

Ana Carolina Fluck  
Olmar Antônio Denardin Costa  
Kátia Maria Cardinal  
(Orgs.)

# NUTRIÇÃO ANIMAL

NOVAS PERSPECTIVAS E AVANÇOS PARA  
A SUSTENTABILIDADE E OTIMIZAÇÃO  
DOS SISTEMAS DE CRIAÇÃO



 científica digital



## EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil  
www.cientificadigital.org - contato@cientificadigital.org

|                    |                                          |
|--------------------|------------------------------------------|
| Diagramação e Arte | Edição © 2025 Editora Científica Digital |
| Equipe Editorial   | Texto © 2025 Os Autores                  |
| Imagens da Capa    | 1ª Edição - 2025                         |
| Adobe Stock - 2025 | Acesso Livre - Open Access               |

© COPYRIGHT - TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais sobre a edição e o projeto gráfico, enquanto os autores mantêm os direitos autorais de seus respectivos textos. Esta obra está licenciada sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou parcial, desde que a fonte seja devidamente citada e os créditos atribuídos aos autores. É obrigatório que a obra permaneça em formato de Acesso Livre (Open Access), sem qualquer alteração. A catalogação em plataformas de acesso restrito ou com fins comerciais é estritamente proibida.



### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N976

Nutrição animal: novas perspectivas e avanços para a sustentabilidade e otimização dos sistemas de criação / Organização de Ana Carolina Fluck, Olmar Antônio Denardin Costa, Kátia Maria Cardinal. – Guarujá-SP: Científica Digital, 2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui Bibliografia

ISBN 978-65-5360-945-7

DOI 10.37885/978-65-5360-945-7

1. Zootecnia. I. Fluck, Ana Carolina (Organizadora). II. Costa, Olmar Antônio Denardin (Organizador). III. Cardinal, Kátia Maria (Organizadora). IV. Título.

CDD 636

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:

I. Zootecnia

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2025

Ana Carolina Fluck  
Olmar Antônio Denardin Costa  
Kátia Maria Cardinal  
(Orgs.)

**Nutrição Animal: novas perspectivas  
e avanços para a sustentabilidade e  
otimização dos sistemas de criação**

1ª EDIÇÃO



científica digital

**2025 - GUARUJÁ - SP**

# CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho  
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda  
Profª. Ma. Auristela Correa Castro  
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro  
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke  
Profª. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida  
Profª. Dra. Clara Mockdece Neves  
Profª. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva  
Profª. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco  
Prof. Dr. Cristiano Marins  
Profª. Dra. Cristina Berger Fadel  
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr  
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso  
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes  
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves  
Profª. Dra. Fernanda Rezende  
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida  
Profª. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz  
Profª. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes  
Prof. Dr. Humberto Costa

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto  
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura  
Prof. Dr. José Aderval Aragão  
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub  
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli  
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva  
Profª. Dra. Maria Cristina Zago  
Profª. Dra. Maria Otília Zangão  
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes  
Prof. Dr. Nelson J. Almeida  
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez  
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos  
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo  
Profª. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento  
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin  
Prof. Me. Silvio Almeida Junior  
Profª. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro  
Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista  
Prof. Dr. Willian Carboni Viana  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em [www.editoracientifica.com.br/conselho](http://www.editoracientifica.com.br/conselho)

## Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra passaram por avaliação do Conselho Editorial e revisão por pares externos (*Peer Review*), recebendo a devida recomendação para publicação.

**Nota:** Esta obra é fruto de um processo colaborativo, configurando-se como uma coletânea na qual os direitos autorais permanecem resguardados para os respectivos autores. Alguns capítulos podem ter origem em trabalhos anteriormente apresentados em eventos acadêmicos; no entanto, os autores foram orientados a adotar o devido rigor na prevenção do autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo, assim como pela originalidade e integridade das informações publicadas, é inteiramente dos respectivos autores e autoras. O conteúdo da obra não reflete, necessariamente, a opinião da editora, dos organizadores ou dos membros do conselho editorial.

# APRESENTAÇÃO

Esta obra é fruto de um esforço colaborativo que reuniu professores, estudantes e pesquisadores cujo envolvimento enriqueceu significativamente as discussões neste espaço formativo. Além disso, resulta de iniciativas interinstitucionais e ações voltadas ao incentivo à pesquisa, congregando especialistas de diversas áreas do conhecimento, vinculados a Instituições de Educação Superior, públicas e privadas, em âmbito nacional e internacional.

Seu principal objetivo é fortalecer a integração entre instituições, tanto no Brasil quanto no exterior, por meio de redes de pesquisa comprometidas com a formação continuada de profissionais da educação. Para isso, busca-se a produção e a ampla disseminação do conhecimento em distintas áreas do saber.

Expressamos nossa profunda gratidão aos autores pelo empenho, comprometimento e dedicação na concepção e finalização desta obra. Esperamos que ela se consolide como um recurso didático-pedagógico valioso, atendendo às necessidades de estudantes, docentes de todos os níveis de ensino e demais interessados na temática.

**Os organizadores**

# SUMÁRIO

## Capítulo 01

### **A LIGNINA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Ana Carolina Fluck; Leonardo Piffer de Borba; Olmar Antônio Denardin Costa; Kátia Maria Cardinal; Lisandre de Oliveira; Fábio Antunes Rizzo; Patrícia Pinto da Rosa; Gustavo Duarte Farias

 10.37885/250419267 ..... 11

## Capítulo 02

### **ACIDOSE SUBAGUDA EM UMA NOVILHA**

Tatiane Tonet

 10.37885/250519349 ..... 25

## Capítulo 03

### **ALIMENTOS NÃO CONVENCIONAIS MAIS UTILIZADOS EM DIETAS PARA SUÍNOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Felype Yutaka Yonezawa; Emanuel Bulhões Bezerra; Alana Siqueira Alves da Costa; Keisylaine Nascimento dos Santos; Debora Andrade Silva; Juan Roberto Ely Ruiz; Carla Batista Vaz; Jonathan Mádsen dos Santos Almeida

 10.37885/250419243 ..... 33

## Capítulo 04

### **ALTERAÇÕES NO COMPORTAMENTO DE BOVINOS DE LEITE COMO INDICATIVO PARA A ACIDOSE RUMINAL: ESTUDO DE CASO**

Nicole Melchior Bach; Andressa Ana Martins

 10.37885/250419234 ..... 42

## Capítulo 05

### **ASPECTOS NUTRICIONAIS NA PRODUÇÃO DE BOVINOS DE LEITE A PASTO**

Ana Carolina Fluck; Lisandre de Oliveira; Leonardo Piffer de Borba; Olmar Antônio Denardin Costa; Andressa Ana Martins

 10.37885/250419239 ..... 54

**Capítulo 06****CARACTERIZAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS DO BIOMA PAMPA**

Olmar Antônio Denardin Costa; Ana Carolina Fluck; Haylleen Aparecida Menezes de Sá;  
Leonardo Piffer de Borba

**doi** 10.37885/250519321..... 77

**Capítulo 07****DIETA TOTAL ENSILADA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES: UMA REVISÃO**

Leonardo Piffer de Borba; Nathalia Marques Andriotti; Patrícia Pinto da Rosa; Bianca Pio Ávila;  
Jakciane Andrieli de Miranda Foss; Fabio José Maia; Andressa Radtke Baungratz; Tiago Venturini

**doi** 10.37885/250519338..... 97

**Capítulo 08****DIFERENTES TIPOS DE CEREAIS EM DIETAS DE ALTO GRÃO PARA BOVINOS DE CORTE - REVISÃO DE LITERATURA**

Joao Manoel Pires da Fonseca; Rodrigo Flores Escobar; Karoline Barcellos da Rosa; Jaquesson  
Minuzzo Alves; Renan Morossino Soares; Egon Henrique Horst

**doi** 10.37885/250519347..... 115

**Capítulo 09****DO CAMPO AO ARMAZENAMENTO: ENTENDENDO O PROCESSO DE FENAÇÃO**

Leonardo Piffer de Borba; Ana Carolina Fluck; Tatiane Tonet; Ana Carla da Silva Neves; Diéli Patrícia  
de Souza; Kauani Aparecida Gepfrie; Larissa Alcebíades Lopes de Araújo; Marcio Simionatto

**doi** 10.37885/250519313..... 135

**Capítulo 10****EFEITOS DA NUTRIÇÃO MATERNA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA PROGÊNIE EM BOVINOS DE CORTE**

Geovanna Kaufmann; Vitória de Conti; Tauane Coletto; Cristhian Lenz; Vitor Cardoso; Andressa Ana Martins

**doi** 10.37885/250519312..... 150

## Capítulo 11

### **EFEITOS DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS FUNCIONAIS SOBRE A PRODUÇÃO, QUALIDADE DOS OVOS, SAÚDE INTESTINAL E A IMUNIDADE DE GALINHAS POEDEIRAS**

Paula Gabriela da Silva Pires; Vanessa Peripolli; Bruno Ferreira Machado; Fabiana Moreira; Aimée Caroline Friesen Pereira; Gabriel da Silva Oliveira; Vinícius Machado dos Santos; Betina Raquel Cunha dos Santos

**doi** 10.37885/250419236 .....160

## Capítulo 12

### **ENVIRONMENTAL IMPACTS OF PHYTASE SUPPLEMENTATION IN PIG AND POULTRY PRODUCTION: INSIGHTS FROM A SYSTEMATIC REVIEW**

Felipe Mathias Weber Hickmann; Marie-Pierre Létourneau-Montminy; Ines Andretta

**doi** 10.37885/250419281 .....173

## Capítulo 13

### **ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR OS EFEITOS DA SAZONALIDADE FORRAGEIRA: SILAGENS, RAÇÕES TOTALMENTE MISTURADAS E COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS**

Betina Raquel Cunha dos Santos; Vanessa Peripolli; Paula Gabriela da Silva Pires; Elizabeth Schwegler; Fabiana Moreira; Bruno Alexandre Dombroski Casas; Bruno José Dani Rinaldi; Andressa Fernanda Campos

**doi** 10.37885/250519314 .....187

## Capítulo 14

### **MECANISMOS DE CONTAMINAÇÃO DO LEITE POR MICOTOXINAS NOCIVAS A SAÚDE**

Abnner Josué Costa Clementino; Erika Cristina Ramos da Silva; Everton Vinícius Leite; José Henrique da Silva Taveira; Diogo Alves da Costa Ferro

**doi** 10.37885/250118645 .....203

## Capítulo 15

### **METABOLISMO DA COLINA E SUA IMPORTÂNCIA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS**

Letícia Galvão Matoso; Fernando Bittarello; Cheila Roberta Lehen

**doi** 10.37885/250218902 .....216

**Capítulo 16****METABOLISMO DO ZINCO E O USO DO ÓXIDO DE ZINCO NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES EM CRECHE**

Guilherme Beber Jasluk; Cheila Roberta Lehnen

**doi** 10.37885/250318949 ..... 230**Capítulo 17****NUTRIÇÃO INICIAL DE BEZERROS LEITEIROS E O DESENVOLVIMENTO RUMINAL**

Lívia Argoud Lourenço; Victor Ionatan Fioreze; Giovanni Fiorentini; Jorge Schafhauser Júnior; Fábio Antunes Rizzo; Ana Paula Binato de Souza; Leila Cardozo Ott; Patrícia Pinto da Rosa

**doi** 10.37885/250419152 ..... 259**Capítulo 18****QUALIDADE INTERNA DE OVOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO - SISTEMA CAIPIRA**

Julia Carpes Rodrigues; Maria Eduarda Mattive Jardim; Paula Gabriela da Silva Pires; Katia Maria Cardinal

**doi** 10.37885/250419237 ..... 275**Capítulo 19****RESÍDUOS DE DESTILARIA NA NUTRIÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES: UMA REVISÃO**

Leonardo Piffer de Borba; Ana Carla da Silva Neves; Diéli Patrícia de Souza; Jakciane Andrieli de Miranda Foss; Fabio José Maia; Vicente de Paulo Macedo

**doi** 10.37885/250519348 ..... 287**Capítulo 20****SILAGEM: TECNOLOGIAS E FUNDAMENTOS PARA A EFICIÊNCIA NA CONSERVAÇÃO DE VOLUMOSOS**

Ana Carolina Fluck; Leonardo Piffer de Borba; Kauani Aparecida Gepfrie; Larissa Alcebíades Lopes de Araújo; Andressa Radtke Baungratz; Tiago Venturini; Leandro de Conto; Patrícia Pinto da Rosa

**doi** 10.37885/250519310 ..... 303

Capítulo 21

**UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES:  
UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**

Haylleen Aparecida Oliveira Menezes de Sá; Elivelton de Salles da Silveira; Deivid Kelly Barbosa;  
Caio Cesar dos Ouros; Jaqueline Luiza Royer; Beatriz Klimeck

 10.37885/250519328 ..... **324**

**SOBRE OS ORGANIZADORES** ..... **339**

**ÍNDICE REMISSIVO** ..... **340**

## **A LIGNINA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

**Ana Carolina Fluck**  
Pesquisadora Independente

**Leonardo Piffer de Borba**  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Olmar Antônio Denardin Costa**  
Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR/RS)

**Kátia Maria Cardinal**  
Instituto Federal Farroupinha (IFFar)

**Lisandre de Oliveira**  
Instituto Federal Sul-Riograndense (IFSul)

**Fábio Antunes Rizzo**  
Universidade de Caxias do Sul (UCS)

**Patrícia Pinto da Rosa**  
Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR/RS)

**Gustavo Duarte Farias**  
Pesquisador Independente

# RESUMO

A lignina, um dos principais componentes da parede celular vegetal, desempenha um papel central na nutrição de ruminantes devido à sua resistência à degradação microbiana no rúmen. Este capítulo discute a estrutura complexa e heterogênea da lignina, composta por unidades fenólicas interligadas, que conferem rigidez às plantas e dificultam a digestão dos polissacarídeos estruturais. Analisam-se os fatores que influenciam o teor de lignina em forrageiras, como estágio de maturação, parte da planta, espécie e condições ambientais, além das diferenças estruturais da lignina entre gramíneas e leguminosas. Aborda-se também o uso da lignina como marcador interno de digestibilidade em estudos de nutrição animal, destacando suas vantagens e limitações. Ao aprofundar a compreensão sobre a lignina, suas implicações e possibilidades de manejo, este capítulo busca fornecer subsídios para otimizar a utilização de forragens em sistemas de produção de ruminantes, conciliando eficiência nutricional e sustentabilidade.

**Palavras-chave:** ácidos fenólicos; digestibilidade; gramíneas forrageiras; leguminosas forrageiras; nutrição animal.

## INTRODUÇÃO

A nutrição de ruminantes é um processo complexo e finamente orquestrado, dependente da eficiente ação de uma vasta comunidade microbiana residente no rúmen. A capacidade desses animais de converter biomassa vegetal fibrosa em nutrientes valiosos para sua manutenção e produção é fundamental para sistemas agropecuários em todo o mundo (CLAUSS; HUMMEL, 2017). Os ruminantes são frequentemente criados em sistemas extensivos de pastagens, muitas vezes caracterizados por um manejo rudimentar e pela utilização de áreas menos férteis ou marginais. Nessas condições, as plantas forrageiras tendem a apresentar um crescimento mais lento e um ciclo de vida mais longo até o pastejo. Como consequência, desenvolvem paredes celulares mais espessas e lignificadas como um mecanismo de defesa e suporte estrutural.

Dentre os diversos componentes da parede celular vegetal, a lignina emerge como um polímero fenólico singular, distinguindo-se dos carboidratos estruturais pela sua complexa arquitetura tridimensional e resistência à degradação microbiana (DELMER *et al.*, 2024). O aumento da lignificação, um processo natural de maturação da planta, leva a uma maior proporção desse polímero complexo e indigestível na composição da forragem. Essa característica das plantas em sistemas extensivos impacta diretamente a nutrição dos ruminantes, uma vez que a maior concentração de lignina atua como uma barreira física e química, limitando o acesso e a ação das enzimas microbianas do rúmen sobre os demais componentes potencialmente nutritivos da parede celular, como a celulose e a hemicelulose, reduzindo assim a digestibilidade geral da dieta.

Tradicionalmente vista como um fator antinutricional, a lignina é reconhecida por sua capacidade de limitar a digestibilidade de outros componentes da forragem, como a celulose e a hemicelulose. Sua impregnação nas paredes celulares confere rigidez e impermeabilidade, atuando como uma barreira física que dificulta o acesso das enzimas microbianas aos polissacarídeos potencialmente fermentáveis (MUJTABA *et al.*, 2023).

No entanto, a compreensão do papel da lignina na nutrição de ruminantes tem evoluído. Além de seu impacto negativo na digestibilidade, pesquisas recentes têm explorado outras facetas de sua influência, desde seus potenciais efeitos na saúde animal até seu papel em processos fermentativos ruminais

específicos (BEZERRA *et al.*, 2020; BHANDARI; RUSCH; HEUSCHELE, 2023; STYPINSKI *et al.*, 2024; VAN SOEST *et al.*, 2020). Este capítulo se propõe a aprofundar o conhecimento sobre a lignina no contexto da nutrição de ruminantes, abordando sua estrutura e ocorrência, seu impacto na digestibilidade dos alimentos, e explorando as perspectivas de estratégias para mitigar seus efeitos negativos ou até mesmo aproveitar seus potenciais benefícios. Ao desmistificar a visão simplista da lignina como mera barreira indigestível, busca-se fornecer uma compreensão mais abrangente de seu papel multifacetado na fisiologia e nutrição desses importantes herbívoros.

## DESENVOLVIMENTO

### Afinal, o que é a lignina?

Cesarino *et al.* (2012) descrevem a lignina como o segundo biopolímero mais abundante depois da celulose, constituindo 30% do carbono orgânico da biosfera. Sua presença foi crucial na adaptação evolutiva das plantas ao ambiente terrestre, proporcionando suporte físico e a impermeabilização do tecido vascular, o que viabilizou o transporte de água e nutrientes a longas distâncias nos primeiros traqueófitos, sendo frequentemente descrita como uma fibra, pela sua ligação estreita com componentes da parede celular. Porém, apesar dessa conexão, ela não é um composto fibroso, mas sim, um composto fenólico. A lignina é um polímero complexo e heterogêneo, de natureza aromática, que constitui um dos principais componentes da parede celular dos vegetais, representando de 18% a 35% da sua massa seca. Ela atua como um “cimento” que une as fibras de celulose e hemicelulose, conferindo rigidez, resistência mecânica, impermeabilidade e proteção contra o ataque de microrganismos e estresses ambientais às plantas.

Quimicamente, a lignina não é um polímero com unidades repetitivas regulares, como a celulose (MUJTABA *et al.*, 2023). Sua estrutura tridimensional amorfa é formada pela polimerização aleatória e complexa de três tipos principais de álcoois fenilpropanóides (monolignóis) que variam em sua proporção dependendo da espécie vegetal e do tecido:

- Álcool coniferílico (unidade guaiacil - G): Possui um grupo metoxila (-OCH<sub>3</sub>) adjacente ao grupo hidroxila (-OH) no anel aromático.

- Álcool sinapílico (unidade siringil - S): Possui dois grupos metoxila adjacentes ao grupo hidroxila no anel aromático.
- Álcool p-cumarílico (unidade p-hidroxifenil - H): Não possui grupos metoxila no anel aromático.

