entre outros.

Os sistemas de ordenha automatizada exigem um excelente manejo para o sucesso. Estratégias de manejo comprovadas podem ajudar a otimizar a produção de leite e a eficiência da mão de obra. O foco é equilibrar o leite por vaca por visita, o leite por vaca por dia e o número de vacas por AMS. Para otimizar o desempenho do AMS a longo prazo, os agricultores devem considerar o descarte de vacas com baixa velocidade de ordenha e alto tempo de preparação e conexão, pois isso ajudaria a tornar o AMS mais eficiente.

Referências

- André G., P. B. M. Berentsen, B. Engel, C. J. de Koning, and A. Oude Lansink. 2010. Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. *J. Dairy Sci.* 93:942-953. doi:10.3168/jds.2009-2373.
- Bach A. and I. Busto. 2005. Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. *J. Dairy Research* 72:101-106. doi:10.1017/s0022029904000585.
- Bach A., M. Devant, C. Iglesias, and A. Ferret. 2009. Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows but alters feeding behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. *J. Dairy Sci* 92:1272-1280.
- Bach, A. and V. Cabrera. 2017. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. *J. Dairy Sci.* 100:7720-7728.
- King, M.T.M, S.J. LeBlanc, E.A. Pajor, T.J. DeVries. 2017. Cow-level associations of lameness, behavior, and milk yield of cows milked in automated systems. *J. Dairy Sci.* 100: 4818-4828. doi.org/10.3168/jds.2016-12281.
- Lage, C.F.d.A., T.C. Marques, D.R. Bruno, M.I. Endres, F. Ferreira, A.P.A. Pires, K. Leao, F.S. de Lima. 2024. Farmers' perceptions on implementing automatic milking systems in large USA dairies: Decision-making process, management practices, labor, and herd performance. *Animals* 14: 218. <https://doi.org/10.3390/ani14020218>.
- Peiter, M., J.A. Salfer, and M.I. Endres. 2019. The association between robot time budget and milk production per robot in free-flow automatic milking system dairy farms. *J. Dairy Sci.* 102 (Supp. 1):54.
- Peiter, M., H.N. Phillips, and M.I. Endres. 2021. Association between early postpartum rumination time and peak milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 104:5898-5908. doi: 10.3168/jds.2020-19698.
- Salfer, J. A., K. Minegishi, W. Lazarus, E. Berning, and M. I. Endres. 2017. Finances and returns for robotic dairies. *J. Dairy Sci.* 100:7739–7749. doi.org/10.3168/jds.2016-11976.
- Siewert, J.M., J.A. Salfer, and M.I. Endres. 2018. Factors associated with productivity on automatic milking system dairy farms in the Upper Midwest United States. *J. Dairy Sci.* 101:8327–8334. doi:10.3168/jds.2017-14297.
- Siewert, J.M., J.A. Salfer, and M.I. Endres. 2019. Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. *J. Dairy Sci.* 102:3523–3530. doi:10.3168/jds.2018-15382.
- Swartz, D.M, M. M. Schutz, A.B.D. Pereira, M.I. Endres. 2025. Effects of a sorbitol-containing additive fed to dairy cows for 30 days postpartum. *J. Dairy Sci.* 108:2445-2453. doi.org/10.3168/jds.2024-25571.
- Tremblay, M., J.P. Hess, B.M. Christenson, K.K. McIntyre, B. Smink, A.J. van der Kamp, L.G. de Jong, and D. Döpfer. 2016. Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 99:3824–3837. doi:10.3168/jds.2015-10152.

Aspectos econômicos da produção leiteira no Brasil e no Mundo

Samuel José de Magalhães Oliveira¹

O Brasil se posiciona entre os principais produtores mundiais de leite e sua produção alcança grande parte do território nacional. Com suas dimensões continentais e realidades sociais, institucionais e econômicas diversas, o país abriga diferentes sistemas de produção com indicadores de produtividade, escala de produção e desempenho econômico bem diversos. A compreensão das principais características destes sistemas de produção e da pecuária leiteira como um todo na realidade brasileira, confrontando com outros países importantes na produção mundial, é fundamental para o planejamento de ações em busca da maior competitividade da cadeia de lácteos brasileira.

Os principais produtores de leite do Mundo, são, pela ordem, Índia, Estados Unidos, China e Brasil. Nosso país produziu 97 milhões de litros de leite/ dia em 2023, se posicionando entre os principais produtores mundiais. (FAO, 2023).

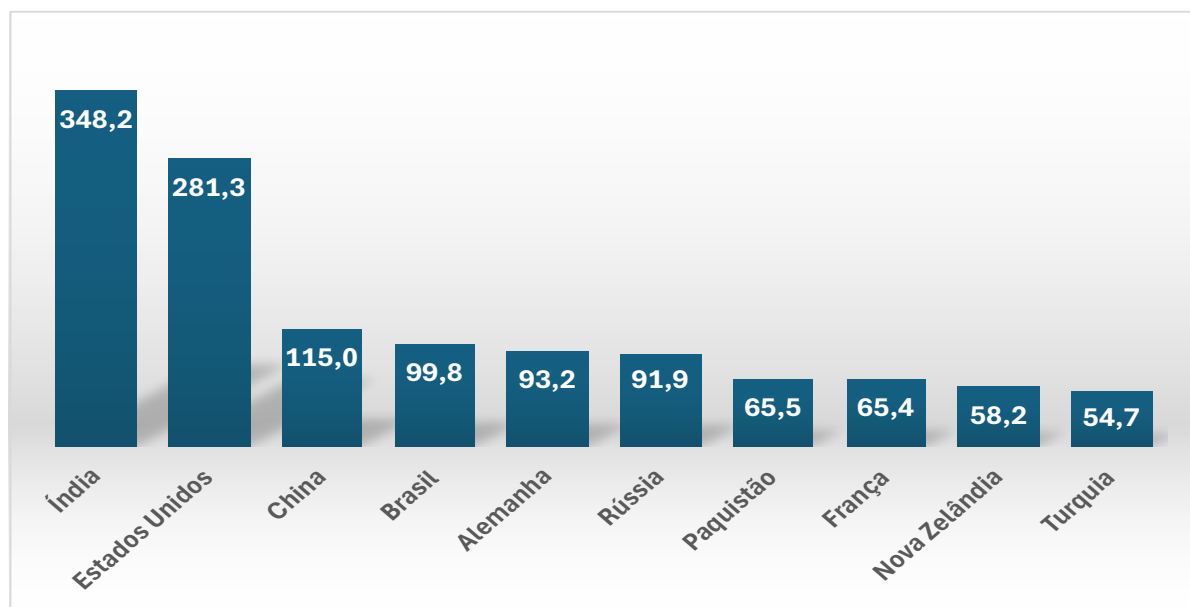


Figura 1 - Principais produtores de leite do Mundo, 2023. Valores expressos em milhões de litros/ dia.

Fonte: FAO (2023).

Apesar de ser o maior produtor mundial, a Índia possui parte relevante de sua produção voltada à subsistência, com pouca participação no comércio mundial de leite e derivados. A Alemanha, que é quinto produtor mundial de leite é a maior exportadora de lácteos, com mais de 5 milhões de toneladas no ano de 2023. O país europeu é seguido por Holanda, Nova

¹Pesquisador. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora - MG.

Zelândia, Bélgica e França. Parte expressiva da exportação dos países europeus é destinada à própria União Europeia. Se não se considerar o fluxo comercial intrabloco, a Nova Zelândia aumenta sua importância, sendo o maior exportador mundial de leite em pó integral e manteiga. Assim, o leilão eletrônico quinzenal realizado pela cooperativa Fonterra, a maior daquele país, é a referência mundial para comércio exterior de produtos lácteos (USDA, 2024; Figura 2).

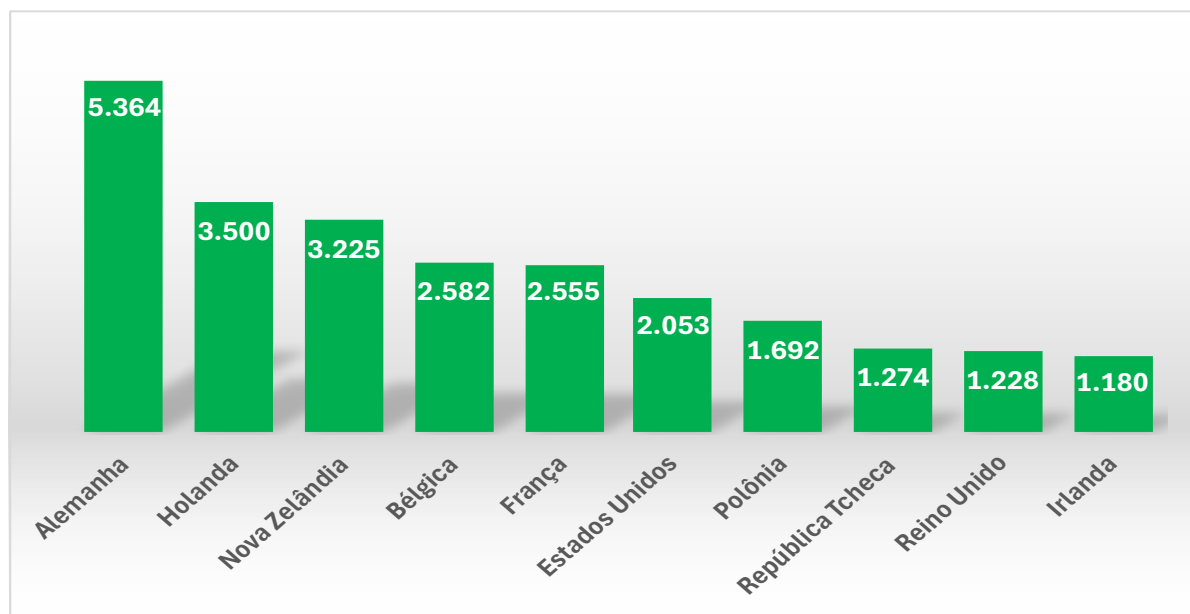


Figura 2 - Principais exportadores de lácteos do Mundo, 2023. Valores expressos em mil toneladas.

Fonte: FAO (2023).

O Brasil, apesar de ser um dos maiores produtores de leite do mundo, pouco participa das exportações mundiais, sendo um importador líquido de leite e derivados. As importações brasileiras aceleraram no início desta década, alcançando o equivalente a mais de 6 milhões de litros de leite diários no ano de 2024. A participação das importações na disponibilidade doméstica saltou de pouco mais de 3% em meados de 2022 para mais de 8 % em 2024. O ano de 2025 se iniciou com uma estabilização dos valores importados, mas em patamares elevados em termos de participação na disponibilidade doméstica (Figuras 3 e 4).

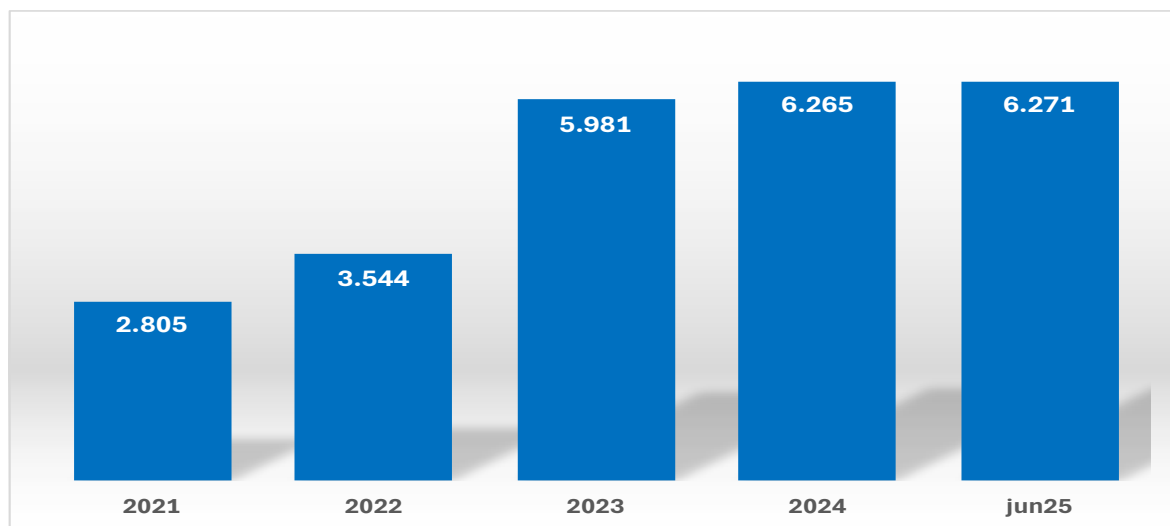


Figura 3 - Importação de leite e derivados em mil litros equivalentes/ dia, valores acumulados nos últimos doze meses. Brasil, 2021 - 2025.

Fonte: MDIC (2025), adaptado pela Embrapa.

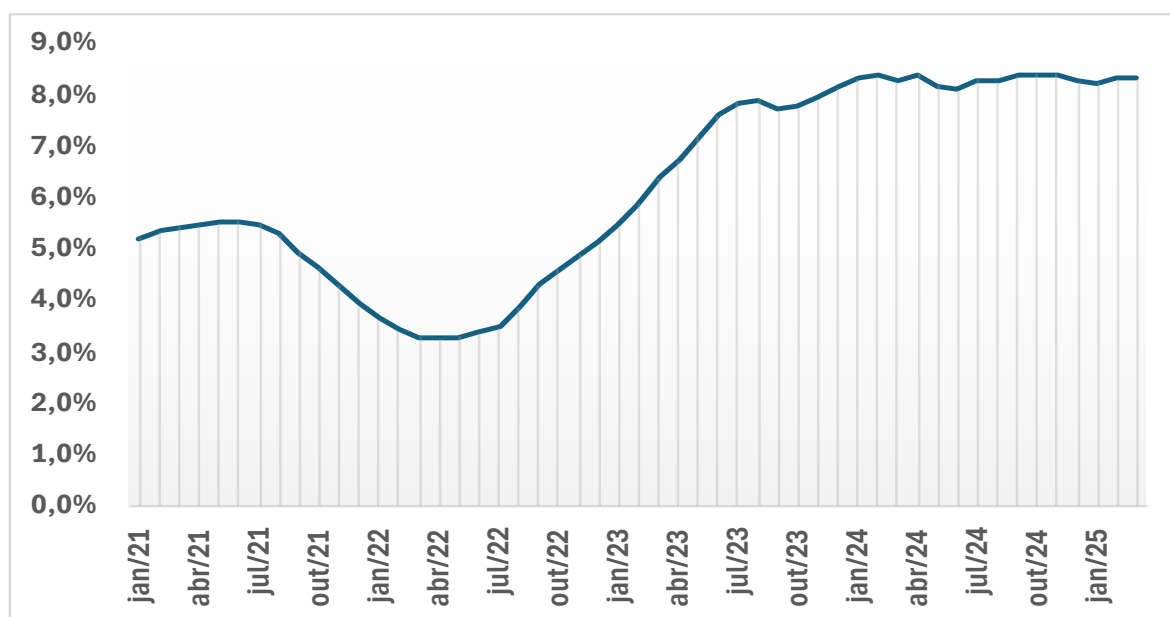


Figura 4 - Participação da importação de leite e derivados na disponibilidade doméstica, valores percentuais acumulados nos últimos doze meses. Brasil, 2021 - 2025.

Fonte: MDIC (2025) e IBGE (2025), adaptados pela Embrapa.

Há fortes disparidades entre o nível de inovação tecnológica na produção leiteira do país, onde ilhas de produtividade e inovação convivem com regiões e sistemas de baixa produtividade. Isso somado à produção dispersa espacialmente e em baixo volume, em média, por fazenda, fazem com que os indicadores brasileiros de inovação e produtividade sejam baixos comparados com a média mundial. Enquanto a produtividade média por animal alcança mais de 8.000 litros/ vaca/ ano em países da Europa e nos Estados Unidos, o valor brasileiro

são modestos 2.259 litros/ vaca/ ano registrados em 2023. Com a produção ainda pulverizada em muitas propriedades rurais, cerca de 500 mil, o Brasil exibe escala de produção ainda reduzida, de apenas 180 litros/ dia por fazenda. Uma propriedade rural argentina produz, em média, 3.000 litros de leite/ dia. A indústria também possui escala de operação reduzida e investe menos em inovação que seus pares internacionais. Tudo isso torna tanto o leite quanto os seus derivados mais caros no Brasil que no exterior. (IBGE, 2023; OCLA, 2024; OLIVEIRA et al., no prelo).

Por conta da ineficiência da maioria dos sistemas produtivos brasileiros, a remuneração ao produtor brasileiro de leite quase sempre é superior à percebida pelo produtor argentino. Isto onera os custos da cadeia de lácteos no Brasil e é um fator permanente de pressão de importação oriunda deste nosso parceiro do Mercosul que, mesmo não figurando entre os maiores exportadores mundiais de lácteos, fornece quantidade significativa de leite e derivados ao Brasil (Figura 5).

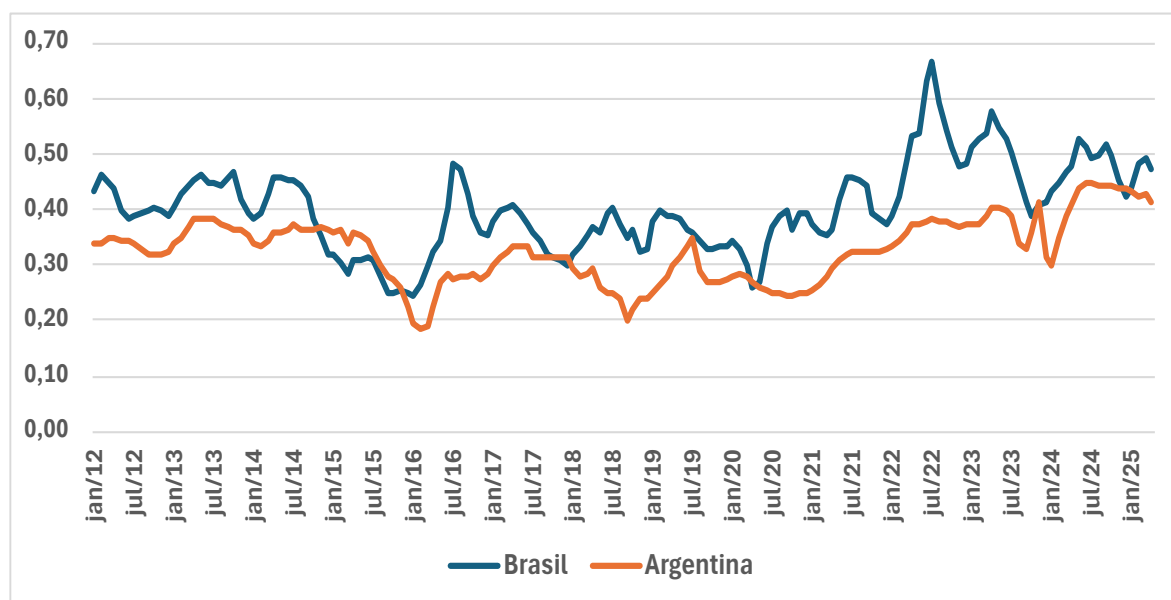


Figura 5 - Preços pagos ao produtor de leite em dólares por litro, valores nominais. Argentina e Brasil, 2012 - 2025.