### **Porque a lignina não é passível de ser degradada e digerida pelos ruminantes?**

- **Estrutura e ligações:**

Como já descrito, a lignina é frequentemente composta por unidades de ligadas entre si por uma variedade de ligações carbono-carbono e éter que são irregulares e resistentes à hidrólise. Ao contrário da celulose, que possui uma estrutura linear e repetitiva de unidades de glicose ligadas por ligações  $\beta(1-4)$  glicosídicas mais fáceis de quebrar, a lignina não possui uma unidade repetitiva definida. Essa complexidade dificulta o reconhecimento e a ação de enzimas digestivas específicas.

As ligações químicas entre os compostos desse polímero são fortes e diversificadas, predominantemente ligações éter e carbono-carbono, que são mais fortes e resistentes à quebra hidrolítica em comparação com as ligações glicosídicas dos carboidratos. A diversidade dessas ligações ( $\beta$ -O-4,  $\alpha$ -O-4,  $\beta$ -5,  $\beta$ - $\beta$ , entre outras) exige um conjunto muito específico e coordenado de enzimas para sua degradação completa, o que poucos microrganismos possuem (ALAM *et al.*, 2024).

- **Acessibilidade física limitada**

Nas paredes celulares das plantas, a lignina está frequentemente associada e interligada com outros polissacarídeos, como a celulose e a hemicelulose, formando uma matriz rígida. Essa associação física dificulta o acesso das enzimas microbianas aos outros componentes potencialmente digestíveis e à própria lignina. A lignificação da parede celular confere rigidez e impermeabilidade, atuando como uma barreira física que impede a penetração de enzimas e microrganismos.

Conforme Silva *et al.* (2021), a degradação eficiente da lignina requer um conjunto específico de enzimas extracelulares oxidativas, como as

lignina-peroxidases, manganês peroxidases e lacases. Essas enzimas utilizam mecanismos de oxidação de radicais para quebrar a estrutura complexa da lignina. Embora alguns microrganismos, principalmente fungos da podridão branca (*Basidiomycota*), possuam essas enzimas e sejam capazes de degradar a lignina de forma significativa (JANUSZ *et al.*, 2017), a maioria das bactérias e outros microrganismos ruminais não possuem um sistema enzimático tão eficiente para a degradação extensiva da lignina.

Em contexto ruminal, os microrganismos presentes no rúmen são altamente eficientes na digestão da celulose e hemicelulose devido à presença de enzimas como celulasas e hemicelulases. No entanto, a lignina presente nos materiais vegetais consumidos pelos ruminantes passa pelo rúmen com pouca ou nenhuma degradação significativa, atuando como um fator limitante da digestibilidade dos outros componentes da parede celular, pois sua presença física impede o acesso das enzimas aos carboidratos. A lignina é excretada nas fezes dos ruminantes praticamente inalterada.

### **A lignina pode ser usada como um marcador de digestibilidade considerando ser um fator intrínseco a dieta?**

A lignina pode ser utilizada como marcador de digesta em estudos de nutrição de ruminantes devido a sua característica fundamental de ser essencialmente indigestível e não absorvida ao longo do trato gastrointestinal (LYONS *et al.*, 2018; MOREIRA *et al.*, 2013). Essa propriedade permite que ela sirva como um "referencial" para estimar o fluxo e a digestibilidade de outros componentes da dieta.

O princípio por trás do uso da lignina como marcador se baseia na seguinte lógica: se uma quantidade conhecida de lignina é ingerida e toda essa quantidade é recuperada nas fezes (assumindo que não há digestão ou absorção significativa), a proporção da lignina em relação a outros nutrientes pode ser usada para estimar a quantidade de digesta que passou por um determinado ponto do trato gastrointestinal ou que foi excretada.

Os principais métodos e aplicações da lignina como marcador de digesta:

- **Estimativa do Fluxo da Digesta**

- *Coleta Total de Fezes:* Em um período determinado, todas as fezes excretadas pelo animal são coletadas e pesadas. Amostras das fezes e da dieta original são analisadas para determinar a concentração de lignina e do nutriente de interesse (por exemplo, matéria seca, fibra, proteína).
- *Cálculo do Fluxo:* O fluxo do nutriente ao longo do trato gastrointestinal pode ser estimado utilizando a seguinte fórmula, baseada no princípio da conservação do marcador:

**Fluxo do Nutriente (no ponto de interesse) =** (Quantidade de Lignina ingerida / Concentração de Lignina no ponto de interesse) \* Concentração do Nutriente no ponto de interesse

No caso da excreção fecal, o fluxo do nutriente não digerido é calculado da seguinte forma:

**Excreção do Nutriente =** (Quantidade de Lignina ingerida / Concentração de Lignina nas fezes) \* Concentração do Nutriente nas fezes

- **Estimativa da Digestibilidade**

A digestibilidade de um nutriente pode ser estimada comparando a quantidade ingerida com a quantidade excretada, utilizando a lignina como indicador do fluxo da digesta não digerida. A digestibilidade aparente de um nutriente é calculada da seguinte forma:

**Digestibilidade (%) =** [(Nutriente Ingerido - Nutriente Excretado) / Nutriente Ingerido] \* 100

Utilizando a lignina como marcador para estimar o nutriente excretado:

**Nutriente Excretado Estimado =** Nutriente Ingerido \* (Concentração de Lignina na Dieta / Concentração de Lignina nas Fezes)

Portanto, a digestibilidade aparente pode ser estimada como:

**Digestibilidade (%)** =  $[1 - (\text{Concentração de Lignina na Dieta} / \text{Concentração de Lignina nas Fezes}) * (\text{Concentração do Nutriente nas Fezes} / \text{Concentração do Nutriente na Dieta})] * 100$

- **Vantagens da lignina como marcador**

A lignina é um composto presente naturalmente presente na dieta, não é necessário administrar uma substância exógena ao animal, evitando possíveis efeitos na fisiologia digestiva. Além disso, apresenta relativa inércia, é pouco digerida e absorvida ao longo do trato gastrointestinal, atendendo ao principal requisito de um marcador ideal. Um aspecto muito importante é a facilidade de análise e os custos com análise para sua determinação. Ao contrário de outros marcadores como cromo ou n-alcanos, a estimativa de teores de lignina é rápida, relativamente fácil e apresenta baixos custos operacionais. Existem métodos laboratoriais estabelecidos para a determinação da concentração de lignina em amostras de dieta e fezes.

- **Desvantagens da lignina como marcador**

A digestibilidade pode apresentar variações. Embora considerada indigestível, pode haver uma pequena e variável digestão da lignina por alguns microrganismos ruminais, o que pode introduzir um pequeno erro nas estimativas. Além disso, a lignina pode não estar distribuída de forma perfeitamente homogênea na digesta e nas fezes, exigindo uma amostragem cuidadosa para obter resultados representativos. Diferentes métodos de análise de lignina podem fornecer resultados ligeiramente diferentes, sendo importante utilizar um método consistente ao longo do estudo.

Outro aspecto relevante é que a lignina pode estar fisicamente associada a outros componentes da parede celular, e alterações na digestão desses componentes podem afetar a concentração relativa da lignina, podendo ocorrer uma dissociação desse composto fenólico quando esses componentes forem estimados laboratorialmente.

## Lignina em plantas forrageiras

O teor de lignina em uma forrageira específica é dinâmico e influenciado por uma combinação desses fatores. A idade da planta no momento do corte ou pastejo é, sem dúvida, o fator mais crucial a ser considerado para o manejo da qualidade nutricional das pastagens. Dessa maneira, diversos aspectos devem ser considerados, sempre lembrando do impacto com a digestibilidade do volumoso.

- **Forrageiras em estágios avançados de crescimento**

Este é o fator mais significativo. À medida que as plantas forrageiras amadurecem, ocorre um aumento progressivo na deposição de lignina nas paredes celulares. Isso confere maior suporte estrutural para sustentar o crescimento em altura e a formação de estruturas reprodutivas (flores e sementes). Portanto, pastagens mais passadas ou fenos colhidos tardiamente invariavelmente apresentarão maiores teores de lignina.

- **Partes da Planta**

- *Colmos e hastes:* Geralmente, os colmos e as hastes das plantas forrageiras contêm maiores concentrações de lignina em comparação com as folhas. Isso se deve à necessidade de maior rigidez para sustentar a estrutura da planta. A base do colmo tende a ser mais lignificada que o ápice.
- *Tecidos vasculares:* Os tecidos vasculares (xilema e floema), responsáveis pelo transporte de água e nutrientes, são ricos em lignina para fornecer suporte e integridade aos vasos.

- **Espécies forrageiras**

- *Gramíneas tropicais:* algumas gramíneas tropicais, especialmente quando em estágio fisiológico avançado, podem apresentar teores de lignina mais elevados em comparação com leguminosas. No entanto, a variação dentro das espécies é grande. Como exemplo podemos capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), capim-marandu (*Brachiaria brizantha*), capim-tifton (*Cynodon spp.*) em estádios de crescimento avançados.

- *Leguminosas*: as leguminosas tendem a ter teores de lignina ligeiramente menores em comparação com gramíneas no mesmo estágio de maturidade. No entanto, as hastes das leguminosas também podem acumular lignina com o avanço da maturidade.
- *Espécies lenhosas ou semi-lenhosas*: Forrageiras arbustivas ou espécies que desenvolvem um porte mais lenhoso naturalmente possuem maiores concentrações de lignina em seus tecidos.
- **Condições de crescimento e ambientais**
  - *Estresse hídrico*: Em algumas situações de estresse hídrico, as plantas podem aumentar a lignificação como um mecanismo de defesa.
  - *Baixa fertilidade do solo*: Solos menos férteis podem levar a um crescimento mais lento e a uma maior proporção de tecidos estruturais (mais lignificados) em relação aos tecidos foliares.
  - *Clima quente*: Em climas mais quentes, o processo de lignificação pode ocorrer mais rapidamente.

Exemplos de forrageiras que tendem a apresentar maiores teores de lignina (especialmente em estádios avançados de crescimento):

- *Colmos de gramíneas em geral*: A porção basal dos colmos de muitas gramíneas.
- *Forrageiras lenhosas*: Algumas espécies arbustivas utilizadas em sistemas agroflorestais ou como suplementação em áreas de caatinga.

### **Há diferenças entre a estrutura química da lignina presente em gramíneas e leguminosas forrageiras?**

As diferenças na conformação da lignina entre leguminosas e gramíneas forrageiras, especialmente em relação à sua composição monomérica e à presença de componentes que promovem ligações cruzadas, contribuem significativamente para as diferenças observadas na digestibilidade ruminal, geralmente favorecendo as leguminosas em termos de extensão da digestão da fibra. No entanto, outros fatores como a idade da planta e a proporção de folhas e colmos também exercem grande influência.

- **Diferenças na conformação da lignina**
- *Composição Monomérica:* A lignina é um polímero complexo formado por diferentes unidades monoméricas, principalmente os álcoois fenilpropanóides: álcool p-cumárico (H), álcool coniferílico (G) e álcool sinapílico (S).

As gramíneas tendem a ter uma maior proporção de unidades álcool coniferílico e álcool sinapílico, além de apresentarem ácidos ferúlico e p-cumárico ligados à estrutura da lignina e a hemiceluloses. Esses ácidos podem formar ligações cruzadas que dificultam ainda mais a degradação da parede celular. Já as leguminosas geralmente possuem uma maior proporção de álcool sinapílico em relação às gramíneas e menores quantidades de ácidos ferúlico e p-cumárico associados à lignina.

A forma como as unidades monoméricas se ligam para formar o polímero de lignina também difere entre gramíneas e leguminosas, influenciando a sua estrutura tridimensional e a sua interação com outros componentes da parede celular, como a celulose e a hemicelulose (HATFIELD; RALPH; GRABBER, 1999). Ademais, sua deposição nas diferentes camadas da parede celular também é variável entre os grupos de plantas, afetando a acessibilidade dos microrganismos ruminais aos carboidratos digestíveis. Em gramíneas, a lignificação da epiderme é comum, enquanto nas leguminosas, a epiderme geralmente não é lignificada.

Dessa forma, devido à maior concentração de lignina, à presença de ácidos fenólicos que promovem ligações cruzadas e à lignificação de tecidos como a epiderme, as gramíneas forrageiras tendem a apresentar uma digestibilidade da parede celular geralmente menor em comparação com as leguminosas. Embora a digestibilidade final da fibra possa ser menor em gramíneas, a taxa de digestão da fração digestível pode ser mais rápida em leguminosas devido à sua estrutura celular mais "frágil" e à menor interferência da lignina. As partículas de leguminosas tendem a se quebrar mais rapidamente no rúmen, permitindo uma passagem mais rápida e potencialmente um maior consumo.

- **Estimativa laboratorial da lignina**

A escolha do método de análise depende do objetivo do estudo, do tipo de amostra e dos recursos laboratoriais disponíveis. Para a nutrição de

ruminantes, o método de Van Soest (especialmente a determinação da LDA) é amplamente utilizado devido à sua relação com a digestibilidade da fibra. Para análises mais fundamentais da composição da biomassa, os métodos de Klason e a determinação da LSA são frequentemente empregados.

1. *Método de Van Soest (1963)*: é um método sequencial que visa fracionar os componentes da parede celular vegetal, e é o mais amplamente utilizado. Nesse método, a lignina é progressivamente isolada e quantificada através de diferentes etapas de solubilização. Inicialmente, a fervura da amostra em detergente neutro (FDN) remove os componentes celulares solúveis não pertencentes a parede celular. Em seguida, o tratamento do resíduo de FDN com detergente ácido (FDA) solubiliza a hemicelulose, enriquecendo o resíduo com celulose e lignina. Finalmente, a lignina é isolada como resíduo insolúvel após o tratamento do FDA com ácido sulfúrico concentrado, que dissolve a celulose. A correção para cinzas garante a pureza da medida da lignina.
2. *Método de Klason (TAPPI T 222 om-02) (TAPPI, 2002)*: também chamado de lignina-Klason, é um método gravimétrico clássico para a determinação de lignina insolúvel em ácido e tem como princípio a insolubilidade da lignina em ácido sulfúrico concentrado. Inicialmente, a amostra é submetida a uma hidrólise ácida primária com ácido sulfúrico forte, que solubiliza a maior parte dos carboidratos. Uma segunda hidrólise com ácido diluído e alta temperatura completa a quebra dos carboidratos restantes. A lignina, sendo resistente a essas condições ácidas, permanece como um resíduo sólido insolúvel, que é então separado, seco e pesado. Finalmente, uma correção para cinzas é realizada para garantir que o peso obtido corresponda apenas à lignina insolúvel em ácido (lignina de Klason). Este método é um padrão de referência para quantificar a fração da lignina que resiste à hidrólise ácida.
3. *Lignina solúvel em ácido (LSA) (TAPPI T 250 om-11) (2011)*: a determinação da LSA complementa o método de Klason, fornecendo uma estimativa mais completa do teor total de lignina na amostra. uma pequena porção da lignina pode ser solubilizada durante a hidrólise ácida. A concentração de LSA é determinada por espectrofotômetro do filtrado da hidrólise ácida, geralmente em um comprimento de onda específico (por exemplo, 205 nm ou 280 nm), utilizando um coeficiente de absorvidade específico para a lignina.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lignina desempenha um papel multifacetado, predominantemente limitante, na nutrição de ruminantes. Sua complexa estrutura polimérica e resistência à degradação microbiana atuam como uma barreira física e química, restringindo o acesso das enzimas ruminais aos carboidratos potencialmente digestíveis da parede celular vegetal, como a celulose e a hemicelulose. Essa redução na digestibilidade da fibra impacta diretamente a disponibilidade de energia para o animal, especialmente em sistemas extensivos de pastagens onde forragens maduras e com maiores teores de lignina são frequentemente a base da dieta. Compreender os fatores que influenciam o teor de lignina nas plantas forrageiras, como o estágio de maturidade e a espécie, é crucial para implementar estratégias de manejo que visem otimizar a qualidade nutricional da dieta e, consequentemente, o desempenho produtivo dos ruminantes.

Apesar de seu papel primário como fator antinutricional, a lignina não deve ser vista apenas como um componente inerte e prejudicial. Pesquisas futuras podem explorar melhor seus potenciais efeitos indiretos no ambiente ruminal e na saúde animal. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias e estratégias de pré-tratamento da biomassa, visando a deslignificação parcial, representa uma área promissora para aumentar a digestibilidade de forragens de menor qualidade. Em última análise, uma visão integrada do papel da lignina, considerando tanto seus aspectos negativos quanto seus potenciais benefícios ou formas de mitigação de seus efeitos, é essencial para avançar na nutrição eficiente e sustentável de ruminantes.

## REFERÊNCIAS

- ALAM, M. M. *et al.* Efficient and environmentally friendly techniques for extracting lignin from lignocellulose biomass and subsequent uses: A review. **Cleaner Materials**, v. 13, p. 100253, set. 2024.
- BEZERRA, H. V. A. *et al.* Impact of purified lignin on performance, rumen health, oxidative stress control and meat quality of lambs fed a high-concentrate diet. **Livestock Science**, v. 231, p. 103882, jan. 2020.
- BHANDARI, K. B.; RUSCH, H. L.; HEUSCHELE, D. J. Alfalfa Stem Cell Wall Digestibility: Current Knowledge and Future Research Directions. **Agronomy**, v. 13, n. 12, p. 2875, 23 nov. 2023.

CESARINO, I. *et al.* An overview of lignin metabolism and its effect on biomass recalcitrance. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 4, p. 303–311, 2012.

CLAUSS, M.; HUMMEL, J. Physiological adaptations of ruminants and their potential relevance for production systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 7, p. 606–613, jul. 2017.

DELMER, D. *et al.* The plant cell wall—dynamic, strong, and adaptable—is a natural shapeshifter. **The Plant Cell**, v. 36, n. 5, p. 1257–1311, 2024.

HATFIELD, R. D.; RALPH, J.; GRABBER, J. H. Cell Wall Structural Foundations: Molecular Basis for Improving Forage Digestibilities. **Crop Science**, v. 39, n. 1, p. 27–37, jan. 1999.

JANUSZ, G. *et al.* Lignin degradation: microorganisms, enzymes involved, genomes analysis and evolution. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 41, n. 6, p. 941–962, 1 nov. 2017.

LYONS, G. *et al.* Prediction of Lignin Content in Ruminant Diets and Fecal Samples Using Rapid Analytical Techniques. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 49, p. 13031–13040, 12 dez. 2018.

MOREIRA, L. M. *et al.* A new approach about the digestion of fibers by ruminants. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 2, p. 382–395, jun. 2013.

MUJTABA, M. *et al.* Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics. **Journal of Cleaner Production**, v. 402, p. 136815, maio 2023.

SILVA, J. P. *et al.* Deconstruction of Lignin: From Enzymes to Microorganisms. **Molecules**, v. 26, n. 8, p. 2299, 15 abr. 2021.

SOEST, P. J. V. Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. I. Preparation of Fiber Residues of Low Nitrogen Content. **Journal of AOAC INTERNATIONAL**, v. 46, n. 5, p. 825–829, 1 out. 1963.

STYPINSKI, J. D. *et al.* Effect of acid detergent lignin concentration for diets formulated to be similar in neutral detergent fiber content on energy utilization in lactating Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 8, p. 5699–5708, ago. 2024.

TAPPI, T. A. OF THE P. AND P. I. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. n. 6, p. 5, 2002.

TAPPI, T. A. OF THE P. AND P. I. **Carbohydrate analysis of pulp**, 2011.