Fonte: CLAL (2025).

A análise de alguns sistemas de produção de leite em países-chave competitivos na produção de leite e a comparação com o nosso país permite a compreensão dos desafios e das oportunidades que se colocam para a produção de leite do Brasil. Com dados dos estudos compilados pelo IFCN (2023) foram escolhidos dois sistemas de leite representativos de cada país, com diferentes escalas de produção e em diferentes regiões produtoras dos Estados Unidos, Alemanha, Nova Zelândia e Argentina. Também foram analisados dois sistemas brasileiros. (Figura 6).

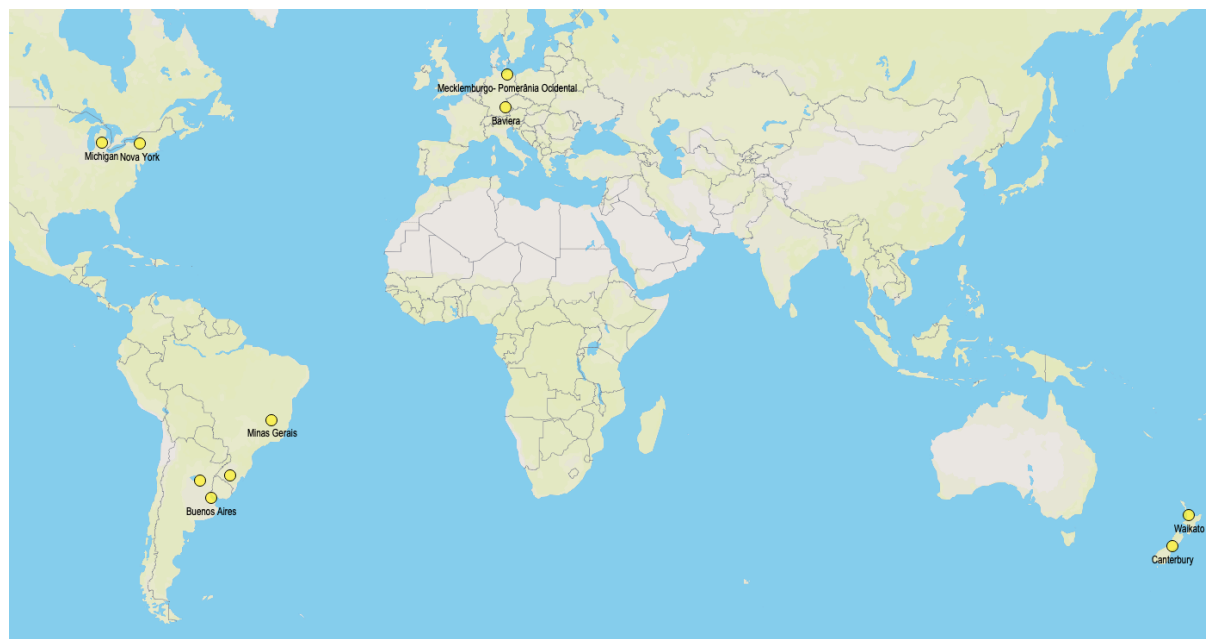


Figura 6 - Localização dos sistemas de produção de leite analisados.

Fonte: IFCN (2024).

Tanto na Alemanha, na Nova Zelândia quanto nos Estados Unidos os sistemas representativos apresentam elevada produtividade por animal e volume elevado de produção diário, que embora seja de apenas 592 kg/ dia no sistema DE30S da Baviera, na Alemanha, alcança 362 mil kg/ dia no sistema US10000MI de Michigan, Estados Unidos. Há, ainda, outras diferenças entre eles. Enquanto na Europa e nos Estados Unidos predominam sistemas de confinamento e alta produtividade por animal, na Nova Zelândia há a prevalência de sistemas sob pastagem e produtividade um pouco menos elevada por animal. Esta estratégia neozelandesa reduz substancialmente o custo de produção que variou entre USD 0,27/ kg no sistema de maior volume de produção e USD 0,33/ kg no sistema NZ381 que produziu 6.173 kg/ dia. Os sistemas neozelandeses suportam preços menores, sem subvenções e são lucrativos. Explicam a competitividade e a posição estratégica deste país da Oceania no comércio exterior de lácteos. (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Características dos sistemas de produção analisados na América do Norte, Europa e Oceania.

| Item | Alemanha DE30S | Alemanha DE700E | Estados Unidos US65NY | Estados Unidos US10000MI | Nova Zelândia NZ381 | Nova Zelândia NZ1188 |
|------------------------------------|---|--|---|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| região | Baviera | Mecklemburgo- Pomerânia Occidental | Nova York | Michigan | Waikato | Canterbury |
| raça | Simental | Holandesa | Holandesa | Holandesa | Holandesa x Jersey | Holandesa x Jersey |
| sistema | stanchion barn (estábulo com baías) | free stall | stanchion barn (estábulo com baías) | free stall | pastagem | pastagem |
| idade ao primeiro parto (meses) | 28 | 25 | 24 | 22 | 24 | 24 |
| número de vacas | 30 | 700 | 65 | 10.000 | 381 | 1.188 |
| produção (kg/ dia) | 592 | 19.003 | 1.764 | 362.249 | 6.173 | 20.181 |
| produtividade (kg/ vaca/ ano) | 7.100 | 9.908 | 9.910 | 13.222 | 5.912 | 6.200 |
| área (ha) | 36 | 1.506 | 166 | 4.338 | 141 | 357 |

Fonte: IFCN (2024).

Tabela 2 - Desempenho econômico dos sistemas de produção analisados na América do Norte, Europa e Oceania. Valores expressos em USD/ kg de leite padronizado com 7,3% de sólidos (gordura e proteína), 2023.

| Item | Alemanha DE30S | Alemanha DE700E | Estados Unidos US65NY | Estados Unidos US10000MI | Nova Zelândia NZ381 | Nova Zelândia NZ1188 |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| custo operacional | 0,47 | 0,41 | 0,56 | 0,39 | 0,26 | 0,22 |
| custo de oportunidade | 0,01 | 0,01 | 0,13 | 0,02 | 0,07 | 0,05 |
| custo total | 0,48 | 0,42 | 0,69 | 0,41 | 0,33 | 0,27 |
| preço recebido | 0,57 | 0,58 | 0,42 | 0,43 | 0,40 | 0,38 |
| lucro | 0,09 | 0,16 | -0,27 | 0,02 | 0,07 | 0,11 |
| preço recebido com subsídios | 0,64 | 0,61 | 0,52 | 0,43 | 0,40 | 0,38 |

Fonte: IFCN (2024).

A Alemanha, como muitos países da Europa, ao contrário da Nova Zelândia, apresenta o mercado de leite e derivados com maior interferência estatal. Os preços pagos aos produtores são mais elevados por barreiras existentes à importação e por subsídios. Os subsídios europeus são de duas categorias. Os casados (coupled), cujos pagamentos são atrelados ao volume de leite produzido e os descasados (decoupled), que independem da produção e são atrelados à mera posse do imóvel rural, de seus serviços ambientais e sociais, por exemplo. Desta maneira, os custos mais elevados nos sistemas de produção da Alemanha são favorecidos por políticas públicas que mantêm os preços pagos ao produtor mais elevados que os do mercado internacional. Vale lembrar que tanto na Alemanha quanto em outros países da União Europeia, há sistemas de produção, muitas vezes familiares, e de baixo volume produzido diariamente que apresentam resultado econômico negativo mesmo com todo aparato de proteção governamental. Representam um desafio institucional e social para a produção leiteira europeia (Tabelas 1 e 2).

Os sistemas avaliados dos Estados Unidos ilustram bem o contraste observado naquele país. Se por um lado há sistemas de altíssima escala de operação e produtividade por animal, há a produção familiar que opera em menor escala. A intervenção estatal norte americana é seletiva. Nos exemplos estudados beneficia o produtor de menor volume diário, que, mesmo assim, apresenta altos custos e prejuízo na operação. O elevado custo de oportunidade do capital neste sistema, US65NY, provavelmente está relacionado à cara infraestrutura existente na propriedade, que não se paga com o volume de produção obtido. Há nos Estados Unidos um movimento de crescimento das grandes fazendas para obter ganhos de escala e redução de custos (Tabelas 1 e 2).

A comparação de sistemas de produção na América do Sul ilustra os contrastes entre os dois principais produtores de leite, Argentina e o Brasil. Na Argentina predominam sistemas de produção a pasto em solos de elevada fertilidade e com forrageiras de alta qualidade. As escalas de operação estão sempre acima dos 2.000 litros/ dia e os animais são de alta produtividade. No Brasil, foram avaliados o sistema de produção familiar do Rio Grande do Sul, a pasto e semiconfinado com baixa produção diária, apenas 74 litros por dia, que representa a realidade de muitos produtores no estado e no território nacional. Também foi avaliado o sistema emergente de Compost Barn, localizado em Minas Gerais com animais de elevada produtividade e produção diária de 4.485 litros/ dia. Os sistemas de produção argentinos apresentaram custos menores que os brasileiros. Vale ressaltar que o custo operacional do sistema de menor escala no Brasil, BR12S, é muito baixo, pelo pouco uso de insumos, o que permite uma certa resiliência deste produtor em situação econômica desfavorável. Mas o custo de oportunidade elevado demonstra que há outras atividades que devem competir com a produção leiteira, representando uma ameaça a longo prazo à permanência na atividade. O sistema de menor escala argentino, AR180, apresentou pequeno prejuízo no ano de 2023, refletindo as instabilidades institucionais enfrentados pelo país platino naquele ano e os desafios de aumento de escala de produção, presente também na Argentina. De todos os países avaliados, o Brasil é o único que apresenta forte variação de preço pago ao produtor em desfavor do pequeno produtor. Este é o reflexo da luta da indústria pela fidelização de produtores com maiores volumes de produção, visando reduzir custo e suprir a capacidade ociosa muito comum nos laticínios brasileiros (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Características dos sistemas de produção analisados na América do Sul.

| Item | Argentina AR180 | Argentina AR400 | Brasil BR12S | Brasil BR320SE |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| raça | Holandesa | Holandesa | Holandesa | Holandesa |
| sistema | pastagem | pastagem | pastagem | compost barn |
| idade ao primeiro parto (meses) | 29 | 27 | 30 | 30 |
| número de vacas | 180 | 400 | 12 | 320 |
| produção (litros/ dia) | 2.447 | 7.123 | 74 | 4.485 |
| produtividade (litros/ vaca/ ano) | 4.960 | 6.500 | 2.256 | 5.117 |
| área (ha) | 170 | 333 | 12 | 12 |

Fonte: IFCN (2024).

Tabela 4 - Desempenho econômico dos sistemas de produção analisados na América do Sul. Valores expressos em USD/ kg de leite padronizado com 7,3% de sólidos (gordura e proteína), 2023.

| Item | Argentina AR180 | Argentina AR400 | Brasil BR12S | Brasil BR320SE |
|------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| custo operacional | 0,38 | 0,32 | 0,29 | 0,40 |
| custo de oportunidade | 0,04 | 0,05 | 0,31 | 0,05 |
| custo total | 0,42 | 0,37 | 0,60 | 0,45 |
| preço recebido | 0,40 | 0,40 | 0,42 | 0,56 |
| lucro | -0,02 | 0,03 | -0,18 | 0,11 |
| preço recebido com subsídios | 0,40 | 0,40 | 0,42 | 0,56 |

Fonte: IFCN (2024).

A produção mundial de leite e derivados engloba países diversos. Alguns que produzem basicamente para subsistência, como a Índia e países competitivos como Estados Unidos e Nova Zelândia. Enfrenta uma heterogeneidade de políticas domésticas para o suporte à produção lácteas incluindo subsídios europeus e norte americanos. O Brasil se posiciona com um grande produtor de leite no contexto mundial. Desafios relacionados à inovação tecnológica, aumento de produtividade dos animais, volume produzido pelas fazendas, dispersão geográfica da produção aumentam os custos e expõem o país à importação de lácteos, em especial da Argentina. A otimização dos sistemas de produção, novas práticas de gestão nas fazendas, bem como a agregação de valor à produção podem ser estratégias interessantes para aumentar a competitividade da produção nacional de lácteos.

Referências

- CLAL. World: Farm-gate milk prices, 2025. Disponível em: https://www.clal.it/en/index.php?section=latte_world. Acesso em 23 jul.2025
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (MDIC). COMEX STAT. Dados Gerais. 2025. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 23 jul.. 2025.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). FAOSTAT: Data. 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- INTERNATIONAL COMPARISON FARM NETWORK (IFCN). Dairy Report. 2024. Kiel, Germany, 2024. 224p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM). Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2023>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Trimestral do Leite (PTL). Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html>. Acesso em: 23 jul. 2025.

OBSERVATORIO DE LA CADENA LÁCTEA ARGENTINA (OCLA). Datos Clave de la Lechería Argentina año 2024. 2024. Disponível em: <https://www.ocla.org.ar/contents/news/details/32718686-datos-clave-de-la-lecheria-argentina-ano-2024>. Acesso em: 25 jul. 2025.

OLIVEIRA, S.J.M.; STOCK, L.A.; CARVALHO, G.R (no prelo). Quantos produtores de leite há no Brasil? Balde Branco.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Foreign Agriculture Service. Dairy: World Markets and Trade. dec. 2024. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf>. Acesso em 25 jul. 2025.

Para Além da Síntese de Proteínas: O Papel Funcional da Metionina no Período de Transição de Vacas Leiteiras

Anne Guadagnin¹

Lydia Kroon²

Wilfried van Straalen¹

Resumo. O período de transição impõe às vacas leiteiras demandas metabólicas, imunológicas e reprodutivas intensas. Nesse período, a nutrição desempenha um papel crítico não apenas no suporte à produção de leite, mas também na manutenção da saúde e da resiliência. Na nutrição moderna de vacas leiteiras, o foco nos aminoácidos deixou de ser apenas para sustentar a produção de leite e passou a englobar papéis mais amplos na saúde animal, na sustentabilidade e até mesmo na geração futura de animais. A metionina destaca-se como mais do que um aminoácido limitante para a síntese de proteína. Ela atua ativamente no suporte à função imunológica, na redução do estresse oxidativo e na condução de processos celulares-chave. Aqui, destacamos como a suplementação de metionina protegida da degradação ruminal (RP-Met) durante o período de transição melhora o desempenho e a saúde das vacas em diversas condições, incluindo desafios imunológicos e estresse térmico. Também aborda como as atuais regulamentações ambientais na Europa, especialmente as relacionadas à excreção de nitrogênio e fósforo, estão impulsionando uma mudança para dietas com menor teor de proteína. Nesse contexto, a formulação precisa de aminoácidos torna-se ainda mais crítica. Examinamos evidências recentes, explicamos onde e quando a metionina é mais limitante e fornecemos recomendações de formulação adaptadas aos sistemas de produção regionais.

Introdução

O período de transição, anteriormente definido como as três semanas pré-parto até as três semanas pós-parto, mas que agora inclui todo o período seco, impõe demandas excepcionais às vacas leiteiras. Durante esse período, os animais precisam iniciar a lactação, se recuperar do parto, adaptar-se metabolicamente e preparar-se para retomar a reprodução. Também neste período, há um maior risco de doenças metabólicas e infecciosas, como cetose, retenção de placenta, mastite e endometrite. A nutrição exerce um papel central na forma como as vacas enfrentam essa fase, não apenas atendendo às necessidades de energia e proteína, mas cada vez mais por meio da suplementação direcionada de aminoácidos.

A sustentabilidade ambiental tornou-se uma força motriz na indústria de laticínios, particularmente em regiões com regulamentações rigorosas sobre emissões de nitrogênio, como nos Países Baixos. O excesso de proteína na dieta leva ao aumento da excreção de nitrogênio, predominantemente na forma de ureia, o que representa um desafio ambiental e também perda de nutrientes. A excreção de N e P é uma grande preocupação ambiental em toda a União Europeia. Para cumprir a Diretiva de Nitratos da UE e a Diretiva-Quadro da Água (Nitrate Directive and Water Framework Directive), países como os Países Baixos implementaram regulamentações rígidas de manejo de nutrientes. Essas regras pressionam as fazendas leiteiras a reduzir os níveis de proteína na dieta sem comprometer a saúde ou a produtividade animal.

¹PhD; Schothorst Feed Research.

²MSc; Schothorst Feed Research.

Como resultado, nutricionistas têm se concentrado cada vez mais no balanceamento de aminoácidos como uma estratégia mais precisa e sustentável.

Em vez de fornecer proteína em excesso, o objetivo é igualar o fornecimento de aminoácidos, especialmente metionina e lisina, às necessidades específicas do animal. Ao fornecer precisamente os aminoácidos limitantes, a eficiência de utilização do nitrogênio melhora, resultando em maior incorporação do nitrogênio nas proteínas do leite, em vez de sua perda para o meio ambiente. Essa abordagem alinha objetivos econômicos e ambientais, ajudando os produtores a atender às metas de sustentabilidade sem sacrificar a produtividade.

Metionina como Aminoácido Funcional

A metionina faz muito mais do que sustentar a síntese de proteína do leite. Como um aminoácido essencial que contém enxofre, ela desempenha diversos papéis vitais no organismo, muitos dos quais vão além de sua contribuição estrutural para as proteínas. A metionina participa de reações de metilação, da produção de antioxidantes e da função de células imunológicas, tornando-se um nutriente-chave para a manutenção da saúde e resiliência durante o período de transição.

Uma vez absorvida no intestino delgado, proveniente de proteína dietética, proteína microbiana ou metionina protegida da degradação ruminal (RP-Met), a metionina entra em uma via metabólica rigidamente regulada conhecida como ciclo da metionina. Nesse ciclo, a metionina é primeiro convertida em **S-adenosilmetionina (SAM)**, o principal doador de metil do organismo. S-adenosilmetionina doa grupos metil para uma ampla gama de reações envolvidas na metilação de DNA e histonas, regulação gênica, síntese de neurotransmissores e formação de fosfolipídios. Após a doação do grupo metil, SAM torna-se **S-adenosilhomocisteína (SAH)** e, posteriormente, **homocisteína**. A partir daí, a homocisteína pode seguir dois caminhos: pode ser remetilada de volta à metionina (com participação de folato e vitamina B12) ou desviada para a via da transsulfuração, onde se transforma em cisteína e, finalmente, em glutatona, taurina e outros compostos que contêm enxofre. Esses produtos ajudam a vaca a lidar com estresse oxidativo, inflamação sistêmica e ativação imunológica, todos eles proeminentes durante o período de transição.

Estudos demonstraram que a deficiência de metionina afeta diretamente as células imunológicas. Por exemplo, a proliferação e diferenciação de células T diminuem quando o fornecimento de metionina é limitado. Em condições de desafio imunológico, como durante infecção ou inflamação sistêmica, a demanda por metionina aumenta substancialmente. Em novilhos de corte em crescimento desafiados com lipopolissacarídeo (LPS), Waggoner e colegas (2009) observaram uma queda acentuada nos aminoácidos circulantes, incluindo metionina, indicando maior uso metabólico durante a ativação imune.