VAN SOEST, P. J. *et al.* Klason lignin is a nutritionally heterogeneous fraction unsuitable for the prediction of forage neutral-detergent fibre digestibility in ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 124, n. 7, p. 693–700, 14 out. 2020.

## **ACIDOSE SUBAGUDA EM UMA NOVILHA**

Tatiane Tonet

# RESUMO

Acidose é um distúrbio acidobásico, proveniente de uma dieta com excesso ou inadequado fornecimento de concentrados. Este relato descreve uma novilha da raça Jersey que se apresentava apática, desidratada (grau 5), com apetite seletivo, diminuição da ruminação, diarreia líquida, esverdeada com bastante presença de grãos e bolhas de gás. O diagnóstico é principalmente através do exame clínico, e partir deste consegue-se estipular o grau da enfermidade e qual o tratamento mais adequado para cada caso. Após 24h do tratamento o animal mostrou uma melhora significativa. Através do exame clínico e de acordo com a literatura o animal foi diagnosticado com um quadro de acidose subaguda.

**Palavras-chave:** acidose; concentrado; pH; microbiota ruminal.

## INTRODUÇÃO

A acidose metabólica está diretamente relacionada ao desequilíbrio acidobásico. Pode ocorrer devido ao consumo exacerbado de concentrados, em animais adaptados ou não. Os mesmos têm uma alta fermentabilidade no rúmen, o que ocasiona a baixa do pH no órgão (GONZÁLEZ; SILVA, 2017), e uma alta taxa de passagem (pK) (ORTOLANI, 2018). Este alimento não necessita de ruminação devido ao tamanho da sua partícula (ORTOLANI, 2018), consequentemente ocorre uma baixa na produção de bicarbonato de sódio e outros eletrólitos pela saliva (DIVERS; PEEK, 2008).

Existe uma variação entre os tipos e quantidades de concentrados ingeridos (ORTOLANI, 2018), pois cada concentrado tem o seu tempo de fermentação ruminal. Constable *et al.* (2017) ressaltam que quanto maior a disponibilidade do amido dos grãos, mais danoso será para a microbiota ruminal, gerando uma elevada fermentação que resultará em ácidos lácticos (DIVERS; PEEK, 2008).

O valor de referência do pH ruminal é entre 6 a 7 (GONZÁLEZ; SILVA, 2017), ideal para os microrganismos que predominam no rúmen, as bactérias Gram-negativas (celulolíticas) e os protozoários. Ao ocorrer essa fermentação o pH terá uma acidificação para 5, assim terá um aumento das bactérias Gram-positivas (aminolíticas) e uma morte das bactérias celulolíticas, com a baixa do pH o *Streptococcus bovis* (*S. bovis*) aumentará a sua multiplicação e diminuirá mais ainda o pH tornando o ambiente propício para as principais bactérias precursoras dos ácidos lácticos, o *Lactobacillus* (CONSTABLE *et al.*, 2017; DIVERS; PEEK, 2008; ORTOLANI, 2018; RIET-CORREA *et al.*, 2001).

Devida a exacerbada produção de ácidos lácticos no rúmen, o órgão atrai água e eletrólitos, causando um estado de desidratação (DIVERS; PEEK, 2008; ORTOLANI, 2018). A diarreia é outro fator que auxilia na perda de bicarbonato de sódio, eletrólitos e água, debilitando o ruminante (GONZÁLEZ; SILVA, 2017).

Podemos classificar a acidose em aguda e subaguda. A acidose aguda é acometida ao consumo excessivo de concentrados, sendo que a acidose subaguda (ARSA) é transitória, onde ocorrem picos de fermentação ruminal devido ao fornecimento constante desse alimento, e com uma baixa no consumo de fibra. A ARSA afeta principalmente rebanhos leiteiros, e apresenta aumento significativo de incidências nos últimos anos (CONSTABLE *et al.*, 2017).

O comportamento do animal é crucial no momento da anamnese, exame clínico, (ORTOLANI, 2018), e histórico do manejo alimentar (DIVERS; PEEK, 2008). O enfermo apresenta principalmente apatia, diarreia, diminuição do consumo, diminuição da ruminação, rúmen com atonia, aumento da frequência respiratória, em casos mais graves ocorre andar cambaleante e decúbito que pode levar a morte (DIVERS; PEEK, 2008; GONZÁLEZ; SILVA, 2017; RIET-CORREA *et al.*, 2001).

## **DETALHAMENTO DA EXPERIÊNCIA**

Uma novilha (*Bos taurus*) da raça Jersey, com 14 meses de idade, 270 kg, criada em sistema semi-intensivo no município de Flores da Cunha, Rio Grande do Sul. Sua alimentação era composta por campo nativo, sal mineral e água a vontade e também era fornecido ao animal silagem de milho, ração tamponada com 22% de proteína duas vezes ao dia.

Durante a anamnese, o produtor relatou que o animal se encontrava apático e sem apetite a 2 dias e a 1 dia apresentava diarreia, e que a Jersey era sempre a primeira a chegar no momento da alimentação. No exame clínico o médico veterinário constatou que a novilha (figura 1) encontrava-se apática, desidratada (grau 5), com apetite seletivo, diminuição da ruminação, diarreia líquida, esverdeada com bastante presença de grãos e bolhas de gás. Devido aos sinais clínicos e a anamnese o paciente foi diagnosticado com acidose ruminal.

Foi realizado um tratamento de suporte de fluidoterapia com ringer e NaCl 9% devido ao desequilíbrio eletrolítico e acidobásico, antitóxico 3 dias, anti-inflamatório 3 dias, probiótico por 10 dias. Associado ao tratamento clínico ocorreram alterações na dieta, remoção da ração por 7 dias, após reintroduziu-se de forma gradativa iniciando-se com 400gr diários, fornecido em 2 refeições, adição de feno e bicarbonato de sódio a alimentação. Após 24h a enferma apresentava-se com disposição, alerta, com fezes pastosas a firmes, e apetite.

**Figura 1.** Novilha Jersey no momento do atendimento, apresentava-se apática, desidratada, apetite seletivo, diminuição da ruminação, diarreia.



**Fonte:** Tonet (2025).

## DISCUSSÃO

Com o passar dos anos vem se aumentando os casos de acidose em rebanhos confinados, independentemente da finalidade, engorda ou leite. Além dos períodos onde encontra-se uma escassez de forrageiras devido o inverno, estiagem ou enchentes (RIET-CORREA *et al.*, 2001).

A acidose possui graus de gravidade, que variam entre branda, subaguda, aguda e hiperaguda. Esses graus podem ser definidos através dos parâmetros de desidratação, sinais clínicos e sugestão de tratamento (CONSTABLE *et al.*, 2017). De acordo com a Tabela 1 podemos realizar a interpretação do grau de acidose.

**Tabela 1.** Graus da gravidade da acidose e parâmetros de desidratação, sinais clínicos e sugestão de tratamento.

| Grau de gravidade | Desidratação                           | Sinais clínicos                                                                                                                                        | Tratamento                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Branda            | Não é detectável clinicamente          | Alerta, capaz de andar, sem ataxia, consumo normal de água e alimentos                                                                                 | Fornecer feno e observar por 48h                                                                                                                                                                  |
| Subaguda          | 4 a 6 (pouco perceptível clinicamente) | Ligeiramente alerta, capaz de andar, sem ataxia, apetite seletivo, consumo normal de água                                                              | Hidróxido de magnésio-55g/450kg PC no rúmen<br>Fluidos se indicado<br>Fornecimento de feno<br>Após 24h a 36h deve voltar o consumo                                                                |
| Aguda             | 8 a 10                                 | Deprimido, ainda é capaz de andar, mas atáxico, anorexia completa, pode querer ingerir água, pupilas ligeiramente dilatadas e resposta lenta.          | Considerar abate imediato<br>Lavagem ruminal ou rumi-notomia<br>Bicarbonato de sódio e fluidos IV como em casos hiperagudos<br>Fornecer feno                                                      |
| Hiperaguda        | 8 a 12                                 | Gravemente deprimido, fraqueza em decúbito lateral, incapaz de se manter em posição quadrupedal, cegueira aparente, pupilas dilatadas e resposta lenta | Ruminotomia<br>5l de bicarbonato de sódio (5%) intravenoso (IV) em 30 min (para 450 kg de peso corporal (PC) seguido por fluidos isotônicos balanceados e eletrolíticos a 150ml/kg PC por 6 a 12h |

**Fonte:** CONSTABLE et al., 2017, p. 480.

Podemos utilizar para o diagnóstico, testes complementares como amostra de fluido ruminal para medição de pH e também uma avaliação através do microscópio para detectar a presença de protozoários (RIET-CORREA *et al.*, 2001), avaliação de concentrados nas fezes, e até exames laboratoriais solicitando valores de ácido-base e eletrólitos (DIVERS; PEEK, 2008).

O tratamento é reservado, eleito pelo médico veterinário de acordo com a anamnese, exame clínico, e quantidade de animais (DIVERS; PEEK, 2008). No presente relato o animal era o primeiro a chegar para se alimentar, o produtor acredita que ela tenha ingerido todo o concentrado fornecido sobre a silagem de milho para os 4 animais.

Optou-se por reestabelecer o animal devido a desidratação e proporcionar o equilíbrio acidobásico, não havia necessidade de ruminotomia e nem de ruminocentese pois o animal ainda selecionava alguns alimentos para ingestão e manteve o consumo de água. Quando os animais se encontram em uma fase subaguda, como neste caso, o pH fica em torno de 5, é indicado uma terapia via

oral a base de 500g de hidróxido de magnésio para 450kg de peso, diluído em água morna, ou 0,5-1g/kg de bicarbonato de sódio (RIET-CORREA *et al.*, 2001).

A mudança mais significativa foi na alimentação desses 4 animais, prioritariamente do indivíduo acometido. Adição de feno e bicarbonato de sódio na alimentação. Retirada do concentrado por 7 dias, pois 24h após o tratamento o animal apresentava uma melhora significativa, após esta semana a indicação é a reintrodução de forma gradual iniciando-se com 400gr ao dia, dividido em 2 refeições, pela manhã e vespertino. Riet Correa *et al.* (2001) sugerem que nos primeiros 4 dias se forneça 0,3% do peso corporal, e sequencialmente ir aumentando a proporção até 1% do peso corporal, em um período de 21 dias. As papilas e a microbiota ruminal necessitam de 3 a 5 semanas de adaptação para a introdução dos concentrados na dieta (CONSTABLE *et al.*, 2017).

A principal forma de controlarmos a acidose é a partir da prevenção. Algumas medidas de manejo podem ser implementadas, como: índices de casos na propriedade, adaptar gradativamente os animais para o recebimento de concentrados, evitar que os ruminantes fiquem sem esse alimento por longos períodos, adicionar a dieta fibras longas que estimulem a ruminação e produção de seu próprio tamponante, fornecimento de dieta totalmente completa e misturada (TMR), adicionar juntamente a dieta tamponantes como o bicarbonato de sódio, ofertar a TMR em 2 ou 3 refeições diárias e também incluir na TMR probióticos à base de leveduras secas ou ionóforos como a monensina (ORTOLANI, 2018).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho vem para complementar e agregar o conhecimento da importância da associação do tratamento clínico com a base nutricional. A acidose é um distúrbio metabólico que pode ser evitada através de uma dieta equilibrada para os animais. É fundamental que os produtores compreendam a importância de contar com profissionais especializados em nutrição animal, a fim de evitar perdas econômicas e maximizar os ganhos.

## REFERÊNCIAS

CONSTABLE, Peter D.; HINCHCLIFF, Kenneth W.; DONE, Stanley H.; GRÜNBERG, Walter. **Clínica Veterinária - Um Tratado de Doenças dos Bovinos, Ovinos, Suínos e Caprinos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2017. p. 470-490.

DIVERS, Thomas J.; PEEK, Simon F.. **Rebhun's Diseases of Dairy Cattle**. 2. ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2008.

GONZÁLEZ, Félix H. Díaz; SILVA, Sérgio Ceroni da. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: Série Graduação, 2017.

ORTOLANI, Enrico Lippi. *Prevenção das acidoses ruminais em rebanhos leiteiros: novos conceitos*. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DA VACA LEITEIRA**, 5., 2018, Porto Alegre. *Anais do V Simpósio Nacional da Vaca Leiteira*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. p. 3-14.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. **Acidosis in cattle**: a review. J. Ani. Sci., v.76, p.275-286, 1998.

RIET-CORREA, Franklin; SCHILD, Ana Lucia; MÉNDEZ, Maria del Carmen; LEMOS, Ricardo A. A.; *et al.* **Doenças de ruminantes e eqüinos**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. v. 2. p. 336-340.

## **ALIMENTOS NÃO CONVENCIONAIS MAIS UTILIZADOS EM DIETAS PARA SUÍNOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Felype Yutaka Yonezawa

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Emanoel Bulhões Bezerra

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Alana Siqueira Alves da Costa

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Keisylaine Nascimento dos Santos

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Debora Andrade Silva

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Juan Roberto Ely Ruiz

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Carla Batista Vaz

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Jonathan Mádson dos Santos Almeida

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

# RESUMO

A suinocultura brasileira, responsável por uma produção anual superior a 40 milhões de suínos, enfrenta desafios relacionados à otimização dos custos alimentares, com o uso predominante de milho e farelo de soja nas dietas. O objetivo deste estudo foi analisar a utilização de alimentos não convencionais como alternativa nutricional, buscando reduzir os custos e aumentar a sustentabilidade na produção suinícola. A metodologia consistiu em uma análise bibliométrica nas bases de dados Scopus e PubMed, com a seleção de 20 artigos relevantes. Os resultados mostraram que alimentos não convencionais, como resíduos agroindustriais e subprodutos de alimentos, demonstraram potencial para melhorar o desempenho dos suínos, especialmente nas fases de crescimento e terminação. A maioria dos estudos focou em fontes proteicas alternativas, devido ao elevado custo de insumos tradicionais. Além disso, a análise indicou que a inclusão desses ingredientes pode melhorar a conversão alimentar, ganho de peso e digestibilidade de nutrientes, mas ainda é necessário realizar mais pesquisas para avaliar sua viabilidade econômica em larga escala. Conclui-se que os alimentos não convencionais podem representar uma solução viável para a redução de custos e a sustentabilidade da suinocultura, mas exigem mais estudos para uma aplicação eficiente.

**Palavras-chave:** desempenho produtivo; ingredientes alternativos; suinocultura.

## INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira tem se destacado como um dos pilares da agropecuária nacional, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e a economia do país. Com uma produção que supera 40 milhões de suínos por ano, o Brasil se posiciona como um dos maiores produtores e exportadores de carne suína do mundo (ABPA, 2024). A eficiência produtiva da suinocultura nacional é sustentada por avanços tecnológicos e práticas de manejo aprimoradas, que visam maximizar a produtividade e a qualidade do produto. Contudo, a crescente demanda por alimentos e a necessidade de otimização dos custos de produção têm levado os produtores a buscarem alternativas mais sustentáveis e econômicas para a alimentação dos suínos (IBGE, 2022).

As dietas usadas em sistemas industriais de produção de suínos no Brasil têm como principais componentes o milho e o farelo de soja. O milho é utilizado como principal fornecedor de energia, possui em média 88,9% de matéria seca, 7,8% de proteína bruta. Já o farelo de soja é utilizado, principalmente, como fornecedor de proteína, possui em média 89,6% de matéria seca, 45% de proteína bruta. Todavia, as alterações sazonais nos preços desses alimentos tornaram-se um problema para a produção de suínos, levando à procura de alternativas de matérias-primas para as rações (HOWART *et al.*, 2021).

É grande o número de alimentos que podem ser usados na criação de suínos. Tratam-se, geralmente, de culturas em momentos de produção abundante, resíduos industriais e alimentos descartados ou que estão disponíveis na propriedade (MYER & BRENDEMUHL, 2001). Ao implementar mudanças na formulação de uma dieta deve-se considerar a viabilidade econômica. Muitos alimentos industrializados destinados ao consumo humano também despertam o interesse de pesquisadores. Esses produtos são eventualmente descartados por estarem quebrados, queimados, amassados ou fora do padrão. São constituídos de matérias-primas como farinha de trigo, milho, açúcar e óleo vegetal, que podem ser bem aproveitadas pelos suínos (VOLPATO *et al.*, 2014).

Nesse contexto, a utilização de alimentos não convencionais tem emergido como uma estratégia promissora para diversificar as fontes de nutrição e reduzir os custos associados à dieta dos animais. Alimentos não convencionais, como resíduos agroindustriais, subprodutos de alimentos e matérias-primas menos

tradicionais, oferecem uma alternativa viável aos ingredientes convencionais, muitas vezes mais caros e menos sustentáveis. Estes ingredientes podem incluir desde subprodutos de indústrias de processamento de grãos até restos de vegetais e frutas, os quais, quando adequadamente processados e balanceados, podem atender às necessidades nutricionais dos suínos de forma eficiente e econômica (GOMES *et al.*, 2012). Estudos vêm sendo desenvolvidos para se comprovar a eficácia de diferentes ingredientes alternativos na substituição total ou parcial aos usualmente utilizados (HOWART *et al.*, 2021).

O desempenho dos animais, medido em termos de crescimento, eficiência alimentar e saúde geral, são um fator crucial na avaliação da eficácia desses alimentos não convencionais. Estudos demonstram que a incorporação de ingredientes alternativos na dieta dos suínos pode influenciar positivamente a conversão alimentar e a taxa de ganho de peso, além de contribuir para a redução dos custos de produção. No entanto, a eficácia dessas alternativas depende da formulação adequada das dietas e da garantia de que todos os nutrientes essenciais sejam fornecidos. Portanto, a avaliação contínua do impacto desses alimentos não convencionais no desempenho dos suínos é essencial para otimizar a produção e assegurar a viabilidade econômica e sustentável na Suinocultura (ABCS, 2014).

Dessa maneira, objetivou-se com esta revisão sistemática apresentar resultados atuais sobre a utilização de alimentos não convencionais para nutrição de suínos e seus possíveis efeitos sobre o desempenho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foi conduzida uma análise bibliométrica com o objetivo de identificar a produção científica relacionada ao uso de alimentos não convencionais na suinocultura e seus efeitos sobre o desempenho zootécnico dos animais.

A busca foi realizada nas bases de dados Scopus e PubMed durante o mês de julho de 2024, utilizando os seguintes descritores combinados com operadores booleanos: *pig OR porcine OR swine OR piglets OR "nursery phase" OR "maternity phase" OR "termination phase" AND "unconventional foods" OR "alternative foods" OR "unconventional ingredients" OR "alternative ingredients" AND "weight*

*gain" OR performance OR "feed consumption" OR "food conversion" OR "feed efficiency" OR consumption.*

Na base Scopus, a busca inicial retornou 45 documentos. Após a aplicação do filtro temporal (últimos 10 anos), o número foi reduzido para 36. Posteriormente, ao restringir os resultados à temática da suinocultura, restaram 33 documentos. A leitura dos títulos e resumos permitiu a exclusão de publicações que não abordavam a utilização de ingredientes alternativos em nenhuma fase da criação de suínos, resultando na seleção de 17 artigos.

Na base PubMed, foram encontrados inicialmente 8 artigos. Após a aplicação do filtro temporal, restaram 6 documentos, sendo 5 pertinentes à suinocultura. Todos os 5 artigos selecionados estavam relacionados ao uso de alimentos alternativos.

Ao final do processo de triagem e exclusão de duplicatas, foram considerados 20 artigos elegíveis. Esses estudos foram organizados em categorias segundo a classificação dos ingredientes utilizados, a fase de criação em que foram aplicados e os efeitos sobre parâmetros de desempenho, em comparação a dietas convencionais.

A relevância desse tema se dá frente aos desafios enfrentados pela cadeia produtiva de suínos no que se refere à sustentabilidade e à redução de custos alimentares, que representam a maior parte dos gastos na produção. A utilização de ingredientes alternativos ou não convencionais pode representar uma estratégia viável para mitigar os efeitos da alta nos preços de insumos tradicionais, além de promover o aproveitamento de subprodutos agroindustriais e contribuir para a diversificação de fontes alimentares. Assim, compreender os impactos dessas alternativas sobre o desempenho animal é essencial para garantir eficiência produtiva, viabilidade econômica e menor impacto ambiental no setor suinícola.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos nas bases de dados Scopus e PubMed estão organizados nas Tabelas 1 a 4 e permitem observar tendências relevantes no uso de alimentos alternativos na suinocultura.

Conforme apresentado na Tabela 1, a base Scopus resultou em 15 artigos classificados quanto à natureza dos alimentos estudados: 4 abordaram alimentos energéticos e 11 focaram em alimentos proteicos. Já na base PubMed, os resultados foram mais equilibrados, devido ao número reduzido de publicações: 2 artigos abordaram alimentos energéticos e 3 alimentos proteicos, totalizando 5 estudos.

**Tabela 1.** Número de Artigos por classificação de alimentos energéticos e proteicos.

| Bases de busca | Alimentos Energéticos | Alimentos Proteicos |
|----------------|-----------------------|---------------------|
| Scopus         | 4                     | 11                  |
| PUBMED         | 2                     | 3                   |
| Total          | 6                     | 14                  |

O predomínio de estudos voltados a fontes proteicas não convencionais pode estar relacionado ao elevado custo dos insumos proteicos tradicionais, como o farelo de soja, em comparação aos energéticos, como o milho. Dessa forma, as pesquisas buscam identificar alternativas viáveis que possam reduzir o custo da alimentação sem comprometer o desempenho produtivo dos animais (PASCOAL, 2006). Observa-se, ainda, que a maior parte dos ingredientes investigados possui origem vegetal, o que pode ser atribuído à maior disponibilidade no mercado, à facilidade de aquisição e à praticidade de inclusão na formulação de rações.

Podemos verificar na Tabela 2 a distribuição dos artigos segundo a fase de criação dos suínos. Apenas um estudo (5,0%) foi direcionado à fase de gestação e lactação.

**Tabela 2.** Artigos encontrados por fases de criação na Suinocultura representados em %.

| Fases de criação         | Scopus | PUBMED | Total por fase (%) |
|--------------------------|--------|--------|--------------------|
| Gestação e lactação      | 5,00   | -      | 5,00               |
| Pós-desmame/Inicial      | 30,00  | 5,00   | 35,00              |
| Crescimento e terminação | 40,00  | 20,00  | 60,00              |
| Total (%)                | 75,00  | 25,00  | 100                |

Para a fase de pós-desmame/inicial, foram encontrados 7 artigos (35,0%). De acordo com Martins *et al.* (2018) entre as diversas fases do sistema

de criação de suínos, a fase inicial – comumente chamada de creche – se destaca como um período especialmente crítico e desafiador para os leitões. Esse estágio é caracterizado por mudanças abruptas e potencialmente estressantes, como o desmame precoce, a separação dos leitões da porca, a transição da dieta líquida para o alimento sólido, a adaptação a um novo ambiente físico e social, e a reestruturação das hierarquias sociais devido à mistura de diferentes leitegadas (MARTINS *et al.*, 2018). O que torna a nutrição um desafio.

Todavia, a maior concentração de estudos (12 artigos, ou 60,0%) foi observada nas fases de crescimento e terminação. Esse padrão pode ser explicado pela maior demanda nutricional dos animais nessas fases, em que o consumo de ração é intensificado, tornando-se o principal componente do custo de produção. Assim, é natural que a literatura concentre esforços em avaliar ingredientes alternativos nessa etapa, visando à viabilidade econômica da produção.

Verifica-se na Tabela 3 os estudos que realizaram análise de desempenho também se concentram majoritariamente nas fases de crescimento e terminação, com um total de 12 artigos, seguido da fase do pós-desmame/Inicial com 5 estudos. Nenhum artigo investigou o desempenho reprodutivo nas fases de gestação ou lactação, evidenciando uma lacuna na literatura científica quanto aos efeitos dos alimentos alternativos sobre parâmetros reprodutivos.

**Tabela 3.** Artigos que apresentam análises de desempenho.

| Bases de busca | Gestantes e Lactantes | Pós-Desmame/Inicial | Crescimento e Terminação |
|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|
| Scopus         | -                     | 4                   | 9                        |
| PUBMED         | -                     | 1                   | 3                        |
| Total          | -                     | 5                   | 12                       |

Os alimentos identificados nas bases de dados e os respectivos efeitos sobre o desempenho zootécnico podem ser observados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Alimentos encontrados e seus benefícios na Suinocultura.

| Bases de busca | Alimento                                             | Desempenho                                                                                      |
|----------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PUBMED         | Sementes de leguminosas                              | Bons parâmetros de ganho de peso e qualidade de carcaça                                         |
|                | Resíduos Alimentares Doces e Salgados                | Maior digestibilidade de energia                                                                |
|                | Farelo de Girassol e Ervilha                         | Maior digestibilidade em proteína e ingestão de energia                                         |
|                | Farelo de Coco                                       | Maior consumo de ração e digestibilidade de proteína                                            |
| Scopus         | Polpa Cítrica                                        | Melhora no Ganho de Peso Diário                                                                 |
|                | Farinha de Semente de Abóbora                        | Diminui a contaminação por verminose                                                            |
|                | Complexo Multe enzimático e Farelo de Arroz Integral | Melhora a digestibilidade e o metabolismo da ração                                              |
|                | Azevém                                               | Maior ingestão diária de ração, melhor conversão alimentar e o ganho médio diário de peso       |
|                | Resíduos Alimentares                                 | Diminuiu a abundância, a biodiversidade e a estabilidade de bactérias ruins no intestino grosso |
|                | Farinha de Batata-doce                               | Melhora a digestibilidade total                                                                 |
|                | Extrato de Palmiste                                  | Substitui 20% do milho e farelo de soja total da ração sem prejudicar desempenho                |
|                | Mandioca Desidratada                                 | Excelente fonte energética para leitões na fase inicial                                         |
|                | Farelo de Panificação                                | Reduz impactos ambientais                                                                       |
|                | Farelo de Palma                                      | Melhor conversão alimentar                                                                      |
|                | Feijão-caupi                                         | Conversão alimentar e ganho de peso semelhante aos alimentos convencionais                      |
|                | Torta de Polpa de Macaúba                            | Melhor deposição de carne magra                                                                 |

Esses efeitos foram variados, incluindo melhorias na qualidade de carcaça, ganho de peso diário, conversão alimentar e digestibilidade de nutrientes como proteína e energia. Destaca-se que apenas um ingrediente, os resíduos alimentares, foi citado em mais de um estudo, apresentando resultados distintos entre eles. Isso reforça a necessidade de avaliações específicas para cada tipo de ingrediente alternativo, considerando sua variabilidade e composição nutricional.

De forma geral, os estudos sugerem que diversos ingredientes não convencionais apresentam potencial para substituir total ou parcialmente os insumos tradicionais, como milho e farelo de soja, especialmente nas fases

finais de criação. O avanço tecnológico na pesquisa de alimentos alternativos se mostra promissor, oferecendo aos produtores suinícolas um leque mais amplo de opções alimentares, o que pode contribuir significativamente para a redução de custos e a sustentabilidade da cadeia produtiva.

## CONCLUSÕES

Os alimentos não convencionais demonstraram um desempenho produtivo promissor em comparação aos convencionais, como milho e farelo de soja, especialmente nas fases de crescimento e terminação. No entanto, é necessário aprofundar as pesquisas para uma avaliação mais precisa dos resultados, incluindo a análise de aspectos econômicos, a fim de determinar sua viabilidade e eficiência em larga escala.

## REFERÊNCIAS

- ABCS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Produção de Suínos, Teoria e Prática Primeira Edição**, Disponível em: [https://abcs.org.br/wp-content/uploads/2020/06/01\\_Livro\\_producao\\_bloq\\_reduce.pdf](https://abcs.org.br/wp-content/uploads/2020/06/01_Livro_producao_bloq_reduce.pdf). Acesso em: 19 de abr. de 2025.
- ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2024: Carne suína**. Brasília, DF: ABPA. 2024.
- GOMES T.R., CARVALHO L.E. DE, FREITAS E.R., NEPOMUCENO R.C., ELLERY E.A.C., RUFINO R.H.M. Efeito da inclusão de farelo de arroz integral em rações para leitões de 21 a 42 dias de idade. **Archivos de Zootecnia**, v.61, n.233, p.129-139, 2012. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000100014>
- HORWAT, D. E. G.; POLTRONIERI, P. T.; NACK, D. C. R. D.; BRUM, J.S. Uso de alimentos alternativos na dieta de suínos. **Revista Nutritime**, v. 18, n. 1, p. 9494–9503, jan./fev. 2021.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agropecuária 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em: 19 de abr. de 2025.
- MARTINS, A. A.; CAMPANINI, D.; De CAVALHO, P. G. B. *et al.* **Aspectos gerais do desmame de leitões**. Ciência Veterinária UniFil, Londrina. v.1, n. 2, p. 1-9, 2018.
- MYER, R. O.; BRENDMUHL, J. H. Miscellaneous Feedstuffs. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (Ed.). **Swine Nutrition**. 2.ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.563-578.
- PASCOAL, L. A. F.; DOURADO, L.R. B.; SILVA, L. da P. G. da; NETO, A. C. Mortalidade, natimortalidade e mumificação fetal: fatores que influenciam a eficiência reprodutiva de suínos. **Revista Eletrônica de Veterinária - REDVET**, v. 7, n. 11, nov. 2006.
- VOLPATO, R. M.; OLIVEIRA, V.; GEWEHR, C.E.; NETO, D.P. Coprodutos da agroindústria na alimentação de leitões. **Ciência Rural**, v.45, n.1, p.86-91, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130391>

## **ALTERAÇÕES NO COMPORTAMENTO DE BOVINOS DE LEITE COMO INDICATIVO PARA A ACIDOSE RUMINAL: ESTUDO DE CASO**

Nicole Melchiors Bach

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI)– *Campus* Santo Ângelo

Andressa Ana Martins

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI)– *Campus* Santo Ângelo

# RESUMO

O estudo do comportamento ingestivo é uma importante ferramenta para avaliar as dietas dos animais, permitindo ajustar o manejo alimentar, maximizar o desempenho produtivo e prevenir doenças metabólicas. O presente estudo de caso tem como objetivo descrever alterações do comportamento ingestivo e nas atividades diárias dos bovinos leiteiros como indicativo para a acidose ruminal. O estudo descreve sobre o surgimento de casos clínicos de acidose ruminal após a alteração da dieta fornecida aos bovinos da raça Holandesa, a qual foi fornecida desbalanceada, em uma propriedade do município de São Pedro do Butiá, Rio Grande do Sul. Foram analisadas as atividades e comportamentos dos animais através de coleiras eletrônicas monitoradas pelo Software da Cow Med®. Observou-se mudanças nas atividades de refeições diárias, ruminação, horas ofegantes e perfil de ofegação durante o período analisado no presente estudo de caso. Essas alterações correspondem com os sinais clínicos de acidose ruminal. Assim, pode-se destacar a importância na observação das alterações, tanto do comportamento ingestivo como das atividades diárias dos bovinos leiteiros, como indicativo para a acidose ruminal.

**Palavras-chave:** comportamento ingestivo; bovinocultura de leite; acidose ruminal; manejo nutricional.

## INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento alimentar é fundamental para analisar as dietas, permitindo otimizar o manejo nutricional dos animais e, assim, melhorar o desempenho produtivo. Vários aspectos estão relacionados ao comportamento alimentar dos animais, como por exemplo, as características dos alimentos, a motilidade do pré-estômago e as condições climáticas, a saúde animal. Entre os parâmetros estudados para descrever o comportamento alimentar, destacam-se o tempo de alimentação e ruminação, o número de episódios alimentares, os períodos de ruminação e a eficiência tanto da alimentação quanto da ruminação (FORBES, 1995).

Conforme Albright (1993), o estudo do comportamento ingestivo dos ruminantes visa alcançar três objetivos principais: 1) investigar os efeitos do tipo de alimentação, bem como a quantidade e qualidade nutricional das forragens, sobre o comportamento alimentar; 2) estabelecer a correlação entre o comportamento ingestivo e o consumo voluntário; e 3) explorar o uso do entendimento sobre o comportamento alimentar para otimizar o desempenho dos animais.

O estudo do comportamento ingestivo é uma ferramenta crucial na avaliação das dietas, permitindo ajustar o manejo alimentar dos animais para maximizar o desempenho produtivo (MENDONÇA *et al.*, 2004). A relação volumoso:concentrado influencia diretamente no comportamento ingestivo dos ruminantes, pois os alimentos volumosos contêm maior teor de fibra bruta, o que estimula a ruminação e salivação mantendo o ambiente ruminal neutro. Já os alimentos concentrados, com menor teor de fibra bruta, reduzem a ruminação, desta forma, pré-dispõe o ambiente ruminal ao pH ácido. No entanto, são essenciais para elevar a eficiência da produção animal. A modificação na alimentação de bovinos resultou em maiores índices de produtividade, porém também introduziu desequilíbrios digestórios e metabólicos, como a acidose, que técnicos e criadores ainda enfrentam (CHURCH, 1993; NAGARAJA e TITGEMEYER, 2007).

De acordo com Gebert e Moraes (2022), a acidose ruminal é uma condição patológica que interfere diretamente no comportamento ingestivo dos ruminantes, sendo desencadeada principalmente pela ingestão de alimentos ricos em carboidratos facilmente fermentáveis, como açúcares e amido. Essa doença é comum em sistemas de criação intensivo de bovinos, onde dietas

ricas em carboidratos não estruturais são adotadas para melhorar a performance produtiva. Os sinais clínicos da acidose ruminal variam dependendo da quantidade de carboidratos consumidos e da adaptação do animal, podendo incluir anorexia, diminuição da produção, fezes alteradas e, em casos graves, a morte do animal (GEBERT e MORAIS, 2022).

O manejo nutricional é uma das práticas mais fundamentais na produção de leite, com impacto direto na saúde e produtividade dos animais. O equilíbrio adequado na oferta de nutrientes, aliado ao controle rigoroso da matéria seca, é essencial para garantir uma dieta balanceada, otimizar a conversão alimentar e minimizar desperdícios. A matéria seca, em especial, desempenha um papel crucial no controle da ingestão de nutrientes, pois é um indicador da qualidade dos ingredientes e da adequação das dietas fornecidas.

No contexto da acidose ruminal subaguda, o manejo adequado da matéria seca e da fibra efetiva na dieta é de extrema importância para prevenir a ocorrência e a progressão da doença (RAMALHO, 2022). Portanto, o comportamento ingestivo, ao ser monitorado adequadamente, pode ser uma ferramenta importante para identificar precocemente condições como acidose ruminal, permitindo ajustes na dieta e no manejo nutricional para garantir a saúde e a produtividade dos ruminantes. Deste modo, o presente estudo de caso tem como objetivo descrever alterações do comportamento ingestivo e nas atividades diárias dos bovinos leiteiros como indicativo para a acidose ruminal.

## **DETALHAMENTO DO CASO**

O presente estudo descreve sobre o surgimento de casos clínicos de acidose ruminal após a alteração da dieta fornecida aos bovinos da raça Holandesa em uma propriedade do município de São Pedro do Butiá, Rio Grande do Sul. A propriedade possui 108 bovinos em sistema *Compost Barn*, com produção média de leite de 39 litros/dia, sendo estas, monitoradas por um sistema de coleiras eletrônicas, da empresa Cow Med®, que possibilitam a observação das atividades realizadas pelos animais diariamente, como por exemplo, ruminação, ofegação, frequência cardíaca, horas ofegantes, refeições diárias, entre outras.

A ordenha dos animais é mecanizada, realizada três vezes ao dia, as 6 horas da manhã, 14 horas da tarde e 22 horas da noite. As atividades dos animais

foram observadas de 01 a 11 de novembro de 2024. Neste período, os animais apresentaram em média 188 Dias Em Lactação (DEL).

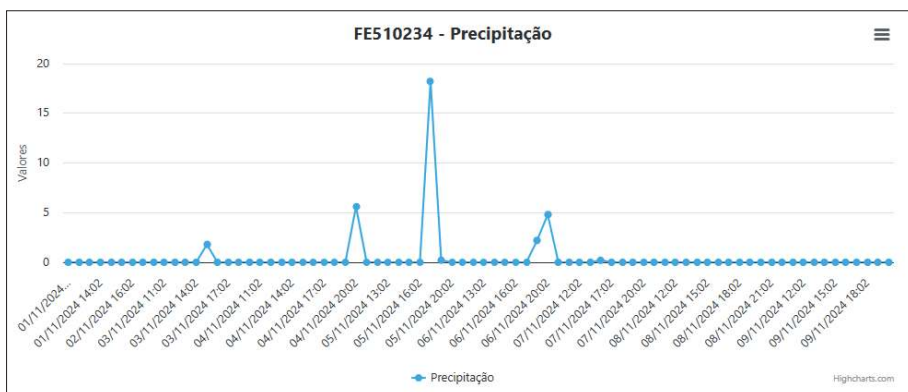
A dieta fornecida aos animais, no período observado, foi composta por silagem de milho safrinha, pré-secado tifton, palha de trigo, caroço de algodão, Casca de soja moída, Milho moído, Soja grão tostada, DDGS ALD, Bicarbonato de sódio, Uréia, Farelo de soja, Farelo de trigo e NC proveleite, conforme a Tabela 1, calculada com o auxílio do Software AMTS.Cattle.Professional®. sendo a relação volumoso:concentrado de 65:35.

**Tabela 1.** Consumo diário por animal de matéria seca (MS) e matéria natural (MN) estimado pelo Software AMTS.Cattle.Professional®.

| Ingredientes         | Kg MS/a/dia | Kg MN/a/dia |
|----------------------|-------------|-------------|
| Silagem de milho     | 8,750       | 25,000      |
| Milho Moído          | 5,314       | 6,038       |
| Farelo de soja       | 3,081       | 4,285       |
| Pré-secado tifton    | 1,600       | 4,000       |
| Caroço de algodão    | 1,840       | 2,000       |
| Casca de Soja Moída  | 1,362       | 1,498       |
| Soja Grão Tostada    | 0,845       | 0,909       |
| NC PROVELEITE        | 0,646       | 0,649       |
| Farelo de trigo      | 0,461       | 0,519       |
| Palha de Trigo       | 0,500       | 0,500       |
| DDGS ALD             | 0,346       | 0,390       |
| Bicarbonato de Sódio | 0,129       | 0,129       |
| Uréia                | 0,064       | 0,065       |

As alterações de comportamento ingestivo dos animais foi observada após alguns dias de chuva. Os dados de precipitação no período de 01 a 09 de novembro de 2024 da estação meteorológica do município de Cerro Largo – RS, distante 15 km de São Pedro do Butiá – RS, estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1.** Precipitação em Cerro Largo – RS no período de 01 a 09 de novembro 2024.