A metionina também sustenta a função antioxidante ao permitir a síntese de glutatona, um dos principais antioxidantes intracelulares do organismo. A glutatona protege as células contra espécies reativas de oxigênio geradas durante a mobilização de lipídios e inflamação, comuns no início da lactação. Além disso, a metionina aumenta a atividade de enzimas como cistationina β -sintase e paraoxonase, que ampliam ainda mais a capacidade antioxidante e de desintoxicação da vaca. Do ponto de vista imunológico, a metionina influencia diversos biomarcadores. Por exemplo, a suplementação com RP-Met demonstrou aumentar os níveis de glutatona, reduzir citocinas pró-inflamatórias como interleucina-1 β e melhorar o perfil de proteínas de fase aguda, diminuindo a haptoglobina e aumentando a albumina (Osorio et al.,

2014; Zhou et al., 2016; Batistel et al., 2018). Essas alterações indicam uma resposta imune mais equilibrada, com menos sinais de inflamação sistêmica e estresse oxidativo.

Em resumo, a metionina pertence a um grupo de aminoácidos que fazem muito mais do que serem peças para a síntese proteica. Ela atua ativamente no suporte ao sistema imunológico, na defesa antioxidante e na adaptação metabólica da vaca, que são funções críticas durante o período de transição. Esses papéis funcionais tornam-se ainda mais importantes quando a ingestão de nutrientes é limitada, o estresse metabólico é elevado ou fatores ambientais, como estresse térmico ou desafio imunológico, estão presentes.

Quando e Onde a Metionina é Mais Limitante?

O conceito de aminoácidos limitantes surge da necessidade de ajustar o fornecimento dietético de aminoácidos às exigências da vaca para a síntese de proteína do leite. Em dietas à base de silagem de milho e farelo de soja, a metionina e a lisina costumam estar em deficiência relativa ao perfil ideal de aminoácidos necessário para a produção de proteína do leite. Esses alimentos têm baixo teor absoluto de metionina e também baixa relação metionina/lisina quando comparados ao perfil de proteína microbiana ou do leite. Nessas dietas, a metionina geralmente ocupa a primeira ou segunda posição como aminoácido mais limitante, dependendo da inclusão de fontes de proteína bypass ou de aminoácidos protegidos da degradação ruminal. Quando esses aminoácidos estão insuficientes, a produção de leite e de proteína do leite podem ser comprometidas, mesmo que os níveis de proteína bruta da dieta pareçam adequados.

O grau em que a metionina limita o desempenho das vacas leiteiras depende do tipo de dieta, do estágio de lactação e do estado fisiológico do animal. Entre todos os estágios produtivos, o período de transição apresenta o maior risco de deficiência funcional de metionina. Nesse período, as vacas enfrentam demandas crescentes por aminoácidos para sustentar o crescimento fetal, a colostrogênese, a síntese de leite, a reparação de tecidos e a ativação imunológica, tudo isso enquanto lidam com uma queda natural no consumo de matéria seca. Isso cria uma lacuna nutricional particularmente acentuada para proteína metabolizável e aminoácidos-chave como metionina e lisina.

No norte da Europa, onde predominam dietas com silagem de capim ou dietas mistas com alto teor de forragem, o perfil de aminoácidos limitantes pode mudar. A histidina frequentemente se torna o primeiro aminoácido limitante, seguida por metionina e lisina. Isso é particularmente verdadeiro em dietas com baixo teor de proteína, que estão sendo cada vez mais utilizadas para reduzir as emissões de nitrogênio sob a Diretiva de Nitratos da UE. Mesmo nesses casos, a metionina continua sendo crítica devido ao seu papel no suporte imunológico e na mitigação do estresse oxidativo.

Na América do Sul, especialmente no Brasil, as dietas variam significativamente de acordo com a região e o nível de intensificação, mas a silagem de milho permanece como a fonte de energia mais utilizada nas fazendas leiteiras. Entretanto, as características da silagem de milho podem variar dependendo da região de produção, sendo que silagens produzidas em áreas tropicais tendem a ter menor valor nutritivo do que aquelas produzidas sob clima temperado ou frio (Daniel et al., 2019). Por outro lado, em sistemas à pasto, a metionina tende a ser o primeiro aminoácido limitante, seguida pela lisina, devido à potencial baixa qualidade proteica e ao desequilíbrio de aminoácidos nessas gramíneas. Além disso, a variabilidade na disponibilidade de subprodutos (por exemplo, caroço de algodão, polpa cítrica, DDGS) dificulta o balanceamento de aminoácidos e aumenta a necessidade de metionina protegida para atingir metas específicas de desempenho ou saúde.

As Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina (NASEM, 2021) enfatizam que os desequilíbrios de aminoácidos tornam-se mais pronunciados no período pós-parto, quando as vacas apresentam pico de mobilização lipídica e inflamação sistêmica. Outras pesquisas reforçam essa conclusão: revisões de literatura e estudos metabolômicos confirmam que metionina e lisina ocupam as primeiras posições entre os aminoácidos mais limitantes em dietas práticas, e que o desequilíbrio no período próximo ao parto pode prejudicar a saúde metabólica, a função imunológica e a eficiência de utilização do nitrogênio (Lopreiato et al., 2020; Zanton e Toledo, 2024). Nesse momento, o fornecimento de metionina deve atender não apenas às exigências para a síntese de leite, mas também à demanda aumentada para funções antioxidantes e modulação imunológica.

A composição dos ingredientes da dieta também desempenha papel significativo. Pequenas mudanças na inclusão de farelo de soja extrusado, farinha de sangue (proibida no Brasil e Europa, permitida nos EUA) ou aminoácidos protegidos podem alterar substancialmente o fornecimento de metionina em relação à proteína metabolizável. Por essa razão, nutricionistas devem avaliar não apenas o teor total de proteína, mas também o perfil de aminoácidos, a biodisponibilidade e a relação Lis:Met na dieta final. Em última análise, o ponto em que a metionina se torna limitante não é fixo. Ele varia com a formulação da dieta, o nível de desempenho da vaca, o estado de saúde e as condições ambientais. No entanto, quando qualquer um dos seguintes fatores está presente - redução de proteína na dieta, inflamação elevada, desafios imunológicos ou estresse térmico - é provável que a metionina se torne limitante de forma funcional, mesmo que, no papel, as exigências de proteína metabolizável pareçam estar sendo atendidas.

Evidências de Ensaio com Suplementação de Metionina

Traduzir a teoria dos aminoácidos em estratégias práticas de alimentação requer consideração cuidadosa do metabolismo ruminal. Em ruminantes, os aminoácidos livres fornecidos na dieta são amplamente utilizados pelos microrganismos do rúmen, restando pouco disponível para absorção no intestino delgado. Para contornar isso, nutricionistas recorrem a aminoácidos protegidos da degradação ruminal, que resistem à degradação no rúmen, mas liberam seu conteúdo mais adiante no trato digestivo.

A eficácia desses produtos protegidos depende da proporção do aminoácido que efetivamente atinge a corrente sanguínea. Uma vez absorvidos, os aminoácidos são distribuídos de acordo com as prioridades fisiológicas da vaca. Em vacas saudáveis e de alta produção, os nutrientes são direcionados para a glândula mamária para a síntese de leite. No entanto, durante períodos de estresse metabólico, como cetose ou inflamação, os aminoácidos podem ser desviados para sustentar a função imunológica e a saúde de órgãos vitais, reduzindo a quantidade disponível para a produção de leite.

As estratégias para suplementação de aminoácidos variam de acordo com o nível de produção, o estado de saúde e considerações econômicas. Vacas de alta produção ou sob estresse metabólico tendem a se beneficiar mais da suplementação direcionada de aminoácidos. Além disso, o período de transição parece ser aquele em que o aumento do fornecimento de metionina metabolizável traz mais benefícios, também porque é quando a captação hepática de metionina aumenta (Larsen e Kristensen, 2013). Alternativamente, a inclusão de fontes de proteína bypass, como farelo de soja tratado ou farelo de canola, pode aumentar o fornecimento de proteína metabolizável, embora o custo e a disponibilidade de ingredientes possam limitar essa opção.

Um número crescente de pesquisas destaca os benefícios da suplementação de RP-Met em vacas no período de transição, especialmente na melhoria de resultados de saúde, função imunológica, desempenho reprodutivo e resiliência ao estresse. Embora a metionina tenha sido historicamente associada a melhorias no rendimento de proteína do leite, estudos recentes enfatizam seus efeitos funcionais mais amplos.

No contexto da saúde metabólica, a metionina parece favorecer a adaptação fisiológica ao redor do parto. Zhou et al. (2016a) suplementaram vacas múltiparas com RP-Met durante o pré-parto e início da lactação e observaram redução consistente na frequência de distúrbios clínicos, especialmente cetose, com tendência de menor incidência de cetose clínica (7 contra 13 casos) e retenção de placenta (3 contra 9 casos) em comparação ao grupo controle, não suplementado. Embora essas diferenças não tenham alcançado significância estatística, a direção e magnitude dos efeitos sugerem melhora na função hepática, no status antioxidante e no particionamento de nutrientes durante essa fase vulnerável. Estudos subsequentes de Batistel et al. (2017a; 2018) chegaram a conclusões semelhantes, relatando que vacas suplementadas com metionina apresentaram melhor desempenho, marcadores hepáticos aprimorados e melhor adaptação metabólica durante o período de transição. A metionina contribui para a regulação imunológica e modulação das respostas inflamatórias ao sustentar a produção dos antioxidantes glutatona e taurina, além de atuar como doadora de metil (Atmaca, 2004; Finkelstein, 1990).

Vários estudos demonstraram que a suplementação de RP-Met altera a expressão de biomarcadores associados à função imunológica. Os primeiros relatos vieram de Osorio et al. (2013) e Zhou et al. (2016b), nos quais vacas recebendo metionina adicional apresentaram menores concentrações circulantes de citocinas pró-inflamatórias, como interleucina-1 β , e proteínas de fase aguda, como haptoglobina, enquanto aumentavam simultaneamente os níveis de biomarcadores positivos, incluindo albumina, paraoxonase e glutatona. Além disso, Vailati-Riboni et al. (2017) relataram que o aumento na disponibilidade de metionina atenuou a hiper-resposta de interleucina-1 β durante um desafio com LPS em amostras de sangue total de vacas alimentadas com RP-Met de 21 dias pré-parto até 30 dias pós-parto. Essas mudanças indicam maior capacidade antioxidante e uma resposta inflamatória mais equilibrada. Coleman et al. (2020) resumiram os efeitos da suplementação de metionina (e outros aminoácidos) nas respostas imunológicas e relataram melhorias consistentes em biomarcadores plasmáticos que indicam menor estresse oxidativo e inflamação, bem como melhor função hepática e imunológica.

Esses efeitos imunomodulatórios também parecem se traduzir em benefícios para a saúde da glândula mamária. Em um estudo de larga escala conduzido por Lee et al. (2019) e posteriormente expandido por Abreu et al. (2023), a suplementação pré-parto com RP-Met e RP-Lis resultou em redução perceptível na contagem de células somáticas no pós-parto. Além disso, o grupo suplementado apresentou risco significativamente menor de mastite clínica, com redução relativa de risco acima de 60% em comparação ao grupo controle. Em uma investigação mais específica, Paz et al. (2024) desafiaram vacas em meio de lactação com mastite subclínica induzida por *Streptococcus uberis* e constataram que aquelas suplementadas com 76 g/dia de metionina metabolizável apresentaram resposta imune mais favorável do que vacas não suplementadas (que receberam o equivalente a 63 g/dia de metionina metabolizável pela dieta). As vacas alimentadas com mais metionina metabolizável apresentaram maior teor hepático de glutatona e maior síntese proteica de células imunes, enquanto reduziram a ceruloplasmina, um biomarcador inflamatório. Essas vacas também apresentaram maior teor e produção de gordura do leite ($+70 \text{ g} \pm 0,02$), maior produção de proteína do leite ($+60 \text{ g} \pm 0,02$) e, como resultado, maior produção de leite corrigido para energia (ECM; $+1,5 \text{ kg} \pm 0,45$) em comparação com as vacas controle. Esses achados reforçam o papel da metionina como um

nutriente funcional capaz de melhorar a resistência a doenças, particularmente sob pressão inflamatória ou infecciosa.

A influência da metionina também se estende à fisiologia reprodutiva e potenciais efeitos epigenéticos, quando suplementada no período final da gestação. Em um estudo conduzido por Toledo et al. (2022), não foi observado efeito geral da suplementação de metionina sobre a fertilidade ao considerar todas as vacas. No entanto, ao focar no subconjunto de animais que apresentaram doença periparturiente, aquelas que receberam metionina tiveram desempenho reprodutivo significativamente melhor do que as não suplementadas, sugerindo que a metionina pode ajudar a mitigar os impactos reprodutivos negativos da inflamação sistêmica ou do estresse metabólico. Paralelamente, Batistel e colegas (2017b) relataram que bezerros nascidos de vacas suplementadas com metionina apresentaram alterações epigenéticas no tecido hepático relacionadas a uma melhor maturação das vias de gliconeogênese e oxidação lipídica. Embora esses bezerros não tenham diferido no peso ao nascer ou na absorção de IgG, os resultados sugerem que a suplementação de metionina no final da gestação pode favorecer uma programação metabólica mais eficiente na prole.

Por fim, há recentes indícios de que a metionina pode desempenhar um papel crítico no suporte à resiliência sob estresse ambiental, particularmente estresse térmico. Davidson et al. (2024) avaliaram o efeito da suplementação de RP-Met em vacas secas até o início da lactação, mantidas sob condições termoneutras ou de estresse térmico. Apesar de não haver diferença na produção de leite ou consumo de matéria, vacas sob estresse térmico e suplementadas com RP-Met tiveram maior percentual de proteína no leite em comparação às vacas sob estresse térmico mas sem suplementação. Ainda, constatou-se que bezerros nascidos de vacas suplementadas com metionina sob estresse térmico apresentaram maior altura na cernelha e tendência a menor temperatura retal, indicando melhor capacidade termorregulatória. Esses resultados estão alinhados com a compreensão mais ampla do papel da metionina na defesa antioxidante e proteção celular, o que pode ajudar a mitigar alguns dos efeitos prejudiciais das temperaturas elevadas sobre a vaca e o bezerro.

Níveis Recomendados e Dicas Práticas de Formulação.

Dado o papel central da metionina tanto na produção quanto na saúde funcional, determinar quanto fornecer e como fornecer é fundamental para obter benefícios consistentes. Como a metionina frequentemente é limitante em dietas para vacas leiteiras, especialmente durante o período de transição, os nutricionistas precisam balancear seu fornecimento não apenas em relação à proteína bruta, mas, mais importante, em relação à proteína metabolizável e a outros aminoácidos essenciais, como a lisina.

Uma abordagem amplamente aceita para recomendações dietéticas envolve o direcionamento de uma relação Lis:Met na proteína metabolizável que reflita a composição ideal para a síntese de proteína do leite e sustente processos fisiológicos-chave. Pesquisas indicam que uma relação Lis:Met entre 2.7:1 e 3.0:1 seriam ideal na maioria das dietas para vacas em início de lactação. Relações acima de 3.4:1 frequentemente sinalizam deficiência de metionina, enquanto relações mais baixas podem indicar suplementação excessiva, especialmente se a lisina também não estiver balanceada. No entanto, essas relações só são válidas quando refletem valores absolutos dentro das recomendações nutricionais, e hoje já há formas de balancear aminoácidos mais precisamente. Assim, ao definir as exigências de metionina, nutricionistas tipicamente utilizam uma das seguintes três unidades:

- Metionina como porcentagem da proteína metabolizável (MP);

- Gramas de Met metabolizável por vaca por dia;
- Gramas de Met metabolizável por quilograma de matéria seca (MS).

Cada unidade fornece uma perspectiva diferente. Expressar a metionina como porcentagem de MP (por exemplo, 2,5 - 2,9% para vacas secas; 2,4 - 2,5% para vacas no início de lactação), assumindo que as dietas estão balanceadas para MP, alinha-se de perto às necessidades biológicas e permite comparação com perfis de aminoácidos do leite ou da proteína microbiana. Essa abordagem é amplamente utilizada na literatura científica e em modelos de formulação. No entanto, depende de estimativas precisas de MP, que podem variar com o sistema de modelagem e os insumos alimentares, e também depende da quantidade de MP fornecida. Tecnicamente, por se tratar de um percentual, seria possível fornecer metionina de acordo com as recomendações (por exemplo, 2,4 – 2,5% de MP) mesmo sem atender às recomendações de MP, o que comprometeria o desempenho esperado. Por isso, é prática comum nos Países Baixos verificar primeiro se as recomendações de MP estão atendidas e, somente depois, avaliar a relação entre aminoácidos e MP.

Usar gramas por dia (por exemplo, 33 - 76 g de metionina metabolizável/dia) fornece uma meta prática baseada na ingestão exata. Por exemplo, Zhou e colegas (2016) forneceram cerca de 33 g/d de metionina digestível no pré-parto e 55 g/d no pós-parto. Paz et al. (2024) usaram 76 g/d em um estudo com desafio de mastite. Essa unidade é intuitiva e útil para verificar o resultado final da dieta, embora não leve em conta diferenças na ingestão de MS ou mais precisamente de MP, tamanho da vaca ou nível de produção. A abordagem em g/kg de MS expressa a concentração de metionina na dieta. Por exemplo, o mesmo estudo de Zhou et al. (2016) forneceu 0,08 g de metionina/kg de MS. Essa unidade funciona bem em softwares de formulação e matrizes de ingredientes, mas pode ser enganosa se a ingestão de matéria seca variar muito ou se não estiver claro quanto dessa metionina é realmente digestível e biodisponível. Na prática, a abordagem mais robusta combina essas unidades. Nutricionistas geralmente começariam formulando para atender às recomendações de MP, depois verificariam os aminoácidos na MP e confirmariam que o fornecimento total de metionina digestível, tipicamente entre 30 e 60 g/vaca/dia, estaria dentro da faixa efetiva. Por fim, confeririam as taxas de inclusão (g/kg de MS) para garantir viabilidade na dieta total.

Ao suplementar metionina, também é importante assegurar um fornecimento adequado de MP. Uma vez que as necessidades de MP estão cobertas, o nutricionista pode ajustar o perfil de aminoácidos usando aminoácidos protegidos de degradação ruminal. Isso é especialmente relevante em sistemas onde a proteína bruta está sendo reduzida, como em dietas europeias com alto teor de forragem e restrições ambientais, ou em sistemas brasileiros à base de milho e soja, nos quais o teor de proteína pode ser adequado, mas não necessariamente o perfil de aminoácidos é balanceado. Além disso, como o teor e a biodisponibilidade de metionina nos alimentos e suplementos podem variar, é crucial usar dados de fontes de RP-Met validadas e softwares de formulação confiáveis. A variabilidade de ingredientes, diferenças na ingestão de MS e o estado de saúde da vaca influenciam a quantidade efetiva de metionina que chega aos tecidos-alvo. Monitorar resultados (produção de proteína do leite, N ureico no leite, CCS e marcadores de fertilidade) ajuda a ajustar essas recomendações ao longo do tempo.

Considerações Finais

O balanceamento efetivo de aminoácidos requer colaboração entre gerentes de fazenda, veterinários e nutricionistas. Juntos, podem interpretar dados de saúde do rebanho, metas de produção e restrições econômicas para desenvolver estratégias de alimentação que otimizem

tanto o desempenho quanto a sustentabilidade. A ciência da nutrição de aminoácidos continua a evoluir, expandindo-se de metas puramente produtivas para englobar saúde animal, fertilidade, sustentabilidade e até impactos transgeracionais. À medida que as pesquisas avançam, a nutrição de precisão em aminoácidos permanecerá como um pilar da gestão leiteira moderna, oferecendo oportunidades significativas para melhorar eficiência, rentabilidade e responsabilidade ambiental.

Metionina sempre foi reconhecida por seu papel na síntese de proteína do leite, mas pesquisas recentes demonstram seu papel funcional mais amplo, incluindo suporte à resposta imunológica, defesa antioxidante, metabolismo hepático, reprodução e desenvolvimento do bezerro. Durante o período de transição, quando as vacas são mais vulneráveis, a suplementação com RP-Met ajuda-as a lidar com o estresse, recuperar-se mais rapidamente e apresentar melhor desempenho. À medida que pressões ambientais e econômicas levam a indústria a adotar dietas com menor teor de proteína, a nutrição precisa em aminoácidos torna-se essencial. A metionina está no centro dessa mudança, especialmente em sistemas onde a proteína bruta deve ser reduzida por razões regulatórias ou de sustentabilidade. No futuro, mais pesquisas serão necessárias para refinar modelos de exigência, compreender variações regionais e identificar biomarcadores para monitoramento nutricional em tempo real. Mas a mensagem é clara: na nutrição de vacas em transição, a metionina não é apenas um aminoácido limitante, é um aminoácido funcional.

Referências

- Atmaca, G. (2004). Antioxidant effects of sulphur-containing amino acids. *Yonsei Med. J.* 45:776–788.
- Batistel F., J. M. Arroyo, A. Bellingeri, L. Wang, B. Saremi, C. Parys, E. Trevisi, F. C. Cardoso, and J. J. Loor. (2017a). Ethyl-cellulose rumen-protected methionine enhances performance during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 100(9):7455-7467.
- Batistel, F., A. S. M. Alharthi, L. Wang, C. Parys, Y. X. Pan, F. C. Cardoso, and J. J. Loor. (2017b). Placentome Nutrient Transporters and Mammalian Target of Rapamycin Signaling Proteins Are Altered by the Methionine Supply during Late Gestation in Dairy Cows and Are Associated with Newborn Birth Weight. *J Nutrition.* 147(9):1640-1647.
- Batistel F., J. M. Arroyo, C. I. M. Garces, E. Trevisi, C. Parys, M. A. Ballou, F. C. Cardoso, and J. J. Loor. (2018). Ethyl-cellulose rumen-protected methionine alleviates inflammation and oxidative stress and improves neutrophil function during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 101:480-490.
- Coleman, D. N., V. Lopreiato, A. Alharthi, and J. J. Loor. (2020). Amino acids and the regulation of oxidative stress and immune function in dairy cattle. *J. Animal Sci.* 98:S175-S193.
- Finkelstein, J. D. (1990). Methionine metabolism in mammals. *J. Nutr. Biochem.* 1:228–237.
- Jacometo, C. B., Z. Zhou, D. Luchini, E. Trevisi, M. N. Correa, and J. J. Loor. (2016). Maternal rumen-protected methionine supplementation and its effect on blood and liver

- biomarkers of energy metabolism, inflammation, and oxidative stress in neonatal Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 8190–8200.
- Larsen, M., and N. B. Kristensen. 2013. Precursors for liver gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *Animal* 7:16401650.
- Lee, C., A. N. Hristov, K. S. Heyler, T. W. Cassidy, M. Long, and H. Lapierre. (2012). Effects of metabolizable protein supply and amino acid supplementation on nitrogen utilization, milk production, and ammonia emissions from manure in dairy cows. *J Dairy Sci*, 95(9):5253–5268.
- Lopreiato, V., Minuti, A., Morittu, V. M., Trimboli, F., Britti, D., & Trevisi, E. (2020). Role of nutraceuticals during the transition period of dairy cows: a review. *J Animal Sci Biotechnol.*, 11:96.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: National Academies Press.
- de Oliveira, M., C. Costa, and T. Fernandes. (2025). Graduate Student Literature Review: Concepts and challenges of amino acid supply and nitrogen metabolism in dairy cattle. *J Dairy Sci*. 108:6906-6916.
- Osorio, J. S., P. Ji, J. K. Drackley, D. Luchini, and J. J. Loor. (2013). Supplemental Smartamine M or MetaSmart during the transition period benefits postpartal cow performance and blood neutrophil function. *J Dairy Sci*. 96(10):6248-6263.
- Paz, A., T. C. Michelotti, M. Suazo, J. Bonilla, M. Bulnes, A. Minuti, D. Luchini, E. Trevisi, A. F. Lima, J. Halfen, M. Rovai, and J. S. Osorio. (2024). Rumen-protected methionine supplementation improves lactation performance and alleviates inflammation during a subclinical mastitis challenge in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*. 107(12):10761-10775.
- Toledo, M. Z., M. L. Stangaferro, R. Caputo Oliveira, P. L. J. Jr. Monteiro, R. S. Gennari, D. Luchini, R. D. Shaver, J. O. Giordano, and M. C. Wiltbank. (2023). Effects of feeding rumen-protected methionine pre- and postpartum in multiparous Holstein cows: Health disorders and interactions with production and reproduction. *J Dairy Sci*. 106(3):2137-2152.
- Vailati-Riboni, M., Z. Zhou, C. B. Jacometo, A. Minuti, E. Trevisi, D. N. Luchini, and J. J. Loor. (2017). Supplementation with rumen-protected methionine or choline during the transition period influences whole-blood immune response in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci*. 100:3958–3968.
- Waggoner, J. W., C. A. Löest, J. L. Turner, C. P. Mathis, and D. M. Hallford. (2009). Effects of dietary protein and bacterial lipopolysaccharide infusion on nitrogen metabolism and hormonal responses of growing beef steers. *J Anim. Sci*. 87(11):3656-3668.
- Zanton, G. I., and M. Z. Toledo. (2024). Systematic review and meta-analysis of dairy cow responses to rumen-protected methionine supplementation before and after calving. *JDS Commun*. 5:293-298.
- Zhou, Z., Vailati-Riboni, M., Trevisi, E., Drackley, J. K., Luchini, D., & Loor, J. J. (2016a). Better postpartal performance in dairy cows supplemented with rumen-protected methionine compared with choline during the peripartal period. *J Dairy Sci*. 99(10), 8716–8732.

Zhou, Z., O. Bulgari, M. Vailati Riboni, E. Trevisis, M. A. Ballou, F. C. Cardoso, D. N. Luchini, and J. J. Lóor (2016b). Rumen-protected methionine compared with rumen-protected choline improves immunometabolic status in dairy cows during the periparturient period. J Dairy Sci. 99(11):8956-8969.

Concentrados proteicos utilizados em dietas de vacas leiteiras no Brasil: atualizações e caracterização nutricional

Marina A. C. Danes¹

Jorge H. Carneiro¹

Gleicielle M. de Souza¹

Daniela S. Souza¹

Yolanda F. A. J. Mapanzen¹

Introdução

A proteína na dieta de vacas leiteiras tem como principais funções atender as exigências de nitrogênio (N) dos microrganismos ruminais e as exigências de aminoácidos (AA) do animal. No entanto, de forma indireta, o atendimento das exigências ruminais de N garante digestão e consumo adequados, o que assegura o aporte de todos os nutrientes necessários para produção de leite, que é a principal exigência nutricional da vaca em lactação. Historicamente, a formulação de dietas se baseou na métrica de proteína bruta (PB), que nada mais é do que uma medida de N dos alimentos. No entanto, esse N dietético se apresenta de diferentes formas, como N não proteico (NNP), proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína não degradada no rúmen (PNDR), cada uma atendendo exigências específicas da microbiota ou do animal.

Animais de baixo desempenho podem ter grande parte da sua exigência de AA atendida por proteína microbiana, que é a própria massa de microrganismos que se multiplicou utilizando PDR e segue o fluxo junto com o alimento para os intestinos. Neste cenário, garantir o fornecimento de N para a microbiota deve ser a grande preocupação do nutricionista. Conforme as produções de leite e proteína do leite aumentam, a proteína microbiana deixa de ser suficiente para atender o requerimento, e a importância da PNDR aumenta. Com isso, conhecer a proporção de PB que escapa da degradação ruminal, a digestibilidade intestinal e o perfil de AA da PNDR se torna essencial para formular dietas precisas e com maior eficiência de utilização do N dietético.

O melhoramento genético dos rebanhos especializados tem proporcionado ganhos expressivos em desempenho (produção tanto de leite fluido como de sólidos), o que deixa menos espaço para erros nutricionais. Além disso, é crescente a busca por alimentos produzidos com menor impacto ambiental, o que exige maior eficiência do processo produtivo. Os modelos nutricionais de proteína estão evoluindo para permitir maior manipulação dietética visando precisão e eficiência. Com isso, o teor de PB das dietas deixa de ser uma meta de formulação e se transforma apenas em uma informação de referência, ou uma consequência da concentração de N por kg de MS necessário para atender os requerimentos deste animal em específico. As métricas alvo passam a focar na quantidade e tipo de N ruminal e nos AA digestíveis. O efeito dos nutrientes energéticos da dieta e do nível de produção das vacas também passa a ser considerado na eficiência de utilização dos AA pela glândula mamária. Esse cenário nos convida a revisitar as dietas para vacas em lactação, integrando a caracterização mais detalhada dos ingredientes e avaliando a interação entre nutrientes no desempenho dos animais.

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras.

Dessa forma, o objetivo deste texto é discutir as exigências proteicas de vacas de alta produção, a caracterização de ingredientes proteicos e estratégias de combinação entre ingredientes para melhorar a eficiência produtiva e a sustentabilidade da produção leiteira.

Exigências de proteína de vacas em lactação

Dietas para ruminantes devem atender tanto às exigências por N dos microrganismos ruminais (geralmente usando a métrica de PDR) quanto às exigências de proteína metabolizável (PMet) para o animal. A recomendação mais recente para atendimento da microbiota é que o nível de PDR de dietas de vacas em lactação estejam entre 10 e 12% da matéria seca (NASEM, 2021) e o balanço de PMet esteja positivo. No entanto, é possível ir além dessas métricas e avaliar a eficiência com que cada AA essencial que foi digerido é utilizado e como a produção de proteína do leite responde ao aporte de nutrientes de acordo com o nível de produção do rebanho (NASEM, 2021). Essas atualizações no modelo de proteína do NASEM permitiram previsões muito mais robustas da síntese de proteína do leite, como demonstrado em uma avaliação feita com 89 lotes de 12 fazendas brasileiras (Carneiro et al., 2025).

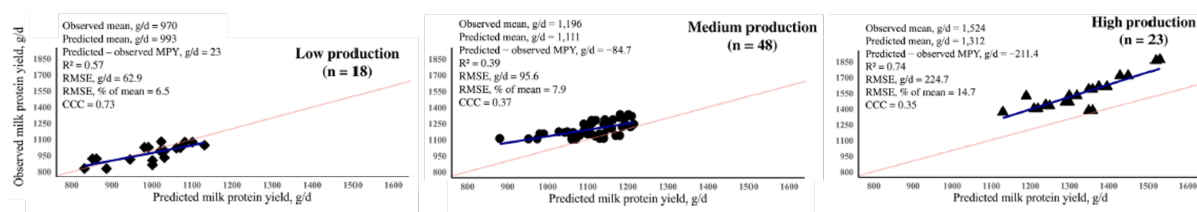


Figura 1. Desempenho do modelo de predição de proteína do leite do NASEM (2021) em lotes de baixa, média e alta produção de 12 fazendas brasileiras. *Carneiro et al., 2025.*

A figura 1 apresenta a relação entre a produção real de proteína verdadeira nos lotes, bem como os preditos no modelo, utilizando informações específicas de cada lote e fazenda. Alguns aprendizados podem ser tirados dessa avaliação. Primeiro, o modelo desempenha melhor em vacas produzindo aproximadamente 1 kg de proteína do leite por dia do que em vacas de maior produção. Isso se justifica pelo fato desse valor ser próximo à média do banco de dados do NASEM utilizado para desenvolver o modelo (924 g/d de proteína do leite). Ainda assim, o erro do modelo em vacas mais produtivas é cerca de 15% do valor médio deste grupo, o que é parecido com o tamanho do erro reportado pelo NASEM no desenvolvimento do modelo de proteína. O segundo aprendizado é que a abordagem integrada adotada por este modelo, em que 5 AA essenciais e a energia da dieta são considerados na predição da resposta, é mais adequada para representar a real biologia do que acontece na glândula mamária.

Esse conhecimento nos permite explorar melhor o metabolismo pós-absortivo de AA e, com isso, manipular dietas para maior eficiência nitrogenada. Com o aumento das exigências nutricionais, o desafio da formulação aumenta e precisamos ir além das dietas e métricas utilizadas até então. Um exemplo prático desse exercício é apresentado na tabela 1. Uma dieta considerada tradicional, com farelo de soja e caroço de algodão como principais ingredientes proteicos, foi formulada para atender às exigências nutricionais de vacas com níveis crescentes de produção.

Tabela 1. Simulação de dietas para vacas com diferentes exigências nutricionais

| | Vaca 1 | Vaca 2 | Vaca 3 | Vaca 4 |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| <i>Desempenho</i> | | | | |
| Produção de leite (kg/d) | 35,0 | 45,0 | 55,0 | 65,0 |
| Proteína, % | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,2 |
| Proteína kg/d | 1,16 | 1,49 | 1,82 | 2,08 |
| <i>Composição da dieta, % MS</i> | | | | |
| Silagem de Milho | 53,7 | 47,8 | 42,1 | 38,9 |
| Gramínea Tropical | 6,2 | 3 | 2,8 | 1,7 |
| Milho Úmido | 4,1 | 5,6 | 7 | 6,6 |
| Milho Seco | 5,5 | 8,4 | 10,9 | 14,8 |
| Casca de Soja | 7,4 | 5,7 | 3,1 | 1,5 |
| Caroço de Algodão | 5,5 | 7 | 7,8 | 7,4 |
| Farelo de Soja | 14,7 | 19,4 | 23,1 | 26 |
| Gordura | 0 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| Minerais + Aditivos | 2,8 | 2,6 | 2,4 | 2,3 |
| <i>Composição nutricional</i> | | | | |
| PB (%MS) | 15,3 | 17,3 | 19,0 | 20,1 |
| PDR (%MS) | 10,3 | 11,4 | 12,4 | 13,0 |
| Prot. microbiana (g/d) | 1231 | 1412 | 1579 | 1706 |
| Prot. metabolizável (PM) (g/d) | 2262 | 2750 | 3189 | 3542 |
| Balanço de PM (g/d) | 7 | 11 | -22 | -50 |

O que tais dados nos mostram é que conforme a produção de leite e proteína aumentam, a demanda por PNDR é maior, já que a proteína microbiana vai ficando cada vez menos suficiente para atender a necessidade de PMet. Para atender esta demanda utilizando apenas farelo de soja, que tem entre 30 e 35% da sua proteína como PNDR, é necessário aumentar muito a quantidade deste ingrediente na dieta, o que traz como principal consequência o excesso de PDR, pior eficiência de utilização do N dietético e maior excreção de N no ambiente. Dessa forma, quando temos altas exigências de PMet, a inclusão de fontes proteicas com PNDR mais alta torna-se essencial.

Um dos desafios dessa estratégia é a caracterização adequada da degradação ruminal da PB e da digestibilidade intestinal da PNDR dos diferentes ingredientes proteicos. Por não serem análises de rotina nos laboratórios comerciais, valores de bibliotecas são utilizados na formulação. Isso pode funcionar bem para ingredientes com processos produtivos padronizados e homogêneos, mas pode virar um problema quando esse não for o caso. Por isso, é importante que os fornecedores de ingredientes proteicos não tradicionais se sensibilizem da necessidade de avaliarem essas características experimentalmente.

Além da exigência por PMet, que é atendida pela digestão da proteína microbiana e PNDR, o perfil de AA dos alimentos proteicos define o aporte dos AA individuais para a glândula mamária sintetizar a proteína do leite. O perfil de AA dos alimentos é frequentemente comparado ao perfil de AA da caseína para definição da qualidade da proteína do ingrediente.

As figuras 2 e 3 comparam a proporção de metionina (Met) e lisina (Lis) da caseína com a de vários alimentos. A primeira coisa que chama atenção nessa avaliação é a similaridade da proteína microbiana com a caseína na concentração desses dois AA (e o mesmo acontece para outros AA). Esse fato, aliado a alta digestibilidade intestinal da proteína microbiana, faz com que esta seja a melhor fonte de proteína para o animal ruminante. Outro ponto interessante dessa comparação é observar que o farelo de soja é o ingrediente de origem animal com maior teor de lisina, o que também enriquece sua qualidade como fonte proteica, apesar de não se destacar como fonte de metionina.

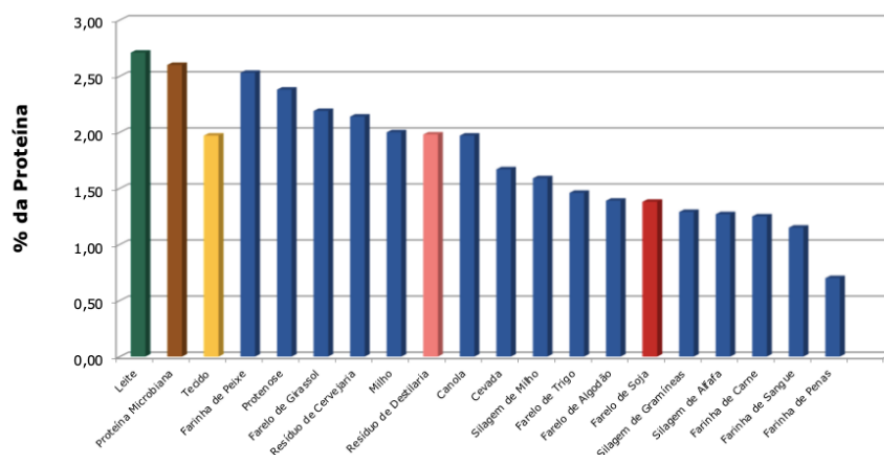


Figura 2. Concentração de metionina (%PB) na proteína do leite e em diversos alimentos (NASEM, 2021).

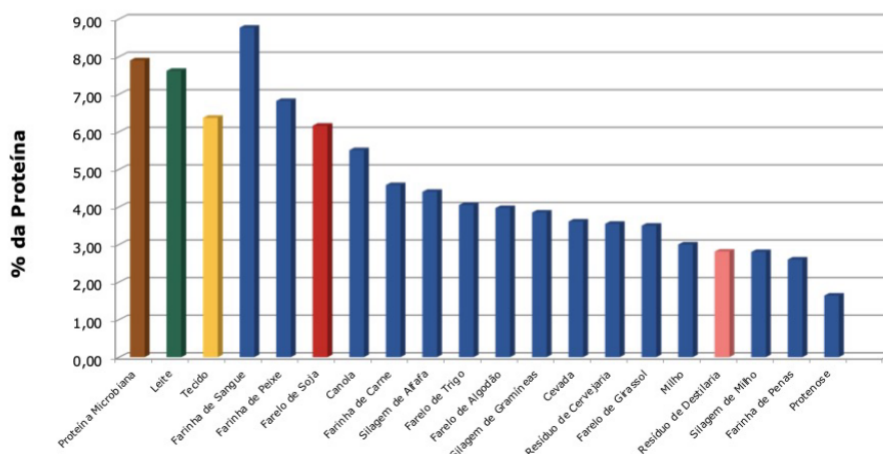


Figura 3. Concentração de lisina (%PB) na proteína do leite e em diversos alimentos (NASEM, 2021).