**Fonte:** <https://simagro.rs.gov.br/grafico-dados-observados>. Acesso em 03/04/2025.

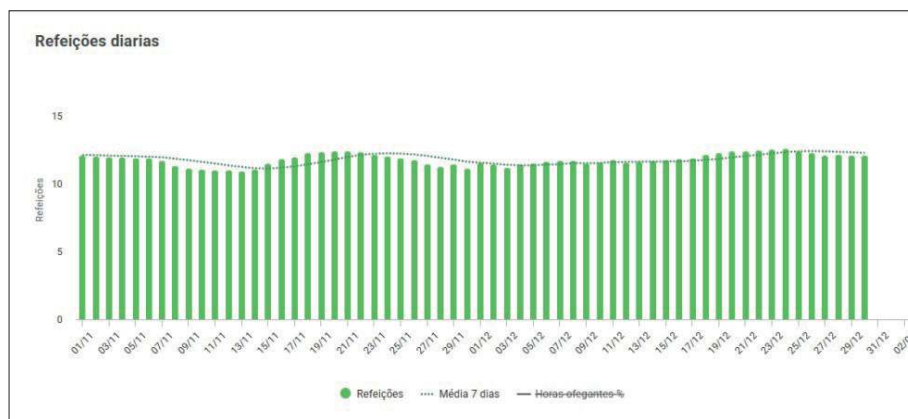
Ao revisar a lona de revestimento do silo foi identificado alguns locais pelos quais a água da chuva penetrou na silagem fazendo com que essa ficasse mais úmida. Deste modo, a silagem de milho com maior teor de umidade, foi fornecida aos animais sem ajuste na quantidade de matéria natural (MN), o que ocasionou o desequilíbrio nutricional, modificando a relação volumoso:concentrado da dieta. Após 3 dias do fornecimento foi possível observar as alterações no comportamento ingestivo dos animais, seguida de alterações fisiológicas e sinais clínicos de acidose subclínica.

Os animais não receberam tratamento para os sinais clínicos e alguns dias após as maiores alterações no comportamento ingestivo retornaram as atividades normais.

## DISCUSSÃO

Após os eventos de chuva, com a lona de revestimento do silo da silagem de milho danificada, houve alteração no número de refeições diárias dos animais. Conforme a Figura 2 podemos observar que os animais reduziram o número de refeições a partir do dia 05 de novembro mantendo esse comportamento até o dia 13 de novembro, ou seja, foram 7 dias de menor consumo.

**Figura 2.** Refeições diárias de bovinos de leite em propriedade de São Pedro do Butiá – RS.

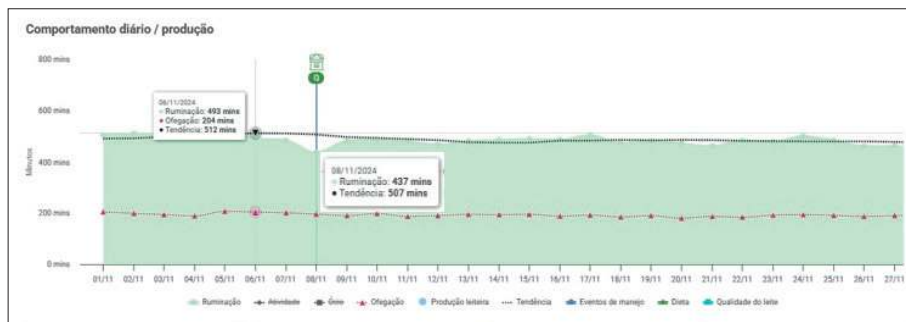


**Fonte:** Software Cow Med®.

A quantidade de silagem de milho estava sendo fornecida sem ajuste no teor de matéria natural, sendo assim, os animais consumiam menor quantidade de volumoso do que o estimado pelo software. Esse fato, alterou a relação volumoso:concentrado da dieta, elevando o consumo de concentrado. A relação volumoso:concentrado é importante, pois a sua queda causa incremento na quantidade de carboidratos fermentáveis no rúmen (amido), que provocam redução no pH ruminal (OLIVEIRA *et al.*, 2007). O volumoso é um importante ingrediente que estimula a motilidade ruminal, ou seja, a ruminação e produção de saliva, que atua como um tamponante mantendo a neutralidade do pH ruminal.

Na Figura 3 podemos observar o comportamento diário de ruminação dos animais, o qual reduziu após o dia 05 de novembro chegando no menor tempo de ruminação no dia 08 de novembro.

**Figura 3.** Comportamento diário/produção de bovinos de leite no período de 01 a 27 de novembro 2024.



**Fonte:** Software Cow Med®.

O tempo dedicado à ruminação está diretamente relacionado à qualidade e à quantidade de alimento consumido (MENDES *et al.*, 2010). As dietas com maior porcentagem de volumoso em relação ao concentrado estimulam a ruminação e mantem a saúde ruminal. Deste modo, a dieta fornecida aos animais sem ajuste na quantidade de volumoso alterou a atividade de ruminação, a qual foi reduzindo por três dias consecutivos, de 05 a 08 de novembro, em seguida foi aumentando gradativamente até estabilizar a partir do dia 10 de novembro.

No presente estudo foi observado que o tempo de ruminação das vacas reduziu de 493 minutos/dia para 437 minutos/dia, dia 06 e dia 08 de novembro respectivamente. O que evidencia a influência da dieta não ajustada, fornecida aos animais, no comportamento dos animais. Segundo Cecim, (2018) os bovinos apresentam três principais comportamentos ao longo do dia: ruminação, atividade e repouso, sendo que em um período de 24 horas, os animais geralmente dedicam cerca de 8 horas a cada um desses comportamentos.

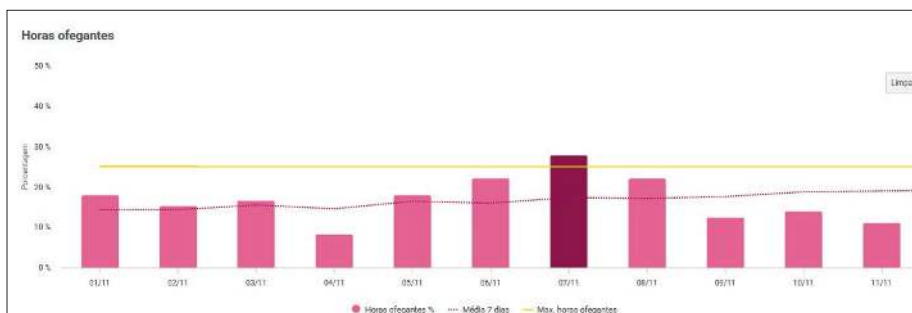
As alterações na distribuição dessas atividades ao longo do dia podem estar associadas a fatores relacionados à sanidade, nutrição ou condições de ambiência. Segundo Van Soest (1994) o tempo de ruminação diário de bovinos deve estar entre 240 a 540 minutos/dia. Desta forma, os animais do presente estudo mantiveram o tempo de ruminação dentro do normal para a espécie mesmo com a redução do tempo durante 3 dias consecutivos.

O comportamento dos ruminantes pode ser descrito pela sequência de três atividades principais: alimentação, ruminação e ócio, sendo que essas atividades podem ser moduladas por diversos fatores, como dieta, manejo,

condições ambientais e a interação com outros animais do mesmo grupo (FISHER *et al.*, 1997). Segundo Carvalho (2008), a eficiência na ingestão e na ruminação é principalmente influenciada pelo consumo alimentar, e este, pode alterar mudanças no tempo gasto pelo animal na alimentação, ruminação e ócio.

Na Figura 4 observa-se a porcentagem de horas ofegantes dos animais do dia 01 ao dia 11 de novembro. Sendo que o pico de horas ofegantes foi no dia 07 de novembro.

**Figura 4.** Horas ofegantes, em porcentagem, de bovinos de leite no período de 01 a 11 de novembro 2024.



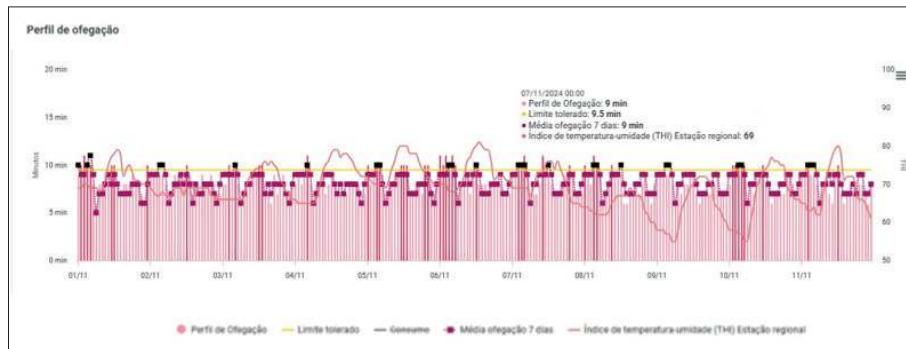
Fonte: Software Cow Med®.

Observa-se um aumento da frequência respiratória a partir do dia 04 de novembro, ultrapassando o máximo de horas ofegantes no dia 07 de novembro. O autor Stöber (1993) aponta que a frequência respiratória normal em bovinos adultos varia entre 24 e 36 movimentos por minuto. A frequência respiratória dos bovinos pode ser influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos incluem respostas a estímulos como atividade física, medo, excitação, estado fisiológico e produção de leite (MARAI *et al.*, 1999). Já os fatores extrínsecos estão relacionados ao ambiente, como condições climáticas, especialmente temperatura e umidade do ar, além de radiação solar, velocidade dos ventos, estação do ano, horário, densidade populacional e sombreamento (PIRES e OLIVEIRA, 2006). E ainda, Santos *et al.*, (2015) afirmam que a alteração na frequência respiratória é um dos primeiros sinais de estresse em bovinos.

Em algumas vacas, a frequência cardíaca permaneceu acima do limite recomendado por 6 horas, o que indicou que o estresse metabólico e a acidose ainda estavam afetando o sistema cardiovascular e respiratório, apesar da melhora clínica.

Na Figura 5 é possível observar o perfil de ofegação dos animais de 01 a 11 de novembro.

**Figura 5.** Perfil de ofegação, em minutos, de bovinos de leite no período de 01 a 11 de novembro 2024.



**Fonte:** Software Cow Med®.

Podemos observar que os animais apresentaram 9 minutos de ofegação no dia 07 de novembro, sendo o limite tolerado de 9,5 minutos. A ofegação em bovinos pode estar relacionada à acidose ruminal (VIANA *et al.*, 2022).

Além das alterações fisiológicas observadas, no presente relato de caso foi observado que 20% dos animais apresentaram diarreia após 3 dias do fornecimento da dieta sem ajuste para a matéria natural. Filho *et al.* (2019) em estudo com bovinos afirma que animais com acidose ruminal apresentaram diarreia como um dos sinais clínicos. E ainda, Neto *et al.*, (2011) observaram os aspectos clínicos como, comportamento, apetite, frequência cardíaca e respiratória e o aspecto das fezes, entre outros, de caprinos com acidose ruminal.

Os animais não receberam tratamento para os sinais clínicos de acidose e alguns dias após as maiores alterações no comportamento ingestivo retornaram as atividades normais. Conforme González e Silva, (2006) na forma subaguda da acidose os animais reduzem o consumo, mas apresentam-se tranqüilos e alertas, sendo comum a diarreia. E ainda segundo esses autores, os movimentos ruminais estão reduzidos, mas não inteiramente ausentes, os animais começam a comer no terceiro ou quarto dia, sem nenhum tratamento específico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo de caso evidencia a influência do fornecimento da dieta, sem ajuste adequado, na relação volumoso:concentrado nas mudanças comportamentais dos animais. Pode-se destacar a importância na observação das alterações, tanto do comportamento ingestivo como das atividades diárias dos bovinos leiteiros, como indicativo para a acidose ruminal.

## REFERÊNCIAS

- ALBRIGHT, J. L. Nutrition, feeding and calves: feeding behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.76, n.2, p.485-498, 1993.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; RODRIGUES, R. *et al.* Comportamento ingestivo de ovinos Santa Inês alimentados com dietas contendo farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.660-665, 2008.
- CECIM, M. Monitoramento Remoto de Saúde da Vaca em Transição. *In: V Simpósio da Vaca Leiteira*, 2018, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: Editora UFRGS, Porto Alegre, p.86-113, 2018.
- CHURCH, D. C. Clasificación e importancia de los animales rumiantes. *In: CHURCH, D. C. El Rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., 1993. cap. 1, p. 1-14.
- FILHO, A. D. F. N. Characterization of ruminal acidosis and initial phase of laminitis induced by oligofructose in crossbred calves. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 39(2):99-106, fevereiro 2019.
- FISCHER, V.; DESWYSEN, A.G.; DESPRES, L. *et al.* Comportamento ingestivo de Ovinos recebendo dieta à base de feno durante um período de seis meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.5, p.1032-1038, 1997.
- FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Wallingford: CAB. 532p. 1995.
- GEBERT, D. T.; MORAIS, G. de. Acidoses ruminal em bovinos / Ruminal acidosis in bovine. **Revista Inovação – Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 1, 2022.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. Bioquímica clínica de glicídeos. *In: Introdução a bioquímica clínica veterinária*. 2ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, p.153- 207.
- MARAI, I.F.M.; HABEEB, A.A.M.; FARGHALY, H.M. Productive, physiological and biochemical changes in imported an locally born Holstein lactating cows under hot summer conditions of Egypt. **Trop. Anim. Health Prod.**, v.31, p.233-243, 1999.
- MENDES, C. Q. *et al.* Comportamento ingestivo de cordeiros e digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo alta proporção de concentrado e diferentes fontes de fibra em detergente neutro. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, p.594- 600, 2010.
- MENDONÇA, S. de S. *et al.* Comportamento Ingestivo de Vacas Leiteiras Alimentadas com Dietas à Base de Cana-de-Açúcar ou Silagem de Milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.723-728, 2004.

NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYER, E. C. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, sup., p. E17-E38, 2007.

NETO, E. G de M. Aspectos clínicos e a bioquímica ruminal de caprinos submetidos à acidose láctica experimental e suplementados ou não com monensina sódica. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 31(5):416-424, maio 2011.

OLIVEIRA, M. A. *et al.* Produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas com diferentes proporções de forragem e teores de lipídeos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.759-766, 2007.

PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Orgs). Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: Editora FUNEP, 2006. p.161-192.

RAMALHO, L. M. **Acidose em vacas leiteiras: revisão bibliográfica**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. JABOTICABAL – SP. 2022.

SANTOS, Wallacy. *et al.* Comportamento da frequência respiratória em fêmeas bovinas leiteiras, no município de Morrinhos, Goiás. *In: IV CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IF GOIANO*, 21-24 set. 2015, Morrinhos, GO. Anais.

STÖBER, M. Identificação, anamnese, regras básicas da técnica de exame clínico geral. *In: DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.D.; STÖBER, M. Exame clínico dos bovinos*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. cap.2, p.44- 80.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell, 1994.

VIANA, P. R. L. *et al.* Descrição macroscópica e microscópica das lesões ruminais em bovinos confinados. **Ciência Animal Brasileira**, V. 23. 2022.

## **ASPECTOS NUTRICIONAIS NA PRODUÇÃO DE BOVINOS DE LEITE A PASTO**

**Ana Carolina Fluck**

Pesquisadora Independente

**Lisandre de Oliveira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
Sul-rio-grandense (IFSul)

**Leonardo Piffer de Borba**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Olmar Antônio Denardin Costa**

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR/RS

**Andressa Ana Martins**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e  
das Missões (URI)

# RESUMO

No Brasil, a bovinocultura de leite baseia-se majoritariamente na produção em sistemas pastoris. Este modelo, apesar de viável economicamente, enfrenta desafios relacionados a manejo e produtividade, e vem perdendo espaço para os sistemas confinados. Assim, o objetivo desta revisão é caracterizar a produção de bovinos de leite em sistemas pastoris, além de indicar os principais problemas e formas de manejar o dossel forrageiro minimizando impactos, além de apresentar novas formas sustentáveis no meio de criação. Dentre as principais alternativas sustentáveis neste modelo de produção, estão o pastoreio rotatínuo, os sistemas integrados de produção agropecuária, o consórcio de forrageiras e a suplementação nutricional, permitindo aumento da produtividade e rentabilidade por área. Portanto, conclui-se que a implementação de tecnologias produtivas ao sistema de produção a pasto permite maior retorno financeiro ao produtor, menor impacto ambiental e melhores condições de criação aos bovinos de leite.

**Palavras-chave:** consórcio forrageiro; manejo de pastagem; pecuária brasileira; sistemas integrados; sistema rotatínuo.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais que abrange áreas propícias para os mais diversos cultivos agrícolas e criações de animais, além de características edafoclimáticas específicas, o que coloca o Brasil no ranking dos cinco maiores produtores agropecuários do mundo. Em nosso território, existem 6 biomas característicos, e uma vasta área de pastagens, dimensionada no último Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 149,67 milhões de hectares (IBGE, 2017), o que representa, aproximadamente, 17,6% do território nacional, com maiores áreas nos estados de MG, MS e MT.

A bovinocultura de leite brasileira, majoritariamente, desenvolve-se em sistemas pastoris, mesmo que a demanda produtiva exija mais eficiência, esses sistemas ainda são predominantes não só pela facilidade de manejo e questões socioeconômicas, mas também por uma forte questão cultural. Porém, isso reflete diretamente no cenário produtivo. Segundo o Anuário do Leite (2024) publicado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), das 100 propriedades mais bem ranqueadas no país em termos produtivos, somente 5 mantêm o sistema pastoril como base contra 84 propriedades em sistema de confinamento (Free Stall e Compost Barn).

O setor de produção de leite apresentou em 2023 um cenário preocupante com saída de produtores de médio e pequeno porte e, conseqüentemente, redução do rebanho. Essa é uma realidade que vem se repetindo em vários países como Brasil, Nova Zelândia e União Europeia (EC, 2023; EMBRAPA, 2023), eficiência produtiva dos animais, mantendo ou diminuindo os custos de produção e rentabilidade superior. A criação desses animais em sistemas pastoris tem se tornado temas de muitas discussões no meio técnico. Ao mesmo tempo que ela é dependente do pequeno e médio produtor, que ainda mantém todo seu rebanho em pastoreio com baixa suplementação volumosa ou energética, majoritariamente, a crise dos últimos anos no setor tem impactado diretamente nesses.

Outro problema encontrado atualmente é a vasta área de pastagens degradadas. Bolfe *et al.* (2024), em pesquisa realizada pela Embrapa entre os anos de 2022 e 2023, cita que, da área total de pastagem no Brasil, 28 milhões de hectares são áreas de pastagem degradadas, ou seja, 18% da área disponível

para base alimentar na criação de ruminantes, apresenta limitações de utilização, sendo 10,5 milhões de hectares em degradação severa ou total.