Ingredientes proteicos utilizados em dietas de vacas leiteiras no Brasil

A escolha de ingredientes é o elo entre formulação e nutrição. A definição dos ingredientes proteicos de uma dieta precisa levar em consideração o teor de PB, a proporção de PDR:PNDR, a digestibilidade intestinal da PNDR, o perfil de AA da proteína, a disponibilidade

do ingrediente em quantidade e frequências suficientes, e obviamente o custo. Com a restrição ao uso de alimentos de origem animal em dietas para ruminantes, as opções de fontes de proteína no Brasil são mais limitadas em comparação a outros países, principalmente os EUA, onde grande parte do conhecimento científico é produzido.

Buscando identificar os principais ingredientes proteicos utilizados em rebanhos leiteiros no Brasil, reunimos informações geradas por três iniciativas independentes. A primeira delas foi um levantamento nacional conduzido entre maio e outubro de 2024 pelo nosso grupo de pesquisa (Mapanzene, 2024). O objetivo era entender as práticas de nutrição proteica e 56 pessoas responderam ao questionário, representando 25.097 vacas em lactação, com média de 27,8 kg/d (total de 697.697 L/d). Os respondentes atuavam em vários estados do Brasil, mas 83,2% das respostas representavam MG (24,2%), RS (15,5%), PR (13,6%), GO (10,6%), SC (10,6%), e SP (8,7%). Uma das perguntas do questionário abordou os ingredientes proteicos utilizados nas dietas e as respostas apontaram que 100% dos respondentes utilizam farelo de soja convencional, enquanto 87,5% utilizam caroço de algodão, e 80% utilizam ureia. O resíduo de destilaria de grãos de milho (DDGs) veio na sequência, com 58,9% de utilização, muito próximo do farelo de soja de alta PNDR, com 51,8%. Outros ingredientes com menor utilização foram resíduo de cervejaria (42,9%), metionina protegida da degradação ruminal (32,1%), farelo de algodão (21,3%), farelo de canola (19,6%), lisina protegida da degradação ruminal (10,7%), farelo de amendoim (7,1%), levedura de cervejaria (5,4%) e soja grão (1,8%). Além disso, 9% dos respondentes utilizavam apenas um ingrediente proteico no concentrado, 32% utilizavam 2, 45% utilizavam 3, 9% utilizavam 4, e 5% utilizavam 5 ou mais.

O segundo banco de dados veio do Panorama dos Confinamentos de Gado de Leite de Minas Gerais, conduzido pelo grupo de pesquisa da Prof. Polyana Rotta, da Universidade Federal de Viçosa. O mestrando André Luis Claudino visitou 130 fazendas em diferentes regiões do estado, com média de 212 vacas/fazenda e produção média de 34,9 L/d (representando um total de 27.560 vacas e 961.844 L/d). Como a análise de dados ainda está sendo conduzida, os dados de 108 fazendas foram utilizados. O farelo de soja foi encontrado em 75,9% das fazendas. No entanto, dos 24,1% restantes, 16,7% utilizavam ração comercial com farelo de soja em sua composição, resultando em 92,6% de presença de farelo de soja nas dietas das fazendas visitadas. O caroço de algodão era utilizado em 88,9% das fazendas, enquanto a uréia em 22,2%. Vale lembrar que geralmente as rações comerciais também incluem ureia, então a presença deste ingrediente pode chegar a 38%. O DDG estava presente em 15,7% das fazendas analisadas. Ingredientes de menor utilização foram farelo de soja de alta PNDR (5,6%), farelo de algodão (1,9%), farelo de canola (1,9%), e soja grão (0,9%). Outro dado interessante resultante deste trabalho foi que 24% utilizam apenas 1 ingrediente proteico no concentrado, 42% utilizam 2, 25% utilizam 3 e apenas 6% das fazendas utilizam 4 ingredientes proteicos.

O último banco de dados foi um levantamento feito pelo Dr. Jorge Carneiro, da Dairy Inside Consultoria, com 6 nutricionistas, responsáveis por 82 fazendas no RS (41), PR (18), SP (6), GO (11), SC (3) e MG (3) do Brasil. Os respondentes representavam 30.781 vacas, com produção média de 41,9 L/d (total de 1.289.724 L/d). O farelo de soja e o caroço de algodão apareceram novamente como os dois ingredientes mais utilizados (com presença em 100% e 82,9% das fazendas, respectivamente). Os DDGs aparecem na terceira posição com 80,5%, quase a mesma frequência de uso que o caroço de algodão. Em seguida, apareceram os farelos de soja de alta PNDR (45,1%), metionina protegida da degradação ruminal (43,9%), grão de soja tostado (40,2%), farelo de canola (37,8%), com frequências de utilização bem próximas. Ingredientes com menor frequência de uso foram o resíduo de cervejaria (14,6%), e soja grão crua (1,2%). Nenhuma fazenda reportou o uso atual de lisina protegida da degradação ruminal nem de farelo de algodão. Das fazendas atendidas pelos respondentes, a proporção que utiliza

1, 2, 3, 4, 5, ou 6 ingredientes proteicos no concentrado foi de 1%, 9%, 27%, 29%, 21%, e 13%, respectivamente.

O compilado dos 3 bancos de dados está representado na figura 4. O que podemos concluir é que o farelo de soja e o caroço de algodão são as fontes proteicas mais utilizadas, os resíduos de destilaria de milho já aparecem na sequência e essa inclusão tem sido crescente devido à maior disponibilidade, e outros ingredientes importantes são o farelo de canola, o resíduo de cervejaria e o farelo de soja de alta PNDR. A metionina protegida, apesar de não ser um alimento, é um ingrediente utilizado de forma expressiva.

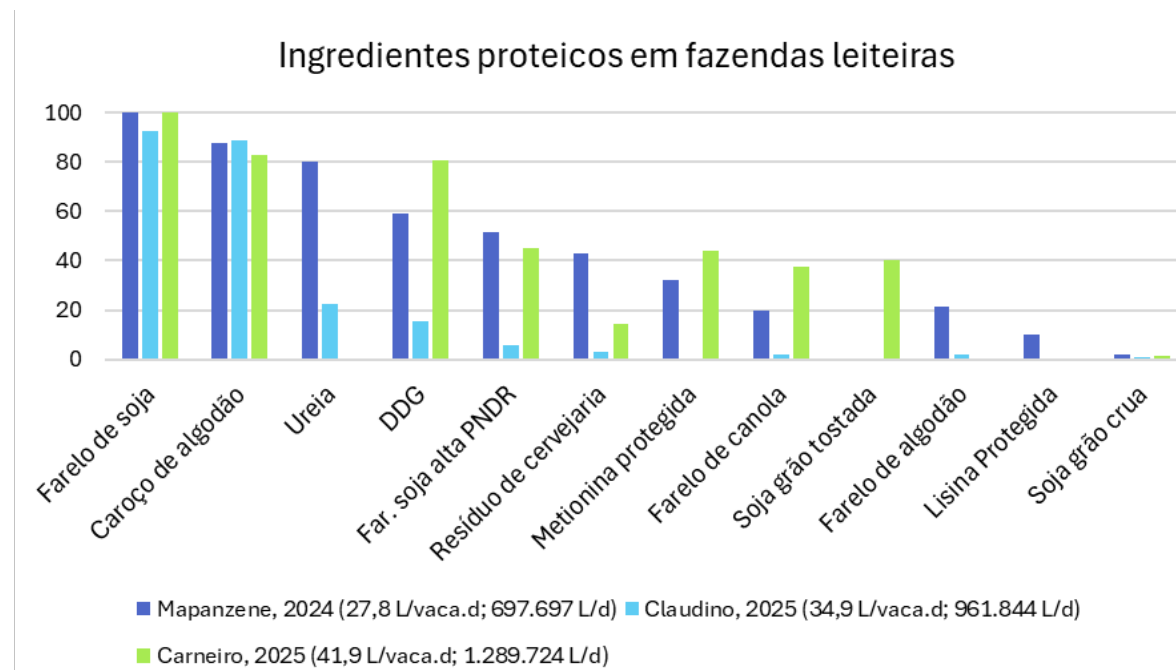


Figura 4. Ingredientes proteicos utilizados em fazendas leiteiras em três levantamentos independentes. Mapanzene (2024) teve abrangência nacional, mas 83,2% das respostas representavam MG, RS, PR, GO, SC e SP, Claudino (2025) avaliou MG, e Carneiro (2025) contou com RS, PR, SP, GO, SC e MG.

A escolha dos ingredientes, sem dúvida, tem relação com o nível de produção das fazendas e com a localização geográfica, uma vez que isso interfere na disponibilidade e preço dos alimentos. Outro fator importante é a consistência na composição do produto. Isso é especialmente crítico em coprodutos da indústria, que podem ter seus processos menos padronizados e alterados de acordo com a variação na matéria prima ou na eficiência da produção do produto principal.

Além disso, os modelos nutricionais para formulação de dietas precisam de informações sobre a cinética de degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína dos alimentos para estimar com precisão o aporte de proteína e aminoácidos metabolizáveis ao animal. Geralmente esses dados são retirados das bibliotecas dos próprios modelos e podem funcionar bem para ingredientes muito padronizados, como o farelo de soja, que tem um banco de dados bastante volumoso. Mas para ingredientes menos comuns (banco de dados menor) e, principalmente, para co-produtos que podem ser produzidos de maneiras diferentes (tanto entre

os produtos quanto entre as partidas do mesmo produto), é importante que essa caracterização seja feita experimentalmente.

Caracterização da degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína dos alimentos

Cada modelo nutricional utiliza métricas diferentes para caracterizar a proteína e os carboidratos dos alimentos. O NASEM (2021) padronizou o método de incubação *in situ* para obtenção das frações A, B, C e a taxa de degradação ruminal (kd) da proteína. Nessa técnica, o alimento é colocado em sacos de nylon com porosidade de 50 micras e incubado no rúmen de pelo menos duas vacas por tempos crescentes (0, 2, 4, 8, 16, 24 e 48 horas). A fração A (%PB) é a proporção da proteína que desaparece do saco de nylon na hora 0 (lavagem dos sacos de nylon, o que equivale a proteína solúvel). A fração C (%PB) é a proteína que ainda está no saco de nylon após 48 horas de incubação ruminal, e é considerada não degradável. Já a fração B (%PB) é calculada por diferença (100 - fração A - fração C). O kd (%/h) é calculado a partir da curva de degradação com todos os tempos, de acordo com um modelo exponencial. A partir dessas 4 métricas e assumindo a taxa de passagem de 5,28%/h (NASEM, 2021) para concentrados, é possível calcular PDR e PNDR (ambos em %PB) com as fórmulas:

$$\text{PDR} = (A \times 0,936) + B \times (\text{kd}/(\text{kd}+\text{kp}))$$

$$\text{PNDR} = (A \times 0,064) + B \times (\text{kp}/(\text{kd}+\text{kp})) + C$$

Esses cálculos assumem que 6,4% da fração A (solúvel) escapa do rúmen por passagem sem ser degradada e que a fração B pode desaparecer do rúmen por degradação ou passagem (kd+kp no denominador da fórmula que multiplica a fração B nas duas equações). Na equação de PDR, o kd está no numerador pois a parte da fração B que degradou é que contribui para PDR. Na equação de PNDR, o kp está no numerador, pois é a parte da fração B que passou do rúmen sem ser degradada que contribui para a PNDR.

O método para estimar a digestibilidade intestinal da PNDR no banco de dados do NASEM (2021) foi descrito por Calsamiglia e Stern, em 1995, e adaptado por Gargallo et al., em 2006. A técnica é conhecida como a técnica dos 3 estágios e consiste em incubar o alimento no rúmen em sacos de nylon por 16 horas (estágio 1), depois incubar esse resíduo de 16 horas em pepsina e HCl por uma hora a 39°C (estágio 2) e, por fim, trocar a solução de pepsina e HCl por uma solução de pancreatina (mix de enzimas pancreáticas, estágio 3) por 24 horas a 39°C. A primeira etapa tem como objetivo representar qualitativamente o material que deixa o rúmen (a uma taxa de passagem aproximada de 6%/h, o tempo de retenção do alimento no rúmen é 16 h). A segunda etapa reproduz o que acontece no abomaso, com a solução de pepsina e HCl simulando o suco gástrico, e a terceira etapa simula a digestão no intestino delgado.

Nosso grupo de pesquisa, Inovação, Pesquisa e Pessoas para Alimentação de Ruminantes (INPPAR), do Departamento de Zootecnia da UFLA, vem conduzindo avaliações de ingredientes proteicos. Em cada experimento, são conduzidas 3 rodadas de incubação em pelo menos duas vacas. Os desafios estão principalmente relacionados à variação do ambiente ruminal em cada rodada de incubação. Por isso, sempre que incubamos um alimento teste, o farelo de soja também é incubado para servir de controle interno. Já tivemos oportunidade de avaliar diversos alimentos, como DDGs, farelos de soja de alta PNDR, farelo de canola e resíduo de cervejaria. A tabela 2 traz os valores médios de cada parâmetro do compilado de experimentos realizados pelo nosso grupo, em comparação aos valores da biblioteca do NASEM (2021). Dentro de cada alimento estão diferentes produtos e diferentes experimentos.

Tabela 2. Caracterização da degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína de ingredientes dietéticos, de acordo com as análises realizadas pelo INPPAR/UFLA ou com o NASEM (2021)

| | Farelo de soja | | DDGS | | DDG de alta proteína | | Farelo de soja de alta PNDR | | Farelo de canola | | Resíduo de cervejaria | |
|----------------|----------------|-------|--------|-------|----------------------|-------|-----------------------------|-------|------------------|-------|-----------------------|-------|
| | INPPAR | NASEM | INPPAR | NASEM | INPPAR | NASEM | INPPAR | NASEM | INPPAR | NASEM | INPPAR | NASEM |
| PB, %MS | 53,2 | 52,6 | 37,0 | 30,5 | 46,9 | 39,0 | 54,1 | 47,6 | 43,3 | 41,5 | 22,9 | 25,3 |
| A, %PB | 20,6 | 18,0 | 38,0 | 26,0 | 14,4 | 26,0 | 13,0 | 9,0 | 14,7 | 22,0 | 19,0 | 18,0 |
| B, %PB | 74,9 | 80,0 | 38,4 | 62,0 | 46,0 | 62,0 | 65,1 | 91,0 | 84,0 | 71,0 | 64,7 | 67,0 |
| C, %PB | 4,5 | 2,0 | 23,6 | 12,0 | 39,6 | 12,0 | 22,0 | 0,0 | 1,3 | 7,0 | 16,4 | 15,0 |
| kd, %/h | 9,0 | 9,0 | 5,7 | 5,0 | 4,1 | 5,0 | 4,6 | 2,4 | 9,5 | 10,5 | 7,5 | 4,5 |
| PNDR, %PB | 33,9 | 32,7 | 44,5 | 45,5 | 66,3 | 45,5 | 57,9 | 63,1 | 32,2 | 32,2 | 44,3 | 52,3 |
| PNDR, %MS | 18,0 | 17,2 | 16,6 | 13,9 | 31,2 | 17,7 | 31,3 | 30,1 | 14,0 | 13,3 | 10,2 | 13,2 |
| digestib PB, % | 97,4 | 91,0 | 88,1 | 75,0 | 93,3 | 75,0 | 95,5 | 93,0 | 59,8 | 74,0 | 70,0 | 74,0 |
| PNDRd, %PB | 31,5 | 29,8 | 35,4 | 34,1 | 61,9 | 34,1 | 55,3 | 58,7 | 19,3 | 23,8 | 31,0 | 38,7 |
| PNDRd, %MS | 17,0 | 15,7 | 12,6 | 10,4 | 29,1 | 13,3 | 29,9 | 28,0 | 8,4 | 9,9 | 7,1 | 9,8 |

Essa tabela evidencia alguns pontos bem interessantes. Primeiro, as características médias dos farelos de soja analisados foram muito parecidas com as da biblioteca do NASEM, confirmando a padronização do ingrediente. Já para os DDGs, a biblioteca do NASEM traz 6 produtos diferentes para resíduos de destilaria de grãos para produção de etanol. As principais diferenças na composição nutricional entre eles são o teor de PB e de gordura, mas o fracionamento da PB é igual para todos os produtos, com os valores que estão descritos na tabela. Mesmo com todas essas opções de DDG na biblioteca, nenhum se assemelha aos dois tipos de produto analisados pelo INPPAR. Isso acontece porque a matéria prima e o tipo de processamento do etanol e do DDG alteram consideravelmente sua composição nutricional e, por isso, é muito importante que as alternativas locais sejam analisadas para que as formulações possam ser mais precisas.

A situação do farelo de soja de alta PNDR é semelhante à do DDG. Ambos são produtos locais fabricados de maneira diferente dos que estão na biblioteca e, por isso, não são bem representados. Apesar das diferenças em teor de PB e nas frações proteicas, o teor de PNDR e PNDR digestível (ambos em %MS) foi semelhante (INPPAR x NASEM). No entanto, é importante enfatizar que os valores reportados na tabela representam a média entre produtos diferentes analisados pelo INPPAR. Os produtos avaliados individualmente diferem mais da biblioteca do NASEM.

O resíduo de cervejaria analisado pelo INPPAR também apresentou diferenças em relação à biblioteca do NASEM. Assim como é o caso para os DDG, a composição do resíduo de cervejaria também é afetada pela matéria prima utilizada e o processamento do coproduto. O processo de secagem que diferencia o coproduto úmido do seco também muda bastante o fracionamento proteico. Na biblioteca do NASEM, o resíduo de cervejaria úmido apresenta frações A, B e C de 47, 44 e 9, respectivamente, e PNDR de 37,3% (contra 52% no resíduo seco). No entanto, se esse processo de secagem não for adequado (muito quente e/ou muito rápido), a proteína pode se ligar irreversivelmente com alguns carboidratos, e ficar indisponível para digestão, reduzindo o valor alimentar do ingrediente. Por isso é essencial que além da análise de cinética de degradação ruminal, a avaliação da digestibilidade intestinal da PNDR também seja conduzida.

Por fim, o farelo de canola é um ingrediente curioso. Assim como em nossas análises, a biblioteca do NASEM o descreve como um ingrediente com frações de PDR próximas a do farelo de soja (entre 30 e 35% da PB). No entanto, estudos in vivo em que o escape da proteína foi estimado por coletas pós-rúmen ou por concentração de AA no plasma dos animais reportam

que o farelo de canola aumenta o fluxo de PNDR em comparação ao farelo de soja (Brito et al., 2007; Maxin et al., 2013). Além disso, diversos estudos demonstraram que o farelo de canola aumentou consumo e produção de leite em comparação a outros ingredientes proteicos, incluindo o farelo de soja, o que pode ter relação com maior fluxo de PNDR e também com sua contribuição energética oriunda de fibra digestível (Mutsvangwa, 2016).

A discrepância entre os resultados *in situ* e *in vivo* se deve ao fato de que a proteína da canola é bastante solúvel, o que no método *in situ* é considerada quase totalmente degradada. No entanto, resultados de degradação *in vitro* da proteína do farelo de canola demonstraram que entre 56 e 63% da fração A (proteína solúvel) pode escapar da degradação ruminal e contribuir para a PNDR. Broderick et al. (2016) reportaram o teor médio de PNDR do farelo de canola de 45% da PB utilizando uma metodologia *in vitro* que independe da solubilidade da proteína, pois mede o aparecimento dos produtos da degradação. O estudo da caracterização do farelo de canola e sua utilização em dietas de ruminantes recebe muito investimento do Canola Council do Canadá (www.canolacouncil.org), que reúne indústrias, produtores, processadores e outros agentes para promover o uso do alimento e publica os resultados em um guia alimentar para orientar as decisões dos nutricionistas.

O farelo de canola é um bom exemplo de uma limitação do método *in situ* para estimar a cinética de degradação ruminal, que assume que toda proteína solúvel é degradada. Outra dificuldade do método é a alta variabilidade dos resultados, decorrente do ambiente ruminal heterogêneo em que as amostras são incubadas. A cada rodada de incubação e a cada animal diferente que é utilizado, o ambiente ruminal está diferente, o que resulta em alta variabilidade nas métricas avaliadas. Isso reforça a importância do tamanho do banco de dados na redução da variação e confiabilidade dos dados. Um exemplo prático é o resíduo de cervejaria da tabela 2. Apesar da avaliação do INPPAR ter sido feita com um produto brasileiro, que provavelmente não está no banco de dados do NASEM, os resultados são de apenas uma avaliação, sujeito à alta variabilidade. Num cenário como este, é mais seguro utilizar as informações da biblioteca para formular uma dieta.

Uma forma de padronizar e comparar resultados entre experimentos é utilizar o farelo de soja como controle interno. A figura 5 apresenta a caracterização dos ingredientes em relação à composição do farelo de soja do mesmo experimento em que cada alimento foi analisado. Ou seja, o valor para cada métrica do farelo de soja é considerado 100% e as métricas dos outros alimentos são apresentadas de forma relativa ao farelo de soja.

Ingredientes proteicos em relação ao farelo de soja no mesmo experimento

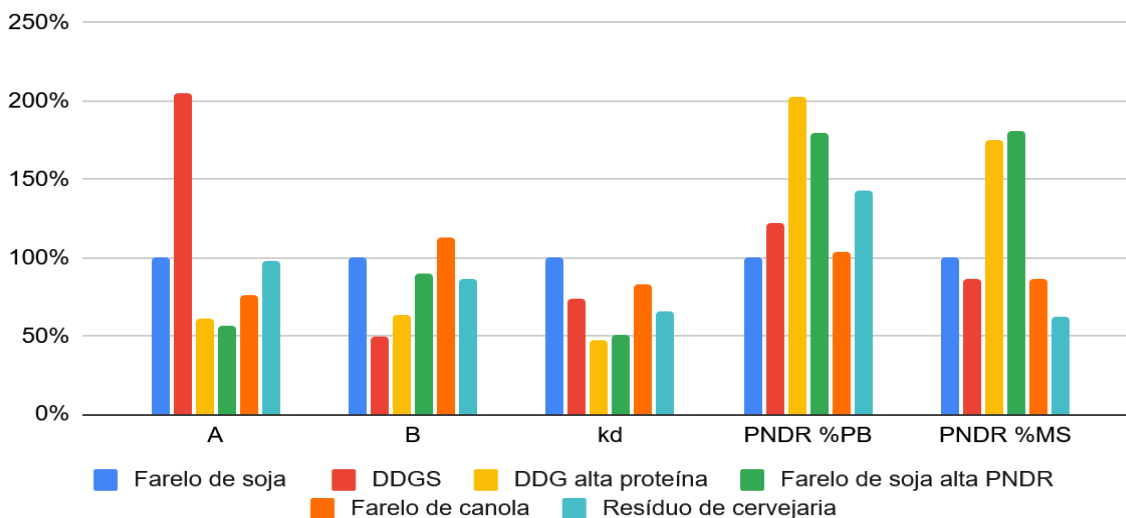


Figura 5. Caracterização de ingredientes proteicos em relação à do farelo de soja.

Esse tipo de análise pode ser útil para comparar os custos dos ingredientes de forma mais justa. No entanto, a avaliação ainda está incompleta por não incluir os dados de digestibilidade intestinal da PNDR (análises em andamento). Como já mencionado anteriormente, alguns processos que reduzem a degradação ruminal da proteína podem também indisponibilizar o nutriente para digestão intestinal e acabar destinando-o para as fezes. Outro ponto que deve ser levado em consideração na escolha dos ingredientes é a composição de AA e o custo por grama de AA digestível. Este assunto será abordado em mais detalhes no próximo tópico do texto.

Combinação de fontes proteicas como estratégia nutricional

O avanço dos modelos nutricionais trouxe a possibilidade de formular dietas para AA metabolizáveis. Como mencionado anteriormente, a exigência do animal não é definida por gramas de proteína, mas de AA. Além disso, com o conhecimento que temos hoje, sabemos que a síntese de proteína do leite é uma resposta ao aporte não apenas de 5 AA (met, lis, leu, his, ile), mas também da energia da dieta. Uma maneira de manipular o aporte de AA específicos é utilizando AA sintéticos protegidos da degradação ruminal. Atualmente somente dois deles são comercializados de forma consolidada no mercado, metionina e lisina. Os levantamentos apresentados neste texto mostram que a utilização destes produtos é uma estratégia explorada com mais frequência pelos nutricionistas em rebanhos de alto desempenho.

No entanto, outra estratégia interessante para manipular o perfil de AA da dieta é a combinação de diferentes fontes proteicas (que vamos chamar aqui de blend proteico). A tabela 3 traz alguns exemplos de dietas formuladas no NASEM (2021), com o objetivo de compreendermos um pouco mais a respeito desta estratégia. A primeira opção é uma dieta utilizando apenas os ingredientes mais comuns em dietas brasileiras, ou seja, milho e soja. Para comparar com essa dieta “tradicional”, apresentamos dietas que trazem o conceito de blend proteico, adicionando às dietas DDGS, caroço de algodão, resíduo de cervejaria úmido e farelo

de canola. As dietas foram formuladas para atender, sem excesso ou deficiência, o aporte energético para produção de leite e para produzirem a mesma quantidade de proteína do leite, estimada pelo fluxo de AA e energia.

Tabela 3. Efeito da substituição de um ingrediente proteico por blends proteicos¹ na composição da dieta² e eficiência de utilização dos AA.

| | FS | FS + DDGS | FS + DDGS + CA | FS + DDGS + CA + RCU | FS + DDGS + CA + FC |
|----------------------------------|-------|-----------|-------------------|-------------------------|------------------------|
| % PB | 18.8 | 18.4 | 17.6 | 17.8 | 17.9 |
| % FDN | 28.5 | 29.4 | 31.2 | 31 | 30.9 |
| % Amido | 30 | 30.1 | 29.1 | 29.4 | 29.2 |
| % PDR | 12.9 | 12 | 11.7 | 11.8 | 11.9 |
| ELI, Mcal/kg | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.79 |
| PM/EM | 40.02 | 38.35 | 37.74 | 38.16 | 38.28 |
| <i>Eficiência AA³</i> | | | | | |
| His | 0.73 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.73 |
| Ile | 0.59 | 0.58 | 0.61 | 0.61 | 0.61 |
| Leu | 0.67 | 0.61 | 0.65 | 0.64 | 0.65 |
| Lys | 0.66 | 0.68 | 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| Met | 0.77 | 0.73 | 0.76 | 0.75 | 0.75 |
| Phe | 0.54 | 0.51 | 0.54 | 0.54 | 0.54 |
| Thr | 0.58 | 0.56 | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| Trp | 0.73 | 0.73 | 0.78 | 0.77 | 0.77 |
| Val | 0.66 | 0.64 | 0.67 | 0.66 | 0.67 |

¹FS = farelo de soja, DDGS = grãos de destilaria secos com solúveis, CA = caroço de algodão, RCU = resíduo úmido de cervejaria, FC = farelo de canola.

²Dieta formulada para atender uma vaca de 730 kg, 180 DEL, produzindo 40 L/d, com 3,8% de gordura, 3% de proteína e 4,75% de lactose.

³Eficiências alvo para cada AA (NASEM, 2021): His (0,75), Ile (0,71), Leu (0,73), Lys (0,72), Met (0,73), Phe (0,6), Thr (0,64), Trp (0,86), Val (0,74).

O primeiro ponto que merece destaque nas dietas acima é o teor de PB. À medida que aumentamos o número de fontes proteicas na dieta, o teor de PB das dietas foi reduzido, e a relação entre PM/EM ficou mais adequada (36-38 g/Mcal). Quando a formulação tem como objetivo a resposta em proteína do leite a partir do fluxo de AA e energia, a PB da dieta passa a ser apenas uma consequência, e não uma métrica da formulação. Assim, a combinação de fontes proteicas aparece como oportunidade para efetivamente reduzir o teor de PB das dietas sem redução no desempenho. Esse efeito acontece devido à diversificação do perfil de AA no intestino, “cobrindo” lacunas de AA que eram mais deficientes nas dietas originais apenas com farelo de soja e reduzindo a quantidade excessiva de outros AA, como principal exemplo em dietas brasileiras ricas em soja, a lisina.

Os dados de eficiência de uso dos AA reportados na tabela 3 demonstram como ela muda de acordo com os ingredientes proteicos da dieta. Em relação à dieta somente com farelo de soja, a eficiência de alguns AA é reduzida e de outros é aumentada com os blends proteicos, mas de modo geral sempre se aproximando dos valores considerados “alvo”. Assim, fica claro que o que possibilitou a redução no teor de PB das dietas sem redução de desempenho com os blends foi o melhor balanceamento do perfil de AA dietético.

O uso de blends proteicos leva a um uso mais eficiente da proteína absorvida no intestino pela melhor combinação de AA comparativamente a uma dieta de apenas uma fonte proteica. Outro ponto interessante é que nas dietas discutidas acima, a produção de leite e proteína do leite foi mantida constante. Mas na prática não é raro observar aumentos na produção de leite corrigido para energia ao melhorar o perfil de AA das dietas. Sabemos que AA, além de constituintes de todas as proteínas do corpo, são importantes reguladores bioquímicos, estimuladores de expressão gênica ou velocidade de síntese de diversas enzimas dentro das células, envolvidas em uma variedade de processos anabólicos.

Explorando os levantamentos apresentados na figura 4, é possível traçar uma relação entre o número de fontes proteicas utilizadas nas dietas e a produtividade média das fazendas, como mostra a figura 5.

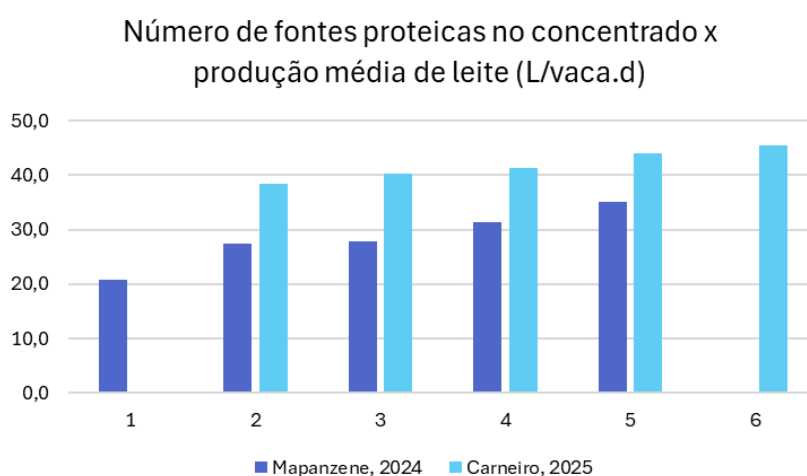


Figura 5. Produção média de leite de acordo com o número de concentrados ingredientes proteicos nos levantamentos de Mapanzene, 2024 e Carneiro, 2025.

Essa associação entre as variáveis (leite vs número de ingredientes proteicos) não permite interpretar o que é causa e o que é consequência. Vacas de alta produção exigem mais ingredientes para atender a demanda nutricional ou o uso de mais ingredientes promove uma melhor combinação de AA que melhora o desempenho? Pensando em um modelo de resposta como o NASEM (2021), o segundo caso passa a ser mais provável, assumindo que existe um potencial genético e fisiológico (estágio de lactação) a ser explorado.

Para validar o conceito do blend proteico como estratégia nutricional para melhorar desempenho e eficiência de utilização do N dietético, o INPPAR conduziu um experimento com 258 vacas em lactação em uma fazenda comercial no Paraná (Agropecuária Arkafila) em que uma dieta mais “tradicional”, cuja proteína vinha majoritariamente de soja, foi comparada a uma dieta em que se incorporou o conceito de blend proteico (de Souza et al., 2025). Além disso, a resposta à suplementação com metionina protegida da degradação ruminal foi avaliada nas duas dietas. As dietas experimentais foram alimentadas por 6 semanas e os resultados do experimento estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com farelo de soja ou blends proteicos, com e sem suplementação de metionina.

| | SOJA | | BLEND | | EPM | <i>P valor</i> | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|----------------|--------|-----------|
| | CON | MET | CON | MET | | Dieta | MET | Dieta*MET |
| Leite, kg/d | 57,9 | 57,7 | 57,9 | 58,5 | 0,75 | 0,60 | 0,80 | 0,56 |
| LCE, kg/d | 55,4 | 56,8 | 53,5 | 55,4 | 1,07 | 0,01 | < 0,01 | 0,66 |
| Gordura, g/d | 1907 | 1959 | 1729 | 1832 | 40,2 | < 0,01 | < 0,01 | 0,34 |
| Proteína, g/d | 1882 | 1974 | 1957 | 2001 | 34,8 | 0,02 | < 0,01 | 0,28 |
| Caseína, g/d | 1480 | 1551 | 1539 | 1568 | 28,0 | 0,03 | < 0,01 | 0,23 |
| Lactose, g/d | 2759 | 2737 | 2748 | 2780 | 36,1 | 0,64 | 0,89 | 0,45 |
| Gordura, % | 3,29 | 3,37 | 2,98 | 3,10 | 0,07 | < 0,01 | 0,01 | 0,58 |
| Proteína, % | 3,25b | 3,43a | 3,37a | 3,41a | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Caseína, % | 2,55b | 2,69a | 2,65a | 2,68a | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Lactose, % | 4,77 | 4,75 | 4,75 | 4,75 | 9 | 0,39 | 0,44 | 0,23 |
| NUL, mg/dL | 11,7b | 12,5a | 9,8c | 11,7b | 0,16 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| CCS linear, 1 a 9 | 1,99 | 2,08 | 2,25 | 2,34 | 0,10 | 0,01 | 0,36 | 0,96 |

O que os resultados deste trabalho nos sugerem é que as duas estratégias de balancear AA na dieta (blend proteico ou suplementação com AA protegido) foram eficazes em aumentar a produção e o teor de proteína do leite. No entanto, somente o blend foi capaz de reduzir o N ureico no leite, sugerindo melhor eficiência de uso do N. Por outro lado, essa estratégia reduziu a produção de leite corrigido para energia devido a menor produção de gordura do leite, possivelmente pelo alto teor de ácido linoleico (C18:2) que essas dietas atingiram. O DDG que foi incluído na estratégia blend proteico era rico em C18:2, principal ácido graxo no óleo de Milho. Ao ser biohidrogenado no rumen sob condições de pH baixo, ou em grandes quantidades, o C18:2 é parcialmente convertido em CLA trans-10, cis-12, um potente e reconhecido inibidor da síntese de gordura do leite no tecido mamário.

Ampliar as fontes de ingredientes proteicos em dietas de vacas de alta produção vai além de algo conceitual para uma necessidade prática conforme a exigência dos animais aumenta, principalmente quando visamos atingir altos desempenhos com alta eficiência biológica e financeira. Aplicar tal conceito nos permite utilizar de modo mais eficiente a proteína dietética e também reduzir os riscos associados a flutuações na composição dos ingredientes ao longo do tempo. “Apostar todas as fichas” em apenas um ou dois ingredientes incorpora uma grande dependência de que o perfil nutricional seja consistente e conhecido ao longo do tempo, entre fornecedores, entre safras e outros fatores. Em contrapartida, com o uso de mais ingredientes a formulação é menos dependente destes fatores.

Comumente ouvimos no campo alguns conceitos que devem ser questionados ao trabalhar com vacas leiteiras modernas, como por exemplo a compartimentalização dos ingredientes em proteicos, energéticos, fibrosos, entre outros. Somado a isso, criam-se premissas à sua inclusão nas dietas baseadas, por exemplo, no custo de cada nutriente, em específico nesta discussão, custo por kg de proteína. Assumir tal premissa subestima ou minimiza qualquer interação que diversos ingredientes trazem consigo e com suas características físicas e bromatológicas, bem como composição de AA, digestibilidade da

PNDR, perfil e concentração de ácidos graxos, entre outras. Compreender que cada ingrediente contribui não apenas com seu macro elemento principal, mas que existe uma complexa interação entre os alimentos da dieta e todas as suas especificidades nutricionais, é fundamental para decidir quais ingredientes utilizar, como acomodá-los nas formulações e qual seu real valor dentro da dieta.

Referências

- BRODERICK, G. A.; LOPES, J. C.; REYNAL, S. M.; CLAYTON, M. K. Chemical and ruminal in vitro evaluation of Canadian canola meals produced over 4 years. *Journal of Dairy Science*, v. 99, p. 7956-7970, 2016. doi:10.3168/jds.2016-11000.
- BRITO, A. F.; BRODERICK, G. A. Effects of different protein supplements on milk production and nutrient utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p. 1816-1827, 2007.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M. D. A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 1465-1471, 1995.
- DE SOUZA, G. M.; REZENDE, J. P. A.; OLIVEIRA, V. A.; SANTOS, M. C. S.; PIMENTA, L. C. B.; CARNEIRO, J. H.; LOPES, F.; DANES, M. A. C. Effects of diversifying protein sources on the response of high-producing dairy cows to rumen-protected methionine. *Journal of Dairy Science Abstracts*, 2025 ADSA Annual Meeting, Kentucky, 2025.
- GARGALLO, S.; CERDEÑO, A.; GÓMEZ, A.; STERN, M. D. Technical note: A modified three-step in vitro procedure to determine intestinal digestion of proteins. *Journal of Animal Science*, v. 84, p. 2163-2167, 2006. doi:10.2527/jas.2004-704.
- MAPANZENE, C. *Levantamento sobre a nutrição proteica de vacas em lactação com nutricionistas brasileiros*. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2024.
- MAXIN, G.; OUELLET, D. R.; LAPIERRE, H. Effect of substitution of soybean meal by canola meal or distillers grains in dairy rations on amino acid and glucose availability. *Journal of Dairy Science*, v. 96, p. 7806-7817, 2013.
- MUTSVANGWA, T.; KIRAN, D.; ABEYSEKARA, S. Effects of feeding canola meal or wheat dried distillers grains with solubles as a major protein source in low-or high-crude protein diets on ruminal fermentation, omasal flow, and production in cows. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n. 2, p. 1216-1227, 2016.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE (NASEM). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 8th rev. ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2021.