Sabe-se que, quando bem manejados, a criação de animais em sistemas reduz a dependência de insumos agrícolas, como fertilizantes e pesticidas, e contribui para a conservação do solo e da água. Além disso, as pastagens podem sequestrar carbono da atmosfera, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Dentro desse contexto, nosso objetivo é caracterizar a produção de bovinos de leite em sistemas pastoris, além de indicar os principais problemas e formas de manejar o dossel forrageiro minimizando impactos, além de apresentar novas formas sustentáveis no meio de criação.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Problemáticas atuais da bovinocultura de leite em sistemas pastoris**

No Brasil, a eficiência produtiva é atrelada a intensificação de sistema produtivos, que por sua vez, é sinônimo de animais confinados, principalmente da bovinocultura leiteira. O fenômeno que ocorre no Brasil hoje, de diminuição de propriedades que se dedicam a atividade, vem de encontro com o mesmo fenômeno ocorrido no EUA e União Europeia na década de 1960-70. No EUA, não só por questões econômicas, mas também geográficas, decidiram que o confinamento dos animais representaria maiores ganhos, tanto produtivos quanto econômicos. Baseado nesse cenário, muitos criadores brasileiros, principalmente de grande porte, resolveram tecnificar todo meio produtivo aliado ao confinamento dos animais. Porém, fica o questionamento se essa é a única via a ser seguida.

Podemos nos basear nos sistemas de criação de dois países vizinhos: Argentina e Uruguai. Ambos os países têm como base majoritária a criação de vacas em lactação em sistemas extensivos, com alimentação basal de forrageiras cultivadas e suplementação, principalmente energética. A Argentina é o segundo maior produtor de leite da América do Sul, com uma produção diária total que representou um pouco menos da metade da produção total de leite do Brasil ano passado (31 milhões de l/dia x 67,2 milhões l/dia). Porém, se formos comparar a produtividade dos animais brasileiros em relação a Argentina e Uruguai, podemos ver essa realidade de outra forma: na Argentina a média

de produtividade de uma vaca no ano de 2023 foi de 7.470 l/ano, no Uruguai, 5.600 l/vaca/ano e no Brasil 2.700 l/vaca ano (Embrapa, 2024), representando médias diárias por animal, respectivamente de 20,5 l/vaca/dia; 15,3 l/vaca/dia e 7,4 l/vaca/dia. Fica o questionamento se o principal problema da baixa produtividade do plantel brasileiro apontado é manutenção de animais em sistemas pastoris ou se o correto manejo desses sistemas e o investimento em pequenas propriedades não poderiam representar maiores ganhos.

O maior incremento em produção da Argentina foi no início dos anos 2000, desde lá, a produtividade total vem sendo mantida em torno de 11 milhões de toneladas/ano. Mas, ao contrário do Brasil, na Argentina não houve diminuição no número de propriedades, mas no rebanho total, o que indica que a eficiência produtiva do rebanho é maior, por exemplo, o plantel evoluiu sua produtividade passando da média de 6.370 l/vaca/ano em 2020 para 7.470 l/vaca/ano, em 2023 (IFNC, 2024), com vacas em sistemas pastoris. Ao mesmo tempo, no Brasil, o consumo *per capita* de leite aumentou de 124 l em 2022 para 131 l em 2023, sendo necessária a importação de leite da Argentina e Uruguai, impactando diretamente no preço recebido pelo produtor de leite, o qual não conseguiu cobrir os gastos com a produção, recebeu menos do que gastou, resultando em queda no preço do leite pago ao produtor, reduzindo a rentabilidade do negócio.

No geral, em propriedades muito boas, a eficiência representa lucros de em torno de 30%, em pequenas propriedades de 10% ou muitas vezes negativo. Essa baixa eficiência, aumenta o custo e reduz a competitividade do leite. Propriedades dentro de sistemas pastoris com baixa eficiência ainda enfrentaram um cenário internacional desfavorável, com duas guerras em curso (Rússia x Ucrânia e Israel x Hamas), inflação e juros altos influenciaram a queda generalizada dos preços globais, além de uma delas ser significativamente importante: a Rússia é o principal exportador de adubos do mundo, principalmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), exportando 85% dos fertilizantes utilizados na agropecuária no Brasil. Hoje, a fertilização é um manejo chave para melhoria em sistemas pastoris, mesmo quando só utilizada a adubação de base.

Quando olhamos para estados que têm como tradição a criação de bovinos de leite, principalmente em propriedades familiares, o problema ainda se agrava. Aliado a todos esses acontecimentos anteriormente citados, após 3 anos de

estiagem e com as cheias de setembro de 2023 a maio de 2024, o Rio Grande do Sul, um dos maiores produtores de leite do país, enfrentou dificuldades no setor. A estiagem danificou significativamente áreas de pastagens, além disso, diversas propriedades foram afetadas severamente com as cheias, não só com a perda de animais, mas com a devastação de uma larga área de pastagens. Levantamentos iniciais do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) apontam que 48.5% de pastagens cultivadas e 45% das pastagens nativas foram danificadas ou completamente extintas.

### **Bovinos de leite em sistema pastoril e o manejo da pastagem**

As forrageiras são a principal fonte alimentar de bovinos em geral no país, tanto pelas características edafoclimáticas quanto pelos custos e manejo simplificado do rebanho. Outro aspecto está ligado a qualidade nutricional e de sólidos do leite. O leite de vacas criadas em pastagens tende a ter um perfil nutricional mais rico, com maior teor de ácidos graxos ômega-3, vitaminas e antioxidantes.

No Brasil, diversos laticínios bonificam o produtor com leites com bom teor de gordura, essa bonificação pode atingir até R\$ 0,08 centavos por litro para gordura. Por exemplo, alguns laticínios chegam a bonificar em 30% do valor do leite pago ao produtor está envolvido com a qualidade dos sólidos. O teor de gordura do leite é um fator importante para a obtenção de produtos com melhores características organolépticas, como cor, aroma e sabor. O leite com mais gordura também resulta em maior rendimento e melhor textura de queijos e manteigas. Esses resultados são mais facilmente alcançados com uma boa qualidade da pastagem, uma pastagem de qualidade representa um alimento mais digestível e maior produção de ácidos graxos voláteis. O acetato é um ácido graxo volátil (AGV) que é produzido na fermentação ruminal e que serve como precursor na síntese de gordura no leite, sendo transportado pela corrente sanguínea até à glândula mamária, onde é absorvido e utilizado para sintetizar triglicerídeos. Cerca de 17 a 45% da gordura do leite tem origem no acetato. O teor de proteína do leite depende do fluxo de proteína no intestino delgado, que é principalmente proveniente da proteína microbiana (Pmic) das

bactérias ruminais. Quanto melhor a qualidade da forragem consumida, mais Pmic chegará ao intestino e será mobilizada pela glândula mamária.

Enquanto as estimativas indicam que a produção de leite global deve crescer tímidos 0.25%, só no primeiro trimestre de 2024, a produção de leite no Brasil foi 3% superior à do ano passado. No entanto, essas projeções podem ser comprometidas se continuar a exclusão de produtores menos eficientes os quais criam seus animais em sistemas pastoris. Para recuperação dessas propriedades, devemos visar a intensificação da produção animal a pasto com maior eficiência de exploração do potencial produtivo das gramíneas cultivadas, utilizar suplementação, incrementando a capacidade produtiva da propriedade, além de utilizar técnicas que possam recuperar a degradação das pastagens existentes.

É reconhecido o efeito negativo que pastagens degradadas têm na produção, mesmo em nível 1 de degradação, a capacidade de suporte cai em 20%, diminuindo a taxa de ocupação. A degradação se dá em grande parte pela falta de manejo correto, alta densidade de animais, superpastejo prejudicando a capacidade de rebrota do dossel.

A criação de bovinos de leite em sistemas pastoris envolve muitos ecossistemas que devem funcionar em sinergia. Precisamos entender o menor para refletir no maior. Atualmente, mesmo com o aumento da taxa de ocupação de bovinos, pelo menos metade das pastagens estão em processo de degradação. Entender a dinâmica do funcionamento do dossel forrageiro é essencial para o correto manejo e diminuição do processo de degradação, além das avaliações empregadas para o entendimento dessa dinâmica. Para avaliar uma pastagem e a interação solo-planta-animal, algumas técnicas são empregadas. A produtividade em sistema pastoril é diretamente ligada a escolha eficiente e correto manejo da espécie forrageira envolvidas, da qualidade e seus efeitos no desempenho animal, além de condições específicas da espécie e suas exigências nutricionais, fertilidade do solo, nível tecnológico da propriedade, sistema de cultivo e do manejo adotado.

As avaliações da pastagem são diferentes conforme o tipo de sistema de pastoreio empregado e da cultura estabelecida, por exemplo, em pastoreio contínuo é sugerido que espécies temperadas sejam avaliadas a cada 4 semanas, espécies nativas a cada 3 semanas e espécies tropicais a cada duas

semanas. Já em pastoreio rotacionado, no geral, boa parte das avaliações devem ser feitas no pré e pós-pastoreio.

### **O pastoreio rotatínuo**

Uma das ideias iniciais deste manejo estipulou que o momento de retirar os animais da pastagem deve ser estabelecido quando o consumo de forragem começa a diminuir, ou seja, quando o animal começa a não consumir uma quantidade significativa e constante de alimento. Conforme a pastagem é desfolhada pelos primeiros bocados, o animal possui uma maior quantidade de bocados, o que significa que ele irá ingerir mais forragem, além de ser mais digerível. A recuperação dessas folhas, também conhecida como rebrote, não ocorre de forma instantânea. Existe uma grande necessidade de energia e de condições estruturais e do solo, que nem sempre a planta conseguirá suprir de forma imediata. Portanto, os próximos bocados devem ser na mesma faixa serão menos eficazes, demandando uma movimentação mais intensa do animal na procura de alimento. Esse ponto pode ser entendido como um rebaixamento de 40% em relação à altura inicial, com médias de 30-35% da área não sendo pastejada. Este procedimento, além de otimizar o pastoreio, permite uma recuperação mais ágil do dossel, proporcionando uma maior disponibilidade de alimento para os animais (CARVALHO, 2013).

Em sistemas de bovinocultura de leite baseados em pastagens, as estratégias de manejo de pastagem têm se concentrado principalmente em atingir uma alta colheita de forragem por hectare, enquanto estratégias orientadas para maximizar a taxa de ingestão de forragem foram exploradas recentemente. O fato do animal ter a possibilidade de ingerir mais alimento e mais digestível (estima-se que a ingestão de nutrientes seja 30% superior no rotatínuo – estima-se que a cada bocado o bovino consome 1 g de MS no rotatínuo e em torno de 0,67 a 0,70 nos pastoreios convencionais) em um bocado traz retornos interessantes para eficiência de ingestão da biomassa pelos animais como a possibilidade do aumento da taxa de lotação e possibilidade de diminuir o fornecimento de suplemento, tanto mineral quanto proteico e energético uma vez que a parte aérea da maioria das gramíneas fornece nutrientes suficientes dependendo da fase fisiológica em que o animal se encontra. Quando um produtor opta pelo

sistema pastoril majoritariamente, essa diminuição com gastos externos na dieta é um grande ganho.

Gareli *et al.* (2023), avaliando o efeito do manejo do pastoreio de vacas holandesas de alta lactação, citam que vacas em pastejo rotatínuo não só consomem uma maior biomassa, mas também, o conteúdo de nutrientes digestíveis ingeridos é superior e isso impacta diretamente na produção de leite, como na qualidade dos sólidos, já vacas com alta intensidade de pastejo tiveram perdas no ECC, isso reflete que, quando optamos por uma menor altura de resíduo, o animal tende a consumir um alimento mais lignificado e com parede celular mais densa, menor conteúdo celular, consequentemente, menor aporte nutricional. Enquanto ao manejar a altura de resíduo para facilitar o rebrote temos menor utilização de suplementação, o superpastejo torna a suplementação um componente obrigatório, principalmente para vacas de média e alta lactação.

**Estratégias e tecnologias para melhorar o desempenho e eficiência alimentar de bovinos de leite em sistemas pastoris**

**Sistemas integrados**

Os sistemas integrados iniciaram na década de 1980 através de estudos da Embrapa e foram disseminados gradativamente ao longo dos anos, ganhando maior força e conhecimento na última década. São um método de produção que integra atividades de agricultura, pecuária e floresta em um único espaço com a meta de maximizar a utilização do solo e fomentar o progresso econômico, social e ambiental. Todos os sistemas integrados podem ser aplicados em propriedades de diferentes dimensões, desde que sejam realizadas as devidas adaptações. São sistemas integrados:

**Tabela 2.** Modelos de sistemas de integração de produção.

| SIGLA | INTEGRAÇÃO                | SISTEMA           |
|-------|---------------------------|-------------------|
| ILP   | Lavoura-pecuária          | Agropastoril      |
| ILPF  | Lavoura-pecuária-floresta | Agrosilvipastoril |
| IPF   | Pecuária-floresta         | Silvipastoril     |
| ILF   | Lavoura-floresta          | Silviagrícola     |

**Fonte:** Autores, 2025.

Como pode ser observado, três desses sistemas podem ser utilizados para criação de bovinos de leite: agropastoril, silvipastoril e agrosilvipastoril. Para a escolha do sistema, é preciso observar a realidade do local (dimensões da propriedade, características climáticas, solo, raças, espécies forrageiras adequadas).

- **Integração lavoura-pecuária-floresta (Sistema Agrosilvipastoril)**

A ILPF é uma estratégia relativamente nova na criação dos animais visando aliar três grandes frentes do setor agrícola: a criação de animais, árvores consorciadas com cultivo agrícola. Além de em uma mesma área prover maior diversidade em ganhos, essa técnica também traz o que muito está sendo visado no ponto de vista zootécnico: o bem-estar animal. Além disso, há ganhos ambientais como a redução de desmatamento e melhores condições para o desenvolvimento de microrganismos no solo (aumentando a infiltração), e sequestro de carbono. A principal visão que devemos ter desse sistema é que cada uma das atividades precisa se beneficiar da integração com a outra, dessa forma, existem “regras” a serem seguidas, como a escolha correta das culturas e espécies vegetais que farão parte do sistema, além a alocação desses.

Essa integração ganhou destaque nas mídias pela implantação de um grande projeto da Embrapa na região Norte, mais precisamente no Estado do Amazonas, além de projetos ramificados em Rondônia e Pará, esses dois últimos com foco na bovinocultura de leite, Estados em que o extrativismo florestal e a errônea exploração dos recursos naturais dizimou a pecuária na década de 90 e início dos anos 2000. Embora exista a crença que o desmatamento foi gradual, a criminalização do desmatamento na Amazônia é algo recente, pois na década de 1970 existia o estímulo, na forma de políticas públicas, para formação de pastagens e ocupação territorial. O projeto faz parte de outro maior que tem por objetivo viabilizar economicamente diversas atividades no Estado através de políticas públicas.

Um dos aspectos essenciais na ILPF é a assistência técnica, não há espaço para improvisos, o planejamento deve ser feito de forma correta. O manejo inicial, além da escolha da área e o manejo do solo, é a escolha das culturas envolvidas, a complementação entre as espécies é um dos principais fatores para o sucesso do cultivo consorciado, pois durante seu ciclo, ou parte dele, existe

uma competição por água, luz e nutrientes, o que interfere na produtividade de cada um dos componentes do sistema implantado. Por exemplo, a escolha incorreta do componente arbóreo e da forrageira dificulta que a capacidade fotossintética da planta seja atingida, comprometendo todo o desenvolvimento do dossel e, conseqüentemente, a alimentação dos bovinos.

A criação de bovinos de leite é favorecida e preferida nesse tipo de integração uma vez que pastos de alto porte tem sucesso com a integração com culturas como milho e sorgo, embora o consórcio com o milho seja difícil pela alta competitividade que essa cultura apresenta devido ser uma planta de alta exigência. Em um panorama geral sobre o ILPF: as espécies forrageiras devem ter elevado valor nutricional e ser adaptadas às condições de sombreamento moderado, porque o sombreamento provoca alterações morfofisiológicas e nutricionais. Em ambientes sombreados, as gramíneas forrageiras apresentam folhas e colmos mais longos, menor índice de área foliar (IAF) e maior área foliar específica (AFE) como forma de compensação ao sombreamento, mantendo a capacidade de captação luminosa. As espécies que vem sendo utilizadas nesse sistema são as do gênero *Uruchloa*, capim Marandu, Aruana, Tanzânia, Mombaça.

A implantação da pastagem em sistemas integrados poderá ser realizada de forma isolada ou em consorciação com as culturas anuais. Quando consorciada com o milho, indica-se que o plantio do milho seja *a priori*, em torno de 30 dias antes. Já o componente arbóreo, a principal espécie que é utilizada é a acácia, porém, ela não é apropriada a todos as regiões do Brasil, além disso, deve-se levar em consideração variáveis inerentes ao arranjo espacial, densidade, número de árvores, largura entre as faixas de renques e distância entre as árvores.

Em regiões tropicais, com climas extremos, a criação de bovinos de leite na ILPF é uma alternativa que pode prover maior bem-estar aos animais. Na região de Chiapas, no México, majoritariamente as vacas são criadas em sistema extensivo agrosilvipastoril. Essas criações são desenvolvidas com baixo nível de desenvolvimento tecnológico, baixa utilização de insumos externos, utilização integral e diversificada de recursos naturais. Porém, a produção de leite dos animais permanece com médias de 10 L leite/vaca/dia.

Em 2008, Nahed-Toral *et al.* (2013), desenvolveram um grande projeto com o objetivo de caracterizar e tornar essas propriedades rentáveis, já que com as características de criação e a grande ciclagem de nutrientes do sistema,

era possível torná-las produtoras de leite orgânico. Após 5 anos de trabalho constataram que sem a presença técnica constante e monitoramento rígido, todo o sistema torna-se comprometido, principalmente pela falta de manejo do dossel e alta taxa de ocupação e sem treinamento prévio, fica impossível manter o sistema rentável e animais sadios. Espárza-Jiménez *et al.* (2021) relatam que vacas em ILPF consomem até 50% a mais de proteína em relação a sistemas de criação convencionais, de contraponto, há necessidade de suplementar esses animais com suplemento energético para um maior aproveitamento da proteína, uma vez que são encontrados altos níveis de nitrogênio ureico no leite, indicando que uma maior produção de leite de vacas em agrosilvipastoril não depende somente do correto manejo do sistema, mas também do manejo alimentar total, escolhendo o tipo correto de suplementação.

- **Integração lavoura-pecuária (ILP ou Sistema Agropastoril)**

O sistema agropastoril, em sua essência, representa uma sinergia inteligente entre a agricultura e a pecuária, buscando otimizar o uso da terra e promover a sustentabilidade, com o objetivo de combinar o plantio de lavoura e pasto numa mesma área. Ao otimizar o uso da terra, o criador reduz a dependência de insumos externos e promove a ciclagem de nutrientes, o sistema agropastoril contribui para a preservação do meio ambiente e a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, a diversificação de culturas e a presença de animais criam um ambiente mais rico e equilibrado, atraindo polinizadores, predadores naturais de pragas e outros organismos benéficos. Outro aspecto sustentável é que o ILP contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa, por meio do sequestro de carbono no solo e da redução do uso de fertilizantes químicos.

Esse sistema é predominantemente utilizado na criação de bovinos de corte pelo curto espaço que os animais permanecem na área, que, no caso de vacas em lactação, pode representar em maior mão-de-obra, porém, é utilizado principalmente em piquetes de vacas secas ou novilhas em crescimento, não só representando uma alternativa sustentável, mas também viável para produtores menores que procuram diversificar a renda da propriedade, sendo muito encontrado nas regiões noroeste do RS e sudeste do PR.