Compreendendo as particularidades das vacas primíparas modernas: métricas, agrupamento e caracterização nutricional

Rodrigo de Almeida^{1,2}

Giorgia D'Albuquerque Zancan Bueno³

Marianna Marinho Marquetti²

Larissa de Souza Nogueira²

Amanda Schroh Peres²

Jorge Henrique Carneiro⁴

Introdução

Rebanhos leiteiros brasileiros, principalmente os mais produtivos e os predominantemente formados por vacas da raça Holandês, estão ficando cada vez mais jovens. Assim, vacas primíparas ou de primeira lactação estão aumentando sua proporção nos rebanhos. Embora o NASEM (2021) sugira a métrica de 40% de vacas primíparas em rebanhos leiteiros, já há fazendas no sul do Brasil em que esta proporção está alcançando 45-50%, ou praticamente metade de todas as vacas em lactação de um rebanho.

Mas por que nossos rebanhos estão ficando mais jovens? Nos últimos meses fizemos esta pergunta a alguns produtores que são referência na região dos Campos Gerais do Paraná e as respostas foram: 1) primíparas têm produções cada vez mais próximas das múltiparas; 2) primíparas têm menor incidência de doenças metabólicas e infecciosas; 3) primíparas têm menos mastite clínica e menor contagem de células somáticas (CCS); e 4) primíparas tem mais rápida reconcepção. E acrescentamos uma última razão: 5) porque nossas vacas adultas não estão alcançando produções tão altas quanto deveriam! Ainda temos dúvidas do porquê isto está acontecendo, mas acho este assunto merece, pelo menos, ser discutido.

Assim, a motivação deste artigo é explicar quais as razões que levaram a este aumento, bem como discutir os prós e os contras de tal mudança. Ainda, como esta mudança parece ser definitiva (ou pelo menos persistirá por um bom tempo), vamos discutir as principais particularidades deste grupo de vacas, e sugerir práticas de manejo e alimentação para atender este grupo tão especial de vacas.

Aumento na proporção de primíparas em rebanhos leiteiros do Paraná

As informações relacionadas à estrutura e à dinâmica populacional dos rebanhos ao longo do tempo desempenham um papel estratégico na compreensão do desempenho produtivo,

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná (UFPR).

²Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Paraná (UFPR).

³Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal do Paraná (UFPR).

⁴Consultoria Dairy Inside, Castro, PR.

permitindo o aprimoramento do planejamento reprodutivo, do manejo zootécnico e da gestão econômica das propriedades (CERQUEIRA, 2015).

A longevidade tem sido apontada como importante indicador de saúde e bem-estar dos rebanhos, refletindo diretamente as práticas de manejo adotadas (DE VRIES et al., 2020). Entretanto, conforme demonstrado por Hu et al. (2021), a maior produtividade e lucratividade são geralmente alcançadas entre a terceira e a quinta lactações, o que contrasta com a realidade atual de rebanhos compostos por grande proporção de vacas com apenas uma a três lactações.

Essa redução na longevidade produtiva está fortemente associada às principais causas de descarte involuntário, como problemas reprodutivos, mastite e elevada CCS e problemas locomotores (ALMEIDA et al., 2025). De Vries et al. (2020) destacaram que a composição ótima de um rebanho depende do equilíbrio entre o custo de oportunidade associado à genética, os custos de reposição, a perda de maturidade produtiva, os custos de manutenção de vacas mais velhas e o valor econômico do bezerro. Neste cenário, o custo atual (agosto/2025) da criação de uma novilha leiteira, estimado em R\$ 11.400,00 na região de Carambeí, Paraná (Maihury Corrêa Santo, comunicação pessoal), se torna um fator determinante nas decisões de descarte e renovação do plantel.

Em relação às curvas de lactação, Evangelista (2021) avaliou milhares de lactações de vacas Holandesas em controle leiteiro oficial no Paraná. Verificou-se que vacas primíparas (P1) atingiram o pico aos $96 \pm 0,4$ dias, com produção média de $32,58 \pm 0,07$ kg/d no pico. Vacas secundíparas (P2) apresentaram pico em $63 \pm 0,4$ dias e produção média de $40,82 \pm 0,07$ kg/d. Já vacas múltiparas atingiram o pico aos $60 \pm 0,4$ dias, com produção média de $43,36 \pm 0,08$ L/d no pico. Como esperado, vacas primíparas apresentam picos menores e mais tardios, mas apresentam maior persistência de lactação, tanto que após 8-9 meses de lactação, as produções de primíparas e múltiparas são similares.

No estudo de Bueno et al. (2024), observou-se uma predominância de rebanhos localizados na região Centro-Oriental do Paraná, especialmente nos municípios de Castro, Carambeí e Arapoti, destacando-se pelo alto nível de adesão a programas de controle zootécnico. A média de lactações por vaca foi de $2,28 \pm 1,40$ (variando de 1 a 14 lactações) e a idade média ao parto foi de $44,4 \pm 22,7$ meses. A análise da estrutura demográfica revelou um aumento expressivo na proporção de vacas primíparas, com 181.122 lactações (37,82%) de P1, superando as 128.084 lactações (26,74%) de P2 e as 169.748 lactações (35,44%) de P3+.

O mais surpreendente na análise destes dados foi a mudança na proporção de vacas de distintas paridades, ao longo das últimas duas décadas; no início da década de 2000, 35% das vacas lactantes eram primíparas, hoje são 42%. Por outro lado, novamente no início da década de 2000, 40% das vacas lactantes eram múltiparas (vacas de 3 ou mais partos); hoje esta proporção é de somente 33%. Este crescimento na participação de primíparas indica uma tendência de renovação acelerada do plantel, o que traz implicações diretas sobre produtividade, manejo sanitário e planejamento genético.

Os dados de Bueno et al. (2024) também mostraram um avanço fenotípico anual significativo, com incremento médio de $128,30 \pm 0,55$ kg de leite/ano, $6,14 \pm 0,02$ kg de gordura/ano e $5,05 \pm 0,02$ kg de proteína/ano. Os teores de gordura subiram de 3,20% no início dos anos 2000 para cerca de 3,65% atualmente, enquanto os de proteína aumentaram de 2,96% para 3,25% atualmente. A partir de 2011, com a introdução dos sistemas de pagamento do leite por qualidade e a adoção de avaliações genômicas, os ganhos em produtividade foram ainda mais expressivos. No início dos anos 2000, a produção de vacas primíparas correspondia a 85% da produção das múltiparas ($P1/P3+ = 0,85$) e a das secundíparas correspondia a 98% ($P2/P3+ = 0,98$). Atualmente, essas relações aumentaram para $P1/P3+ = 0,90$ e $P2/P3+ = 1,02$, o que

demonstra que vacas mais jovens vêm expressando desempenhos produtivos cada vez mais próximos e até superiores aos das múltíparas. Tendências semelhantes foram observadas para as produções de gordura e proteína, com primíparas e secundíparas Holandesas produzindo, respectivamente, cerca de 92% e 102% dos sólidos totais produzidos por múltíparas.

Peso corporal adulto de rebanhos Holandês e Jersey em fazendas brasileiras

Programas de formulação utilizam como dado de entrada estimativas de peso corporal dos animais para suas equações de exigências, indispensáveis na formulação de dietas utilizadas em fazendas de gado leiteiro. Ao avaliarmos os diferentes capítulos do NASEM (2021) constatamos que mais de 70 equações de predição de exigências são dependentes do peso corporal como input ou dado de entrada.

Um dos grandes objetivos na criação de bovinos leiteiros é atingir o peso corporal ideal, ou *target body weight* (TBW), que é obtido a partir da relação entre o peso corporal vivo ou *living body weight* (LBW) e o peso corporal maduro ou adulto, conhecido por *mature body weight* (MBW). Segundo Fox et al. (1999), NRC (2001) e NASEM (2011), vacas leiteiras geralmente atingem o peso corporal adulto (ou à maturidade) entre a terceira e quarta lactação.

Em estudo conduzido por Busanello et al. (2025), buscou-se verificar se os valores de peso corporal adulto estavam sendo atingidos em animais das raças Jersey e Holandesa, comparando-os com valores de peso corporal vivo. Segundo os autores, as recomendações relacionadas ao peso corporal adulto não podem ser aplicadas igualitariamente às duas raças. Para isso, foram realizadas mensurações do peso corporal em rebanhos comerciais de vacas leiteiras nas regiões de Castro e Carambeí, Paraná, utilizando 19 rebanhos da raça Holandês e 9 rebanhos da raça Jersey, ambos com análises tanto de novilhas quanto de vacas.

Para a mensuração do peso corporal vivo dos animais, foi utilizada a fita de pesagem, adaptada à raça do rebanho, ou seja, animais da raça Holandesa foram pesados na linha demarcada para raças grandes, enquanto o gado Jersey foi pesado na linha demarcada para animais de porte pequeno. A estimativa do peso corporal adulto foi realizado para ambas as raças nos seguintes estágios da vida das bezerras e novilhas: desmame (aos 2 meses de idade), 6 meses de idade e início da reprodução (13 meses de idade para a raça Jersey e 15 meses de idade para a raça Holandesa). Já a medição do peso corporal vivo das vacas em lactação foi obtida a partir da média do peso para cada paridade. Neste estudo, o peso corporal à maturidade estimado foi de 705 kg para o Holandês e 460 kg para o Jersey.

A partir dos resultados obtidos, observou-se diferença significativa no peso corporal entre paridades na raça Holandesa, em que primíparas apresentaram o menor PV (606 kg), seguidas pelas secundíparas, com aproximadamente 655 kg. Não houve diferença significativa entre animais de terceira e quarta lactação (679 kg e 684 kg, respectivamente). Já os resultados de animais da raça Jersey demonstraram diferença significativa entre todas as ordens de lactação no que diz respeito ao peso corporal. Primíparas novamente demonstraram o menor PV (410 kg), secundíparas obtiveram média de peso corporal de 428 kg, animais de terceira lactação apresentaram em média 446 kg e da quarta lactação em diante, os animais apresentaram aproximadamente 475 kg. No comparativo entre os valores ideais de peso corporal, animais de ambas as raças apresentaram desempenho satisfatório no que diz respeito ao crescimento esperado.

Para vacas Holandesas em lactação, as proporções de peso em comparação ao peso corporal adulto esperado foram de encontro ao proposto por Fox et al. (1999) e NASEM (2021),

que sugerem que primíparas tenham 85% do peso corporal adulto, obtendo no presente estudo um valor de 84% do peso corporal adulto para esse estágio de crescimento, e que secundíparas tenham 92% do peso adulto de uma vaca, tendo nesse estudo um tamanho referente a 96% do tamanho de uma vaca adulta. O gado Jersey extrapolou ambas as mensurações para primíparas e secundíparas, apresentando respectivamente 93% e 97% de peso corporal vivo de uma vaca adulta nestes estágios de crescimento. Animais de terceira lactação de ambas as raças demonstraram aproximadamente 98% do peso corporal ideal de uma vaca adulta, sugerindo então que a 3º ordem de parição não é o momento em que o animal atinge o peso corporal adulto, mas sim, que esse peso é atingido na quarta lactação, o que vai de encontro aos estudos de Fox et al. (1999), e de certa forma, contradiz o exposto pelo NRC (2001) e NASEM (2021). Apesar disso, não houve diferença estatística entre a terceira e a quarta lactação em animais da raça Holandesa.

Como conclusões finais, os autores observaram diferenças no peso corporal entre partições para ambas as raças Holandesa e Jersey em vacas em lactação. Todas as classes de parição (1º, 2º e 3º parto e acima) tiveram diferença de peso, com exceção das vacas de raça Holandesa de 3º parto ou mais. Isso sugere que vacas da raça Jersey seguem seu crescimento até a 4º parição, contradizendo o NRC (2001) e o NASEM (2021), que afirmam que os animais atingem o peso adulto já na 3º lactação.

Um outro assunto que tem nos chamado a atenção em rebanhos Holandeses de alta produtividade é a tendência de as novilhas parirem mais pesadas. Ao invés de parirem com 550 e 600 kg (80-85% do peso adulto), alguns rebanhos têm buscado pesos à 1ª parição ainda mais elevados, entre 650 e 700 kg PC. Por muitas décadas, acreditou-se que um excesso de ganho de peso na recria, e particularmente no período de crescimento alométrico da glândula mamária (entre 3 e 12 meses de idade), seria prejudicial ao futuro desempenho produtivo das vacas. Num banco de dados formado por mais de 2.000 novilhas Holandesas oriundas de 5 grandes rebanhos brasileiros (Jorge Henrique Carneiro, comunicação pessoal), constatou-se que as primíparas mais produtivas foram aquelas que pariram com PC ao redor de 700 kg, um peso surpreendentemente alto para primíparas. Sempre acreditamos que este elevado PC numa idade tão precoce poderia sacrificar desenvolvimento de tecido mamário e por conseguinte desempenho produtivo, mas parece que o crescimento acelerado e combinado com satisfatórias concentrações proteicas na dieta, não é tão prejudicial quanto imaginávamos.

Este resultado foi parcialmente confirmado com resultados recentes de um estudo conduzido em um grande rebanho comercial de Indiana, EUA, com 3.720 primíparas (SIMONDS et al., 2025). O quartil de maior PC ao parto (707 kg em média) e maior GMD na recria (0,88 kg/d) produziu o maior volume de leite na primeira lactação, mesmo quando genomicamente ajustado.

Comportamento de primíparas ao periparto

Considerando que é a primeira vez que vacas primíparas experienciam as mudanças advindas do parto e da lactação, é natural que o comportamento delas seja notavelmente diferente comparado ao comportamento de vacas múltiparas. Durante seu primeiro período periparto, vacas leiteiras enfrentam várias novas experiências e podem ser mais suscetíveis a fatores estressores decorrentes de mudanças no manejo.

A diferença de comportamento já é notada durante o pré-parto. E isso pode estar relacionado com o status desse grupo dentro dos lotes, em geral as nulíparas, por serem menores e mais jovens são submissas às vacas com mais lactações (PROUDFOOT & HUZZEY, 2022).

Assim as novilhas próximas ao 1º parto usualmente sofrem com mais competição no cocho e precisam aprender a lidar com as novas interações sociais (FORIS et al., 2020).

No momento do parto, as nulíparas tendem a se afastar por mais tempo dos outros animais do lote, além de preferirem ficar isoladas (LIDFORS et al., 1994). Ao contrário de vacas múltiparas que deixam outras vacas se aproximarem em menos tempo e não tendem a se afastar por longas distâncias. Além de terem partos mais longos, as nulíparas parecem adotar uma postura mais inquieta próximo ao parto. É possível observar que as nulíparas tendem a apresentar o comportamento de levantar a cauda cerca de duas horas em relação as múltiparas (MIEDEMA et al., 2011). Durante as 24 horas que antecedem o parto as nulíparas são mais ativas do que as múltiparas, andam mais e mudam de postura com maior frequência, ou seja, deitam-se e voltam a ficar em pé mais vezes (CREUTZINGER et al., 2021). É importante ressaltar essas características em rebanhos que possuem limitações de espaço, com lotes superlotados e mistos, isto é, com novilhas junto a vacas mais velhas. Nestes cenários as nulíparas têm mais dificuldade em expressar o seu comportamento natural durante o parto e sofrem mais com as interações sociais. Por isso é importante garantir que nos lotes pré-parto existam locais propícios para que as nulíparas consigam se afastar das outras, além de espaço suficiente para que elas consigam expressar o comportamento de movimentação nas horas que antecedem o parto, garantindo o bem-estar animal e respeitando as diferenças comportamentais naturais das nulíparas.

As mudanças no pós-parto são sentidas tanto por múltiparas como por primíparas, mas é notável que a primeira lactação oferece desafios ainda maiores. Apesar do reagrupamento frequente de lotes durante o período de transição, é na entrada no lote pós-parto que as vacas sofrem o maior estresse. Normalmente, as vacas são realocadas nos lotes de vacas secas e de pré-parto em grupos, com vários animais mudando de grupo ao mesmo tempo. Esse tipo de manejo facilita a reorganização social dentro dos lotes. No entanto, quando se trata do lote pós-parto, tipicamente as vacas são realocadas sozinhas ou em grupos muito menores, já que esta mudança é dependente do parto. Nesse caso, os animais sofrem mais para se adaptar à nova hierarquia social. Para as primíparas, que já ocupam posições mais baixas na hierarquia social, entrar em um novo grupo sozinhas pode ocasionar em muitos desafios comportamentais, desde a frequência de alimentação até o descanso.

Um estudo conduzido por Mazer et al. (2020) mostrou que primíparas que entram no lote de lactação sozinhas secretam mais cortisol nos primeiros quatro dias do que vacas que são realocadas acompanhadas, e o estresse afeta a produtividade dessas vacas. Para mitigar os efeitos do realojamento sugere-se que as primíparas sejam transferidas sempre com ao menos uma parceira que já seja conhecida, evitando colocar primíparas sozinhas com grupos de múltiparas desconhecidas. Também é recomendado que as primíparas tenham lotes exclusivos quando possível, a fim de evitar a competição com animais mais velhos. Mas em casos em que essa separação não é possível, pode optar pelo manejo *all-in-all-out* (COOK, 2019), em que um grupo de vacas é sempre realocado ao mesmo tempo, evitando colocar vacas sozinhas frente a reorganização social. Além de sempre que possível optar por lotes com menor densidade animal para as primíparas, para assegurar que estas possam se alimentar, deitar e se adaptar ao novo ambiente social.

A adaptação a lactação também exige das primíparas a adaptação a nova alimentação. Um estudo conduzido por Neave et al. (2017) mostra que as vacas de primeira lactação se alimentam mais lentamente e visitam o cocho mais vezes ao dia do que as vacas múltiparas, e ainda assim consomem menores quantidades proporcionalmente ao seu peso corporal do que as vacas mais velhas durante as primeiras semanas em lactação. O comportamento de alimentação das primíparas também é influenciado pela competição ou não com vacas

multíparas. As primíparas tendem a evitar os momentos de pico no cocho, justamente pela competição com vacas maiores e dominantes, e por conta disso consomem ainda menos durante as três primeiras semanas pós-parto.

O início da lactação é especialmente desafiador para as primíparas quando se trata de mudanças no manejo, já que é a primeira vez que estas vacas são ordenhadas e devem entrar em uma sala de ordenha. O estresse que as primíparas sofrem aumenta a liberação de cortisol, o que para algumas vacas pode inibir a liberação de ocitocina (BOBIC et al., 2011). O estresse está associado tanto ao ambiente que não é familiar, a própria ordenha e ao manejo dos funcionários. É comum, que ao entrar na ordenha, um ambiente desconhecido, as primíparas fiquem assustadas e relutantes a entrarem nos postos de ordenha. Diante desse comportamento os funcionários tendem a ser mais incisivos no tratamento das vacas, o que acarreta aumento do estresse. É possível observar que primíparas que passam por esse tipo de manejo ficam mais inquietas durante a ordenha, dando coices e se movimentando mais, além de apresentarem maior frequência cardíaca e terem maior volume de leite residual do que vacas que são manejadas mais calmamente (RUSHEN et al., 1999). Uma saída para amenizar o estresse dos animais e melhorar o manejo na sala de ordenha, é treinar as novilhas a entrar nos postos de ordenha antes do parto. Esse tipo de manejo ajuda os animais a se acostumarem com as instalações e reduz a inquietação nas primeiras ordenhas durante a primeira lactação.

Equações de predição de consumo para primíparas do NASEM

A precisão da predição do consumo de matéria seca (CMS) é essencial na formulação de dietas para vacas leiteiras em lactação, uma vez que todas as exigências nutricionais dos animais devem ser atendidas e balanceadas com base no consumo, que na maioria dos cenários é teórico. Muitos modelos matemáticos foram desenvolvidos ao longo dos anos para prever o CMS de vacas, e tanto as características dos animais quanto as características dos alimentos devem ser consideradas para o estabelecimento de dietas adequadas e predições de CMS. As equações atualizadas propostas pela edição de 2021 da National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM), sugeriram um modelo de predição utilizando somente as características do animal e outro também considerando características do alimento.

A equação atualizada proposta pelo NASEM (2021), desenvolvida por De Souza et al. (2019) com base em fatores relacionados apenas às características do animal, é a seguinte:

$$\text{CMS (kg/d)} = [3,7 + \text{Paridade} \times 5,7] + 0,305 \times \text{EnL} + 0,22 \times \text{PV} + (-0,689 - 1,87 \times \text{Paridade}) \times \text{ECC} \times [1 - 0,212 + \text{Paridade} \times 0,136] \times e^{(-0,053 \times \text{DEL})}$$

Equação 1, onde:

EnL = energia do leite (Mcal/d), PV = peso vivo em kg, ECC = escore de condição corporal (escala de 1 a 5), Paridade = escala de 0 (primíparas) a 1 (multíparas), DEL = dias em lactação.

A segunda equação proposta pelo NASEM (2021), foi desenvolvida por Allen et al. (2019). Esta equação considera características dos alimentos e fatores relacionados ao efeito de enchimento das dietas, além de fatores animais, sendo definida como:

$$\text{CMS (kg/d)} = 12,0 - 0,107 \times \text{FDNf} + 8,17 \times \text{FDA/FDN} + 0,0253 \times \text{DIVFDNf} - 0,328 \times (\text{FDA/FDN} - 0,602) \times (\text{DIVFDNf} - 48,3) + 0,225 \times \text{PL} + 0,00390 \times (\text{DIVFDNf} - 48,3) \times (\text{PL} - 33,1)$$

Equação 2, onde:

FDNf = teor de FDN de forragem na dieta (%), FDA/FDN = fração de FDA em relação à FDN na dieta, DIVFDNf = digestibilidade in vitro da FDN de forragem, PL = produção de leite (kg/d).

Uma avaliação conduzida por Nogueira et al. (2023) avaliou as equações atualizadas para a predição de CMS em comparação com a antiga equação de predição de CMS proposta pelo NRC (2001) para lotes de primíparas. O estudo utilizou dados de 17 lotes exclusivos de primíparas de rebanhos comerciais localizados no estado do Paraná, Brasil. O modelo proposto pelo NASEM considerando apenas fatores animais apresentou o melhor desempenho na predição, com menor erro quadrático médio (RMSE = 0,60 kg/d ou 2,53%), maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,95$) e sem viés significativo de média ou de inclinação (-0,01 e 0,08 kg/d, respectivamente), indicando alta precisão e confiabilidade na predição de CMS para vacas de primeira lactação. Em comparação, o modelo do NRC (2001) mostrou tendência de superestimativa (viés médio=0,45 kg/d) com $R^2=0,85$ e RMSE=1,10 kg/d ou 4,63%, enquanto o modelo NASEM considerando fatores dietéticos teve desempenho inferior ($R^2=0,63$; RMSE=1,82 kg/d; viés médio=0,38 kg/d). Esse estudo mostrou que modelo de predição do NASEM (2021) que considera exclusivamente fatores animais é mais eficiente em estimar CMS de vacas primíparas em comparação com o modelo anterior. E que a equação que considera os fatores da dieta é limitada para esse grupo de vacas jovens, muito provavelmente pela limitação física do trato gastrointestinal de primíparas; assim, o que é estimado pela equação não reflete a capacidade de consumo real das vacas.

A capacidade de prever com precisão o CMS permite ajustes mais eficientes na formulação de dietas, especialmente em rebanhos comerciais de alta produção, onde a individualização do manejo alimentar é mais limitada. A nutrição de precisão pode ser uma forte aliada para facilitar a adaptação das vacas na primeira lactação, e utilizar as ferramentas mais eficientes é o primeiro passo para potencializar o desempenho das vacas leiteiras.

Estresse térmico no final da gestação e o comprometimento no desempenho das vacas primíparas

Laporta et al. (2020) evidenciaram que o estresse térmico enfrentado por vacas no terço final da gestação pode comprometer de forma significativa o desempenho produtivo de suas descendentes. Em um estudo conduzido ao longo de dez anos, observou-se que as filhas (F1) de vacas que não receberam resfriamento nesse período produziram, em média, 2,2 kg/dia a menos de leite na primeira lactação, 2,3 kg/dia a menos na segunda e até 6,5 kg/dia a menos na terceira, em comparação com filhas de vacas mantidas sob resfriamento. Além disso, essas filhas apresentaram vida produtiva 4,9 meses mais curta e expectativa de vida reduzida em 11,7 meses.

Notavelmente, os efeitos deletérios ultrapassaram gerações: mesmo quando criadas em ambiente termicamente adequado, as netas (F2) dessas vacas apresentaram redução de 1,3 kg/dia na produção de leite na primeira lactação, bem como tendência à menor sobrevivência até a puberdade. Esses resultados apontam para efeitos transgeracionais persistentes.

As causas desses prejuízos estão associadas às alterações promovidas pelo calor ainda durante a gestação, no período em que o feto se desenvolve no útero. O estresse térmico materno compromete a chamada programação fetal, interferindo no desenvolvimento de sistemas fisiológicos fundamentais. Novilhas oriundas de vacas submetidas ao estresse por calor

demonstraram menor absorção de imunoglobulinas (IgG), comprometendo a transferência de imunidade passiva (TAO et al., 2012; LAPORTA et al., 2017), além de apresentarem distúrbios no metabolismo da glicose e da insulina, com elevação das concentrações plasmáticas de insulina ao nascimento e maior taxa de depuração de glicose (TAO & DAHL, 2013). Também foi evidenciado menor desenvolvimento da glândula mamária, com redução no número de alvéolos secretores e, conseqüentemente, menor capacidade produtiva (LAPORTA et al., 2020).

Essas alterações são de natureza duradoura e estão associadas a mecanismos epigenéticos modificações na expressão gênica induzidas pelo ambiente intrauterino. Tais alterações podem atingir até mesmo as células germinativas do feto, afetando gerações subsequentes (FEENEY et al., 2014; SKINNER, 2011). Assim, ainda que o manejo pós-natal seja adequado, essas mudanças pré-natais resultam em desempenho inferior e maior risco de descarte precoce.

Do ponto de vista econômico, os impactos são substanciais, com reflexos diretos na redução da produção de leite, no aumento dos custos com a criação de novilhas com menor chance de parição e na redução da vida produtiva das filhas.

Exigências de FDN forragem no pós-parto imediato para vacas primíparas

A exigência de fibra em detergente neutro proveniente de forragem (FDNf) no início da lactação difere substancialmente entre vacas primíparas e múltíparas, refletindo particularidades fisiológicas, anatômicas e produtivas de cada categoria. Os resultados de Tebbe e Weiss (2021) mostram de forma clara que a redução da FDNf exerce efeitos contrastantes de acordo com a ordem de parto: em vacas múltíparas, dietas com menor teor de FDNf diminuíram o consumo de matéria seca (CMS) e a produção de leite corrigida para energia, enquanto que em primíparas a resposta foi inversa, com aumento do CMS e ganhos discretos, porém consistentes, na produção de leite e de produção corrigida para energia.

Esse padrão pode ser explicado, em primeiro lugar, pela diferença de produção entre primíparas e múltíparas. As vacas em primeira lactação produzem volumes menores de leite e, portanto, apresentam menor demanda de nutrientes e menor risco de acidose ruminal quando expostas a dietas menos fibrosas. Além disso, possuem rúmen de menor capacidade e menor CMS absoluto, o que torna o excesso de fibra um limitante físico para ingestão. Como destacam Allen (2000) e Reshalaitihan et al. (2020), o consumo relativo de MS (% do peso vivo) é consistentemente mais baixo em primíparas devido às restrições anatômicas do trato digestivo.

Dessa forma, fornecer dietas muito ricas em FDNf pode comprometer ainda mais a ingestão, dificultando o aporte energético necessário no momento em que já há uma restrição fisiológica de consumo. A redução moderada da FDNf atua como estratégia para aumentar a densidade energética da dieta e liberar espaço ruminal para nutrientes não fibrosos, favorecendo a adaptação da vaca ao início da lactação.

Outro aspecto relevante é que as primíparas mobilizam menos proteína corporal no início da lactação, conforme demonstram Tebbe e Weiss (2021). Isso indica que seu metabolismo é menos dependente da estabilidade ruminal proporcionada por altos teores de fibra, diferentemente das múltíparas, que apresentam maior produção, maior mobilização de reservas corporais e, conseqüentemente, maior sensibilidade à redução de FDNf. Nas vacas adultas, a manutenção de níveis elevados de fibra efetiva é fundamental para sustentar a

ruminação, a salivação e a fermentação adequada no rúmen, evitando distúrbios metabólicos como acidose subclínica e perdas produtivas associadas.

Sob a ótica do manejo, essas diferenças entre categorias ressaltam a importância de considerar a paridade como um fator central na formulação de dietas no período de transição. Estratégias que envolvam a separação de primíparas e multíparas em lotes distintos podem permitir ajustes nutricionais mais precisos, com dietas mais densas em energia e menos fibrosas para primíparas, e dietas com maior teor de FDNf para multíparas. Tal abordagem tem potencial não apenas para otimizar o consumo e o desempenho produtivo imediato, mas também para favorecer o crescimento corporal contínuo das primíparas, melhorar a eficiência reprodutiva e aumentar a longevidade produtiva do rebanho.

Em síntese, torna-se evidente que as primíparas possuem menores exigências de FDNf no pós-parto imediato, podendo se beneficiar de dietas mais concentradas e menos fibrosas sem comprometer a saúde ruminal, enquanto que as multíparas demandam maior aporte de fibra para sustentar seu maior nível produtivo e preservar a estabilidade metabólica.

Recomendações práticas de manejo alimentar de vacas primíparas

Já que o grupo de primíparas é um lote cada vez mais numeroso e impactante nos rebanhos leiteiros, o que podemos fazer para melhor manejá-lo e alimentá-lo? A primeira pergunta é: vale a pena ter um lote específico de vacas primíparas no rebanho? Certamente sim! Esta decisão é motivada por 2 principais razões; primeiro, como elas são menores (pesando 100-150 kg a menos que as multíparas) e mais submissas, para evitar a competição com as vacas de maior paridade, maiores e mais dominantes, as primíparas deveriam ser mantidas segregadas das vacas, idealmente na totalidade da sua primeira lactação, mas pelo menos até 210-240 DEL da sua primeira lactação. Segunda razão, como elas provavelmente ainda não se depararam com os principais agentes causadores de mastite, elas deveriam ser ordenhadas antes que o grupo de multíparas, para que as chances de contaminação dos equipamentos de ordenha contaminados pelas vacas adultas e com histórico de mastite, seja minimizado. Esta prática é conhecida como “linha de ordenha” ou “linha de leite”, e já é bastante conhecida e usada em rebanhos leiteiros de todo o mundo.

A segunda questão é: ok, vou separar as minhas primíparas num lote específico, mas preciso formular e bater uma dieta específica para elas? Já esta pergunta não é tão simples de responder. Nossa impressão é que boa parte dos rebanhos leiteiros médios e grandes, separam fisicamente o lote (ou os lotes) de vacas primíparas dos demais lotes, mas fornecem a mesma dieta das vacas de alta produção às vacas do lote de primíparas. Obviamente esta decisão é tomada para facilitar o manejo alimentar dos rebanhos, pois com menos dietas, há menos riscos de erro. Também cabe reconhecer que esta prática não é de todo ruim, pois de fato as exigências nutricionais de vacas primíparas e de vacas de alta produção são similares (obviamente em valores relativos), mas não iguais. Mas será que esta prática é 100% adequada? Parece que não, e a prática mais adequada dentro do conceito de nutrição de precisão, seria formular e bater dietas específicas às primíparas.

Caso seja possível formular uma dieta específica às primíparas, o que deveríamos fazer de diferente em relação à dieta das vacas? Duas diferenças principais; primeiro, trabalhar com menores concentrações de FDN forragem e FDN fisicamente efetivo, pois vacas jovens têm maior repleção do trato digestório e consomem menos que o recomendável, quando alimentadas com os mesmos níveis de fibra de vacas adultas. Segundo, por conta das maiores exigências

proteicas associadas ao crescimento, primíparas deveriam ser alimentadas com maiores quantidades relativas de proteína.

Referências

- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.
- ALLEN, M. S.; SOUSA, D. O.; VANDEHAAR, M. J. Equation to predict feed intake response by lactating cows to factors related to the filling effect of rations. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 7961–7969, 2019.
- ALMEIDA, R.; PAULA, S.; MARQUETTI, M. M.; POCZYNEK, M.; SILVA, D. F. F.; NAVARRO, R. B.; VALLOTO, A. A.; HORST, J. A.; PEDROSA, V. B. Longevity and culling reasons in dairy herds in Southern Brazil. **Animals**, v. 15, p. 2232, 2025.
- BOBIC, T. *et al.* The impact of environmental factors on the milk ejection and stress of dairy cows. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 27, p. 919–927, 2011.
- BUENO, G. A. Z. *et al.* A demographic study of milk-recorded dairy cows in Paraná State. In: Proceedings of the 58th Brazilian Society of Animal Science Annual Meeting, Cuiabá, MT, Brazil, 12–16 Aug. 2024. p. 1.
- BUSANELLO, M.; SANTO, M. C.; ALMEIDA, R. Are the recommended proportions of mature body weight being achieved in different stages of growth in Brazilian Holstein and Jersey dairy cattle? **JDS Communications**, v. 6, p. 522–526.
- BUSANELLO, M.; SOUSA, D. G.; POCZYNEK, M.; ALMEIDA, R.; BITTAR, C. M. M.; MENDONÇA, F. A. C.; LANNA, D. P. D. Body growth of replacement dairy heifers from 3 distinct genetic groups from commercial Brazilian dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v. 105, p. 3222–3233, 2025.
- CERQUEIRA, C. A.; GIVISIEZ, G. H. N. Conceitos básicos em demografia e dinâmica demográfica brasileira. Cap. 1, p. 13–44, 2015.
- COOK, N. B. Designing facilities for the adult dairy cow during the nonlactating and early lactation period. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 35, p. 125–138, 2019.
- CREUTZINGER, K. C. *et al.* The effect of stocking density and a blind on the behavior of Holstein dairy cattle in group maternity pens. Part I: Calving location, locomotion, and separation behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 7109–7121, 2021.
- DE SOUZA, R. A.; TEMPELMAN, R. J.; ALLEN, M. S.; VANDEHAAR, M. J. Updating predictions of dry matter intake of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 7948–7960, 2019.
- DE VRIES, A.; MARCONDES, M. I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. **Animal**, v. 14, p. 155–164, 2020.
- EVANGELISTA, A. F. Associações genéticas entre produção de leite, porcentagens de sólidos e fertilidade em vacas da raça Holandesa. 2021. 196 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)

– Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Curitiba, 2021.

- FEENEY, A.; NILSSON, E.; SKINNER, M. K. Epigenetics and transgenerational inheritance in domesticated farm animals. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 5, p. 48, 2014.
- FORIS, B.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Competition strategies of metritic and healthy transition cows. **Animals**, v. 10, p. 854, 2020.
- HU, H.; MU, T.; MA, Y.; WANG, X. Analysis of longevity traits in Holstein cattle: A review. **Frontiers in Genetics**, v. 12, 2021.
- KUTZER, T. *et al.* Habituation of dairy heifers to milking routine - Effects on human avoidance distance, behavior, and cardiac activity during milking. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 5241–5251, 2015.
- LAPORTA, J.; FABRIS, T. F.; SKIBIEL, A. L.; POWELL, J. L.; HAYEN, M. J.; HORVATH, K.; MILLER-CUSHON, E. K.; DAHL, G. E. In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 2976–2984, 2017.
- LAPORTA, J.; FERREIRA, F. C.; OUELLET, V.; DADO-SENN, B.; ALMEIDA, A. K.; DE VRIES, A.; DAHL, G. E. Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 7555–7568, 2020.
- LIDFORS, L. M. *et al.* Behaviour at calving and choice of calving place in cattle kept in different environments. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 42, p. 11–28, 1994.
- MAZER, K. A. *et al.* Changes in behavior and fecal cortisol metabolites when dairy cattle are regrouped in pairs versus individually after calving. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 4681–4690, 2020.
- MIEDEMA, H. M. *et al.* Behavioural predictors of the start of normal and dystocic calving in dairy cows and heifers. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 132, p. 14–19, 2011.
- National Academies of Sciences Engineering and Medicine. 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth revised edition. The National Academies Press, Washington, DC.
- NEAVE, H. W. *et al.* Parity differences in the behavior of transition dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 548–561, 2017.
- NOGUEIRA, L. S.; BUSANELLO, M.; CARNEIRO, J. H.; POCZYNEK, M.; ALMEIDA, R. Comparison of three nutritional models on predicting dry matter intake for commercial pens of lactating dairy cows (Abstr.). **Journal of Dairy Science**, v. 106 (Suppl.1), p. 374–374, 2023.
- PROUDFOOT, K. L.; HUZZEY, J. M. A first time for everything: The influence of parity on the behavior of transition dairy cows. **JDS Communications**, v., p. 467–471, 2022.
- RESHALAITIHAN, B. *et al.* Comparison of dry matter intake capacity and performance between primiparous and multiparous dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 266, p. 114512, 2020.

- RUSHEN, J.; DE PASSILLÉ, A. M. B.; MUNKSGAARD, L. Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 720–727, 1999.
- SIMONDS, M. L.; SANTOS, I. G. M. A.; BRITO, L. F.; KALBAUGH, K.; BOERMAN, J. P. Impact of body weight at first parturition on production and reproductive performance (Abstr.). **Journal of Dairy Science**, v. 108 (Suppl.1), p. 316, 2025.
- SKINNER, M. K. Environmental epigenetic transgenerational inheritance and somatic epigenetic mitotic stability. **Epigenetics**, v. 6, p. 838–842, 2011.
- TAO, S.; DAHL, G. E. Invited review: Heat stress effect during late gestation on dry cows and their calves. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 4079–4093, 2013.
- TAO, S.; THOMPSON, I. M.; MONTEIRO, A. P. A.; et al. Effect of cooling heat-stressed dairy cows during the dry period on insulin response. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 5035–5046, 2012.
- TEBBE, A. W.; WEISS, W. P. Concurrent and carryover effects of feeding blends of protein and amino acids in high-protein diets with different concentrations of forage fiber to fresh cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 5583–5600, 2021.