Quando escolhido esses sistemas para criação de bovinos de leite, É essencial manter o monitoramento constante e realizar análises de solo regularmente no cronograma, especialmente ao término do ciclo das culturas agrícolas, que são mais exigentes na mobilização de nutrientes. Isso pode afetar negativamente o desenvolvimento do próximo ciclo do dossel forrageiro. Apesar do sistema silvipastoril proporcionar várias vantagens, como sombra, conforto térmico e aprimoramento da qualidade do solo, em determinadas situações, pode afetar de forma negativa o Escore de Condição Corporal (ECC) de vacas durante o período pré-parto, como em períodos de seca, essa competição pode se intensificar, limitando ainda mais o acesso à pastagem e levando à perda de peso. Esse tipo de integração é muito utilizado em sistemas de produção orgânico de leite.

- **Silvipastoril**

As qualidades e benefícios do sistema silvipastoril se assemelham bastante às mencionadas no sistema agrosilvipastoril, com a principal diferença sendo a integração entre espécies arbóreas e forrageiras. Os dois sistemas são vistos como estratégias de sombra, aumentando o ciclo de nutrientes através da integração e reduzindo o deslocamento dos animais. No entanto, no caso do ILPF, os benefícios podem ser menores devido à menor ciclagem de nutrientes deste sistema. Embora a ciclagem seja reduzida, o conteúdo proteico das gramíneas é significativamente superior em comparação ao sistema de pleno sol, o que, mais uma vez, compensa a menor disponibilidade de forragem. Skonieski *et al.* (2021), avaliando o comportamento e resposta ao estresse térmico de vacas Jersey em pastejo convencional ou silvipastoril em três estações do ano (primavera, verão e outono, relataram que tanto o deslocamento quanto a ingestão total de água diária são inferiores são notadamente inferiores em sistema silvipastoril. A partição de nutrientes em vacas em lactação leva em consideração que primeiro os requerimentos de manutenção devem ser atendidos, para depois suprir as exigências para lactação e mobilização de nutrientes para sólidos totais. Dessa forma, quanto menor o deslocamento, menor o gasto energético e um maior aporte de nutrientes estará disponível, resultando em maior produtividade.

Tanto o sistema ILPF como o silvipastoril exigem alta demanda de mão-de-obra técnica e monitoramento constante, como também um investimento inicial alto, que logo é diluído pela venda da madeira quando a espécie arbórea é bem escolhida e com esse objetivo. Por exemplo, a utilização de eucalipto traz altos lucros a integração. Em ambos os sistemas, há um programa do BNDES chamado Renovagro, que oferece juros baixos diluídos entre 10 anos como incentivo a uma produção mais sustentável, importante para criação de bovinos que são apontados constantemente como vilões pela emissão de gases do efeito estufa.

- **Consórcio forrageiro**

O consórcio forrageiro é uma abordagem estratégica que busca otimizar a interação entre plantas, solo e animais, resultando em um sistema de produção mais eficiente e sustentável, utilizando uma combinação estratégica de diferentes espécies de plantas forrageiras em uma mesma área. Essa prática se fundamenta em alguns princípios-chave: a seleção de plantas com características complementares é fundamental. Gramíneas, que oferecem estrutura e massa, são frequentemente combinadas com leguminosas, que fixam nitrogênio no solo e enriquecem a forragem com proteínas, quando em um dossel exclusivamente de gramíneas, a diminuição na disponibilidade de nitrogênio à medida que o ciclo vegetativo progride é um dos motivos mais comuns para a deterioração das pastagens. Sugere-se então que nesses dósseis *à priori* solo, a aplicação anual de 50 kg/ha de adubação nitrogenada ou de 110 kg/ha ureia/ano seria suficiente para manter a produtividade dessas. A diminuição do uso de defensivos agrícolas, principalmente pela fixação facilitada de N do solo por espécies de leguminosas, é um dos benefícios significativos dos consórcios forrageiros e ocorre devido a diversos fatores inerentes a esses sistemas de cultivo diversificados como a cobertura vegetal densa e diversificada do consórcio também dificulta a germinação e o crescimento de plantas daninha, aumenta o teor de matéria orgânica no solo e fortalece o sistema radicular das plantas.

Em sistemas pastoris de bovinos de leite as gramíneas mais utilizadas são aveia, azevém, aruana, capim-estrela e leguminosas amendoim forrageiro, trevos (branco, vermelho, vesiculoso, persa) e cornichão. A expectativa produtiva

de leite no Brasil em propriedades eficientes segue médias de produção por hectare: pastoreio com suplementação - 8000L/ha/ano; sistema semiconfinado (pelo menos confinados por 6 horas, com suplementação de silagem e concentrado) 15000L/ha/ano. Quando bem manejado, o consórcio pode aumentar a taxa de ocupação, em média, a 500 kg ou 1,02 UA. Se levarmos em consideração que vacas em sistemas pastoris bem manejados produzem, em média, 15 l de leite/dia, e o peso médio de vacas holandesas gira em torno de 600 kg, em uma lactação podemos ter em torno de mais ou menos 11,25 l leite a mais por dia/ha e 3400 l de leite a mais/ha por lactação. Mesmo se levarmos em consideração a baixa produção do plantel brasileiro, de médias de 7 /diários, esse valor seria representativo, com mais de 1600 l leite/ha/ano, que, comparado as médias anuais brasileiras em sistema pastoril, representa um aumento de 20%/ha. Levando em consideração a produtividade geral por módulo rural de 25 hectares, anualmente, essa última realidade representaria 40 mil l/leite a mais por lactação, só com a introdução de um consórcio bem manejado aliado a boas condições de manejo do dossel e do solo.

- **Produção de leite orgânico em sistemas pastoris**

A Embrapa Gado de Leite, instituição de pesquisa agropecuária, acaba de lançar um novo site dedicado à produção de leite orgânico no Brasil. O projeto "Leite Orgânico" tem como objetivo promover e fornecer informações sobre os princípios, benefícios e práticas da produção de leite orgânico, visando incentivar a adoção dessa prática sustentável pelos produtores brasileiros. Esses programas se enquadram na linha de crédito de produção sustentável promovida pelo BNDES e é uma alternativa de diversificação de renda para pequenos produtores, com investimentos mais baixos e retornos prósperos. Segundo o projeto Observatório do leite orgânico da Embrapa, em dezembro de (2023), o Brasil tinha cerca de 100 propriedades certificadas para a produção de leite orgânico.

A produção de leite orgânico é um processo agrícola que segue práticas sustentáveis e naturais, visando garantir a qualidade do leite sem o uso de produtos químicos sintéticos, hormônios artificiais ou organismos geneticamente modificados (OGMs). Os animais devem ser mantidos em pastoreio, com pastagem cultivado sem o uso de pesticidas, fertilizantes sintéticos ou OGMs.

Caso seja necessário complementar a alimentação com rações, estas também devem ser orgânicas. A produção vegetal é, portanto, a base da produção animal, devendo os produtores de leite orgânico se orientarem pelo Regulamento Técnico. De acordo com a Portaria nº 52, de 15 de março de 2021, do Ministério da Agricultura, os sistemas orgânicos de produção vegetal devem priorizar a utilização de material de propagação originário de espécies vegetais adaptadas às condições ambientais locais e tolerantes a pragas e doenças. Outro objetivo do projeto leite orgânico é promover a recuperação de pastagens degradadas, fornecendo uma fonte rentável a produtores familiares.

O manejo da terra deve promover a conservação do solo e da biodiversidade. Para tanto, devem ser adotadas estratégias para a intensificação sustentável da produção, incluindo o manejo rotativo das pastagens e a integração com espécies nativas e fixadoras de nitrogênio. O sistema de pastagem deverá ser utilizado ao máximo. Forragens deverão constituir pelo menos 60% da matéria seca da dieta, priorizando a manutenção dos animais em pastoreio, utilizando silagens como forma de suprir a deficiência forrageira em algum momento. Porém, vacas em lactação, essa proporção pode ser modificada para 50% da MST de alimentação basal de forrageiras. É permitido apenas 15% da ingestão de matéria seca de alimentos convencionais, mas que não sejam provenientes de transgênicos. Em condições especiais oficialmente comprovadas de enchente, seca extrema, queimada/incêndio criminoso, poderão ser alteradas as proporções de ingestão, desde que previamente aprovado pelo OAC ou pela OCS, devidamente acordado e formalizado por um período determinado. Neste caso, os animais perderão a condição de orgânicos devendo ser submetidos a novo período de conversão, correspondente a 3 meses.

Acesso a pastagem ou área de circulação ao ar livre, com vegetação arbórea suficiente para garantir sombra a todos os animais sem que esses tenham que disputar espaço. A densidade máxima em área externa em pastoreio contínuo é de 100 kg PV/500 m<sup>2</sup>. Nos casos de pastoreio rotacionado, considerar para cálculo de densidade, a área total dos piquetes. Em caso de pastagens e áreas de circulação ao ar livre sem sombreamento, poderá ser utilizado sombreamento artificial até que seja estabelecida vegetação arbórea suficiente, em um prazo de 5 anos.

## Suplementação de bovinos de leite em sistema pastoril

Apesar das forrageiras representarem uma fonte de alimento rica para vacas em lactação, a oscilação nos seus teores nutricionais é constante, uma vez que estamos trabalhando com um alimento que apresenta modificações diárias devido ao seu ciclo vegetativo (espessamento da parede celular – maiores teores de FDN, FDA e LDA e diminuição da PB), influência de fatores edafoclimáticos como seca, excesso de chuvas, manejos incorretos, dentre vários outros fatores. Porém, as exigências em cada fase dos animais continuam constante, ainda mais quando falamos de vacas em pastoreio uma vez que o gasto energético em busca de alimento, água e instalações é maior quando comparado a vacas em free-stall ou compost barn. Para essa lacuna nutricional, a suplementação representa uma ótima alternativa ainda mais por existirem diversos suplementos no mercado capazes de suprir as mais diferentes exigências. Para a escolha do suprimento, devemos levar em consideração médias de teores nutricionais das forrageiras como NDT superior a 70% e FDN de no máximo 45%. A maioria das pastagens utilizadas apresenta por boa parte do seu ciclo características de qualidade mediana, com FND em torno de 45-65%. Outro aspecto relevante está ligado diretamente ao teor de FDA, fator limitante do consumo e digestibilidade, que deve ser de até em torno 40% para uma boa degradação ruminal.

Mas como o nome diz, estamos trabalhando com um suplemento, a alimentação basal continua sendo a forrageira, dessa forma, a necessidade em conhecer as deficiências e falhas na dieta basal é primordial para a escolha ou não da suplementação e do tipo de suplemento. Considera-se como suplementação uma adição de até 0,5% do PV do suplemento para animais em pastoreio, sem diminuir o consumo voluntário dos animais. A suplementação não precisa ser feita em todas as fases, além de também ser diferente em cada fase. A suplementação pode variar de acordo com a fase de lactação. No período de transição pós-parto, a dieta deve ser rica em proteínas e fibra para manter a ruminação, e a suplementação mineral e vitamínica deve ser mais intensiva. Também é importante evitar o consumo excessivo de carboidratos de alta fermentação, como amido de alta degradabilidade, pois pode ter um efeito negativo no consumo de alimentos. No terço inicial da lactação as vacas que mantidas em pastoreio precisam de suplementação volumosa e energética, além de ser

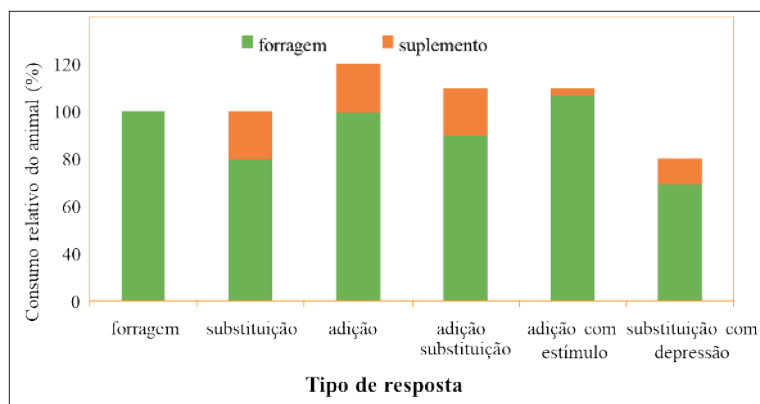
sugerido a adição de 1% MST de ureia. As necessidades de vitaminas e minerais aumentam durante este período, e deve-se fazer uma avaliação nutricional para adequar a suplementação mineral às necessidades do animal. Outro motivo para utilizar a suplementação para bovinos de leite é aumentar a capacidade de suporte das pastagens.

Também deve ser levado em consideração os efeitos associativos que podem ocorrer com a utilização da suplementação. Cada alimento fornecido na dieta total, por mínima que seja a inclusão, deve representar algum ganho ao animal. Porém, quando não fornecido da forma correta, esse efeito pode representar uma depressão nos ganhos esperados. Esses efeitos associativos, ou seja, os efeitos esperados ao incluir o suprimento na dieta, são definidos como os desvios entre o que é esperado e os verdadeiros efeitos observados, em resumo, quando os desvios são acima das médias esperados, teremos efeitos aditivos, abaixo, efeitos substitutivos. É importante salientar que para vacas em sistemas pastoris, o principal objetivo é manter a produção prolongada, além de ECC adequado (3,25-3,25). Um decréscimo nesses parâmetros para o produtor que opta pela criação em pastoreio, representa perdas econômicas diretas que muitas vezes não são capazes de serem contornadas.

A principal características ligada aos efeitos associativos é a qualidade nutricional da forrageira. Estamos trabalhando com um alimento com modificação dos teores nutricionais constantes. É comum encontrar a suplementação por fases de criação sem levar em consideração o estágio vegetativo da forrageira, ou até mesmo das características estruturais dessa. Embora seja conhecido que forrageiras tropicais demandem suplementação proteica, facilmente encontramos animais consumindo uma suplementação proteico-energética em pastagem de azevém nos meses de junho e julho. Franco *et al.* (2021) afirmam que suplementação igual ou superior a 1% do PV já não é mais considerada uma suplementação e causa depressão no consumo do alimento volumoso.

Além dos efeitos associativos, devemos traçar qual o tipo de resposta que queremos com a suplementação evitando perdas tanto produtivas quanto econômicas. A figura abaixo ilustra como as respostas podem se comportar.

**Figura 1.** Resposta comportamental de consumo de alimento de bovinos conforme o tipo de oferta de alimento.



Fonte: Autores, 2025.

Dependendo do tipo de suplemento, as respostas mais frequentes preconizadas são a adição e adição com estímulo na maioria das fases de lactação, com exceção do pré-parto, quando a escolha deve ser baseada no ECC das vacas no período seco. Vacas com alto ECC podem apresentar problemas no parto como problemas metabólicos no período de transição pós-parto. Já vacas com baixa ECC, além de poder apresentar baixos índices em relação a lactação subsequente, são mais susceptíveis a terem balanço energético negativo (BEN), além de ser mais acentuado.

- **Tipo de suplementação (volumosa, mineral, proteica, energética, sal proteinado e mistura múltipla)**

Existem alguns tipos de suplementação que devem ser utilizados de forma estratégica para aumentar a produção de leite, manter um bom ECC e período de lactação prolongado. Á outras, podem ser utilizadas durante todas as fases de criação. Os tipos de suplementação utilizados em bovinos de leite em sistema pastoril são:

- **Volumosa:** a suplementação volumosa é muito utilizada para vacas em pastoreio e geralmente é fornecida pós-ordenha. Quando comparamos ao manejo alimentar de bovinos de corte em sistemas pastoris, ela é mais utilizada pelo fato de as vacas serem levadas ao menos duas

vezes ao dia para ordenha, não precisando de mão-de-obra extra. A suplementação volumosa de vacas em lactação pode incluir silagem (principalmente de milho), feno e forrageiras verdes picadas. A silagem de milho é um volumoso de qualidade e uma excelente fonte de energia.

- **Mineral:** a suplementação mineral é a suplementação obrigatória para vacas em sistemas pastoris, principalmente pelos reflexos reprodutivos que podem apresentar. O principal mineral a ser suplementado é o P, macromineral mais deficiente nas pastagens. Além de P, no sal mineral encontramos ainda outros macrominerais como Ca, K, Mg e micro-minerais Fe, Zn, Cu, Mg, dentre outros minerais. McDowell (1999), um precursor no estudo da suplementação mineral para bovinos relata que só a utilização de suplementação mineral para animais em pastoreio pode aumentar em 25% o peso a desmama e pode diminuir em mais de 90% a incidência de abortos no plantel. Geralmente, a suplementação é feita no pós ordenha, mas quando a campo, deve-se ter cuidado com os cochos no campo para o fornecimento do sal mineral, dando preferência para cochos cobertos, evitando tanto desperdícios em dias chuvosos quanto em altas temperaturas. O espaçamento de cocho/animal sugerido é de 5 cm lineares.
- **Proteica:** considerada uma suplementação estratégica, a suplementação proteica é utilizada tanto para suprir as exigências de bovinos de corte em fases específicas quanto quando há decréscimo da qualidade forrageira. A principal indicação técnica para a suplementação proteica é quando o suprimento forrageiro apresenta PB igual ou inferior a 7% e deve ser considerado um consumo de 0,1% de suplemento proteico, valores de 0,3% ou superior exigem conciliar a suplementação proteica com a energética, devido a sincronização NxCHO no rúmen. O consumo de um suplemento proteico é de 0,1% PV, o que é denominado também de suplemento de baixo consumo. Consumo de 0,3% PV é considerado suplementação proteico energética, já que requer maiores níveis de energia através da adição de insumos energéticos no suplemento. Esse último fator descrito também é essencial na utilização da suplementação proteica, uma boa fonte de CHO é necessária para o aproveitamento desse tipo de suplementação, evitando perdas de N na urina. A eficiência no aproveitamento da suplementação proteica, depende da disponibilidade de energia para os microrganismos ruminais utilizarem a amônia que será gerada após a quebra desse suprimento nitrogenado. Essa sincronia é essencial para a produção

de proteína microbiana, o que também tem impacto direto em uma maior digestibilidade da pastagem que está sendo consumida, o que geralmente resulta em maior consumo da forrageira.

- **Energética:** os principais objetivos relacionados a essa suplementação é aumentar a taxa de lotação, melhorar a qualidade e aumentar a deposição de gordura na carcaça de animais em terminação e melhorar o desempenho individual dos animais. Segundo o NASEM (2021), à medida que aumenta o suplemento energético da dieta, aumenta a capacidade de estocagem da energia. Dessa maneira, ao contrário da suplementação proteica, a suplementação energética frequentemente diminui o consumo da forrageira, como um efeito de substituição, isso ocorre devido aos níveis de suplementação serem superiores ao indicado, de até 0,4% do PV quando o suprimento proteico está sendo atendido, isso é, outro fator limitante para a escolha da suplementação energética são os teores proteicos. Assim, como para suplementação proteica a energia é necessária para otimizar a produção de proteína microbiana, o mesmo ocorre, de forma contrária, com o suplemento energético. Geralmente o suplemento energético é fornecido na forma de concentrado como rações comerciais formuladas conforme as exigências de cada fase de lactação ou fisiológica, porém, em propriedades de pequeno porte, somente com a utilização de milho, seja inteiro, moído ou quebrado. Uma forma estratégica de utilizar a suplementação proteica para otimizar o ambiente ruminal e o GMD é quando a alimentação basal utiliza forrageiras com alta exigência do solo e/ou com o consórcio de leguminosas ricas em PB como no caso dos trevos e amendoim forrageiro. Sales et al. (2017) citam que nessas condições somente a alimentação basal é capaz de fornecer mais de 14% de PB por um período mais prolongado, o que poderia causar um desbalanceamento na produção de proteína microbiana pelo déficit energético. Além disso, quando animais terminados em sistema pastoril, a suplementação energética é essencial para a uma maior produção de leite. A suplementação energética também é frequentemente utilizada para fêmeas perto da parição como forma de recuperar o ECC, principalmente daquelas nas primeiras três semanas do período de transição. A dieta completa das vacas em lactação é uma mistura de volumosos com concentrados (energéticos e proteicos), minerais e vitaminas. Os concentrados podem ser usados para aumentar o teor de proteína do leite. Por exemplo, o uso de concentrados à base de

amido rápido desencadeia a liberação de ácido propiônico (C3), que contribui para aumentar o nível geral de proteína do leite.

- **Sal proteinado:** representa uma alternativa mais econômica a utilização de suplemento de N, tendo a indicação de utilização de até 0,2% de PV na dieta. O principal objetivo a sua utilização é, como na suplementação proteica, fornecer suplemento de N ao ambiente ruminal e, conseqüentemente, aumentar a ingestão da forrageira. Porém, seus resultados estão intimamente ligados a qualidade da forrageira ofertada. Ao mesmo tempo que o sal está oferecendo suporte de N, forrageiras com altos teores de FDA (acima de 40%) não são capazes de oferecer ao animal densidade energética suficiente para otimização do ambiente ruminal, ocasionando perdas desse suplemento. A suplementação de sal proteinado parece interessante quando utilizada para bezerras e novilhas em crescimento, animais que ainda apresentam desenvolvimento do meio ruminal.
- **Mistura múltipla:** a mistura múltipla consiste em formular um suplemento mais completo, não sendo considerado dentro de uma única categoria e é amplamente utilizada pelos produtores de corte, muitas vezes sendo produzidas em cooperativas com o objetivo de diminuir os custos quando compara a outros tipos de suplementação. A base da mistura múltipla consiste em uma fonte energética (principal ingrediente, geralmente milho ou até mesmo alguma fonte alternativa rica na região), ureia, uma fonte proteica, sal branco, obrigatoriamente uma fonte de P e alguns sais minerais como sulfatos. Se comparado com outros tipos de suplementação, além de facilitar o fornecimento (não diferindo algum suplemento + o sal), pode representar ganhos superiores, além de garantir um maior consumo pelos bovinos e uma eficiência superior na utilização uma vez que não precisam voltar ao cocho mais vezes para serem suplementados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A criação de bovinos de leite em pastagens é uma prática que beneficia os animais, os produtores e o meio ambiente, promovendo a produção de leite de alta qualidade de forma sustentável. A constante movimentação nas pastagens fortalece os músculos e articulações dos animais, diminuindo a probabilidade de complicações de locomoção. Ademais, a exposição solar auxilia na produção

de vitamina D, vital para a saúde dos ossos. As pastagens permitem que os bovinos expressem seus comportamentos naturais, como pastar, socializar e se movimentar livremente. Isso reduz o estresse e melhora o bem-estar animal. Quando bem manejadas, elas não somente provêm a nutrição adequada desses animais, mas também conforto térmico.

## REFERÊNCIAS

BOLFE, É. L. *et al.* Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases. **Land**, v. 13, n. 2, p. 200, 6 fev. 2024.

BRASIL. PORTARIA No 52, DE 15 DE MARÇO DE 2021. 15 mar. 2021, p. 1–67.

CARVALHO, P. C. D. F. Harry Stobbs Memorial Lecture: Can grazing behavior support innovations in grassland management? **Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales**, v. 1, n. 2, p. 137, 2013.

EC, European Commission. **EU agricultural outlook 2023-2035**. 1. ed. Brussels: Publications Office of the European Union, 2023.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Observatório do Leite Orgânico**. Disponível em: <<https://leiteorganico.cnpq.embrapa.br/>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Anuário Leite 2024**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1164754/1/Anuario-Leite-2024.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

ESPARZA-JIMÉNEZ, S. *et al.* Rendimiento de leche derivado de energía y proteína de vacas en pastoreo recibiendo suplementos en un sistema agrosilvopastoril. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 12, n. 1, p. 87–104, 15 jun. 2021.

GARELI, S. *et al.* Effects of grazing management and concentrate supplementation on intake and milk production of dairy cows grazing orchardgrass. **Animal Feed Science and Technology**, v. 301, p. 115668, jul. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, IBGE, 2017.

IFNC, International Farm Comparison Network. **Dairy Report 2024**. Kiel: IFNC, 2024.

NAHED-TORAL, J. *et al.* Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico. **Journal of Cleaner Production**, v. 43, p. 136–145, mar. 2013.

SALES, M. F. L. *et al.* **Suplementação Energética para Bovinos de Corte em Pastos Consorciados durante a Época Seca no Acre**. Rio Branco/AC. 2017.

SKONIESKI, F. R. *et al.* Physiological response to heat stress and ingestive behavior of lactating Jersey cows in silvopasture and conventional pasture grazing systems in a Brazilian subtropical climate zone. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 2, p. 213, 19 maio 2021.

## **CARACTERIZAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS DO BIOMA PAMPA**

**Olmar Antônio Denardin Costa**

Pesquisador Independente

**Ana Carolina Fluck**

Pesquisador Independente

**Haylleen Aparecida Menezes de Sá**

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

**Leonardo Piffer de Borba**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

# RESUMO

O Bioma Pampa, restrito ao estado do Rio Grande do Sul no Brasil, abriga rica biodiversidade vegetal e animal, sendo essencial para a sustentabilidade ambiental e a produção agropecuária extensiva. Este estudo revisa as características edafoclimáticas, a composição da vegetação e os principais manejos de pastagens aplicados no bioma, destacando práticas que equilibram a produção animal e a conservação ambiental. São discutidas as ameaças ecológicas, como a degradação das pastagens nativas, e estratégias de manejo do dossel forrageiro, correção e adubação de solos, introdução de espécies forrageiras adaptadas e métodos de pastoreio. Também são abordadas iniciativas sustentáveis como a certificação da Alianza del Pastizal, que visa à preservação do campo nativo. A adequada gestão das pastagens do Pampa mostra-se vital para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e para o fortalecimento econômico da pecuária na região.

**Palavras-chave:** campo nativo; conservação ambiental; pecuária extensiva; produção sustentável.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais que abrange áreas propícias para os mais diversos cultivos agrícolas e criações de animais, além de características edafoclimáticas específicas, o que coloca o Brasil no ranking dos cinco maiores produtores agropecuários do mundo. Em nosso território, existem 6 biomas característicos, e uma vasta área de pastagens, dimensionada no último IBGE em 149,67 milhões de hectares (IBGE, 2017), o que representa, aproximadamente, 17,6% do território nacional, com maiores áreas nos estados de MG, MS e MT. Em pesquisa realizada pela Embrapa entre os anos de 2022 e 2023, cita que, da área total de pastagem no Brasil, 28 milhões de hectares são áreas de pastagem degradadas, ou seja, 18% da área disponível para base alimentar na criação de ruminantes, apresenta limitações de utilização, sendo 10,5 milhões de hectares em degradação severa ou total (BOLFE *et al.*, 2024). Se levarmos em consideração, por exemplo, a taxa média de ocupação de bovinos de corte em pastagem no país divulgada pelo último Beef Report (ABIEC), 2023) de 1,02 UA/hectare, isso representaria uma perda de 62.222,2 UA de bovinos não sendo produzidos ou com limitação na produção.

Dentro dessa degradação muito ocorrida pela intensificação produtiva desenfreada, pastagens nativas estão sendo convertidas em pastagens e terras de cultivo com introdução de novas espécies. Esse processo ameaça os biomas de pastagens locais, bem como os meios de subsistência das famílias de produtores que utilizam essas pastagens. No Rio Grande do Sul, assim como na Argentina e no Uruguai, culturalmente a criação de animais de produção é feita em campo natural em um ecossistema denominado Bioma Pampa. O pastoreio moderado de grandes ruminantes, majoritariamente bovinos de corte, que tradicionalmente ocupam a área mantida das pastagens naturais do bioma Pampa proporciona um espaço onde a produção de alimentos e a conservação do habitat natural podem coexistir.

Segundo Overbecke (2015), o bioma Pampa pode representar um cenário para produção sustentável de animais que, quando bem manejados, podem prover o processo de conservação da biodiversidade. O Pampa é conhecido pela vasta biodiversidade natural e única, não só em questão vegetal, mas pela sua fauna. Porém, existem dois grandes problemas acerca da produção animal

nesse sistema: o manejo inadequado reflete tanto no desempenho de animais seja pela baixa disponibilidade forrageira, principalmente em épocas hibernais quando diversas espécies entram em dormência produtiva, ou pelo pastoreio moderado que não só atrasa o ciclo das espécies como modifica a fisionomia das espécies ali presentes.

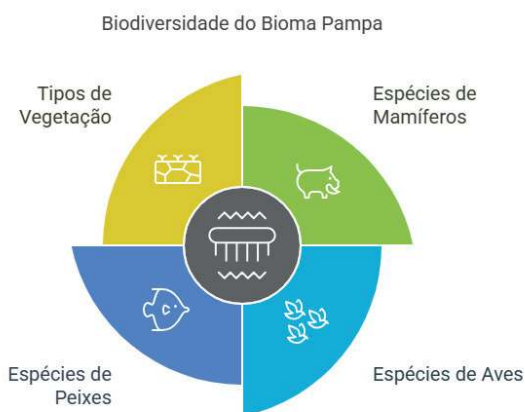
É de suma importância entender as formas de tornar a pecuária mais lucrativa, conservando a biodiversidade local e identificar as restrições e oportunidades específicas de cada localidade. Assim, essa explanação tem por objetivo caracterizar o Bioma Pampa e apresentar manejos adequados para animais de produção nesse sistema.

## **O BIOMA PAMPA: VISÃO GERAL**

O bioma pampa, com seus vastos 750 mil km<sup>2</sup>, estende-se pela América do Sul, abrangendo Brasil, Uruguai e Argentina. No Brasil, sua área de 178.243 km<sup>2</sup> corresponde a 63% do Rio Grande do Sul e 2,07% do território nacional. No Brasil, este bioma, é encontrado somente no estado gaúcho e, é o menor do País em extensão. Com um clima temperado subtropical, a região tem estações bem definidas e contrastantes: verões quentes e úmidos e invernos rigorosos. A precipitação anual de 1200 mm, combinada com a influência de massas de ar polar, tropical continental e atlântica, molda o clima local.

Sua biodiversidade é uma das principais características visadas e estudadas (Figura 1). Quanto aos animais, há, no Pampa, 102 espécies diferentes de mamíferos, como guaraxains, veados e tatus, 476 tipos de aves, como pica-paus, caturritas e anum-pretos e, 50 espécies de peixes. A vegetação do Pampa é composta principalmente por gramíneas, plantas rasteiras, arbustos e árvores de pequeno porte. Em algumas áreas desse bioma, é possível identificar a presença de matas ciliares, algumas árvores decíduas e formações pioneiras, embora em menor quantidade. Na parte brasileira do bioma, existem cerca de 3.000 espécies de plantas vasculares, sendo que aproximadamente quatrocentas são gramíneas. As plantas precisam ser bem adaptadas, o que justifica também, o porquê de a vegetação ser principalmente herbácea, já que as árvores de grande porte precisam de um solo muito rico e nutritivo que é capaz de sustentar florestas densas.

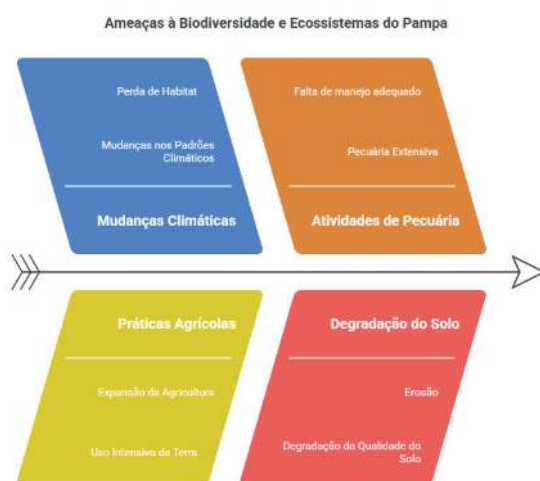
**Figura 1.** Biodiversidade do Bioma Pampa.



**Fonte:** Autores (2025).

A origem em rochas sedimentares confere ao solo do Pampa uma textura arenosa, tornando-o frágil e vulnerável à erosão hídrica e eólica. A predominância de planícies nesse bioma favorece a pecuária extensiva, atividade econômica central na região, com destaque para a criação de bovinos de corte e ovinos. No entanto, o Pampa enfrenta a ameaça das mudanças climáticas, que podem resultar na perda de habitat para diversas espécies (Figura 2).

**Figura 2.** Principais ameaças a biodiversidade e ecossistemas do Bioma Pampa.



**Fonte:** Autores (2025).

A perda de biodiversidade compromete os serviços ambientais prestados por essa vegetação. Além disso, a biodiversidade do Pampa é ameaçada principalmente pela expansão da agricultura e pecuária intensiva, o que vem resultando na perda de áreas naturais e na fragmentação de habitats. Segundo dados do sistema PRODES do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e divulgados pelo governo federal em nota em 2 de maio de 2024, o Pampa é o segundo bioma com maior índice de desmatamento no país. Entre 2018 e 2022, o Pampa perdeu mais de 5 mil km<sup>2</sup> de vegetação nativa, o que representa quase 3% de sua cobertura original.

## CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO

O Bioma Pampa, apesar de ter solos predominantemente arenosos e rasos, surpreende pela sua fertilidade, que impulsiona o crescimento exuberante de gramíneas. A vegetação diversificada do Pampa se divide em cinco tipologias principais: Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Savana-Estépica, Formações Pioneiras e Estepe.

- *Estepe*: a mais predominante, cobrindo cerca de 60% do bioma, caracteriza-se por uma paisagem aberta de árvores e arbustos baixos, com o domínio das gramíneas.
- *Floresta Estacional Decidual*: encontrada principalmente na região do Alto Uruguai, essa floresta apresenta estações climáticas bem definidas, com uma estação chuvosa seguida por uma seca, durante a qual a maioria das árvores perde suas folhas. Ocorre nas porções médias e superiores do vale do rio Uruguai, vertente sul da Serra Geral e bacias dos rios Ijuí, Jacuí e Ibicuí. A classificação em decidual ou semidecidual depende da porcentagem de árvores caducifólias. Se mais de 50% das árvores perdem as folhas, é classificada como decidual.
- *Floresta Estacional Semidecidual*: Localizada na vertente leste do Planalto Sul-Rio-Grandense, na parte leste da Depressão Central Gaúcha e em terrenos próximos à Serra Geral, essa floresta perde entre 20% e 50% das folhas de suas árvores durante a estação seca.
- *Savana Estépica*: Presente no município de Barra do Quaraí, no extremo oeste do Rio Grande do Sul, essa formação vegetal se distingue pela presença de árvores baixas e arbustos.

- *Formações Pioneiras*: Compostas pela vegetação de restinga, essas formações se caracterizam por espécies que crescem próximas a lagoas, rios ou ao mar, em dunas.

Além disso, o bioma Pampa apresenta diferentes unidades fitofisionômicas (Floresta Estacional, Campos Centrais, Campos Barba-debode, Campos de Solos Profundos, Vegetação Savannoid, Campos Costeiros, Campos Arenosos, Vegetação de Parques, Solos Rasos e outras formações) (BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2010).

O bioma Pampa abriga 450 espécies de gramíneas e 150 espécies de leguminosas, além de 146 espécies de plantas ameaçadas de extinção. Algumas das principais espécies encontradas são:

### ***Fabaceas***

- **Estival**

1. Amendoim do campo (*Arachis burkartii* Handro): é uma espécie endêmica do Pampa gaúcho, caracterizada por suas folhas coriáceas compostas por quatro folíolos verde-escuros. Uma particularidade notável é a geocarpia, processo em que os frutos se desenvolvem no subsolo, mesmo com a floração aérea. Essa planta é bastante comum na região da Campanha Gaúcha.
2. Pega-pegas comum (*Desmodium incanum* DC.): Amplamente encontrada no Rio Grande do Sul, a espécie perene *Desmodium incanum* DC., conhecida como pega-pegas comum, apresenta crescimento prostrado a ascendente e estolonífero. Suas folhas trifolioladas, de formas variadas, e suas flores lilás, com duas floradas anuais, são características marcantes. O alto teor de tanino, contudo, pode reduzir sua digestibilidade.

- **Hibernal**

1. Gênero *Trifolium*: é um grupo de plantas da família Fabaceae que desempenha um papel importante no bioma Pampa. No Pampa, diversas espécies de *Trifolium* são encontradas, cada uma com características e funções ecológicas distintas. São relatadas as espécies nativas:
2. *Trifolium polymorfum* (trevo do campo) – nativo do RS, PB 19%, rasteira, estolonífera e trifoliada. Floresce em outubro.

3. *Trifolium riograndense*: trevo serrano, PB 18%, flores cor rosa forte mais escuras que do *Polymorfun*. Perene e estolonífera. Floresce em outubro.
4. *Trifolium argentinense*: trevo argentino. Perene, glabro. Trifoliada com pecíolos curtos e folíolos serrados. Corola de cor creme, flor menos vistosa em relação as outras duas espécies relatadas do gênero. Floresce e frutifica entre outubro e dezembro.
5. Trevo carretilha (*Medicago polymorfa*): é uma espécie predominante na região da Campanha, caracterizada por suas inflorescências em racemos axilares com pedúnculos curtos. O cálice glabro e as flores amarelas são características marcantes dessa planta.

- **Poaceas**

1. Grama-tapete (*Axonopus affinis* Chase): gramínea perene, estolonífera, com entrenós avermelhados e até 20 cm de altura. Colmos glabros ou pubescentes, nós glabros e salientes, bainhas glabras, lígula membranosa e ciliada. Inflorescências com 2-4 racemos conjugados. Folhas com nervuras paralelas visíveis. Utilizada para pastejo em solos úmidos, resistente ao pisoteio e tolerante à sombra.
2. Grama forquilha (*Paspallum notatum* Fluegge): espécie perene de estação quente, dominante no bioma, com propagação por sementes e rizomas supraterrâneos. Bainhas subcomprimidas e glabras, lígula curta e arqueada, lâminas foliares agudas, glabras ou pubescentes. Inflorescência com 2-3 racemos conjugados, formando forquilha. Florescimento de novembro a abril. Diversos ecótipos adaptados, com variação em rizoma, folhas, inflorescências, rendimento e qualidade. Pensacola é o ecótipo mais comum.
3. Flechilha (*Stipa setigera* J. Presl.): gramínea perene hiberna, subcespitosa, 50-80 cm. Colmos glabros, eretos, finos, estriados. Nós salientes, pilosos. Bainhas fechadas, estriadas, glabras, base pilosa. Lígula estreita, ciliada. Lâminas agudas, glabras ou pilosas. Aristas >10 cm. Campos finos da fronteira do RS, solos férteis. Forragem tenra inverno/primavera, rejeitada após frutificação.
4. Cabelo-de-porco (*Piptochaetium montevidense* Parodi): indicadora de degradação do campo, esta gramínea perene de inverno coloniza áreas pobres e degradadas, formando touceiras densas de 20 a 30 cm de altura. Suas características morfológicas incluem colmos filiformes e

glabros, bainhas abertas, folhas filiformes e inflorescências em panículas densas. A espécie, que floresce de setembro a outubro, oferece forragem limitada à pré-floração, sendo raramente ingerida após o florescimento.

5. Treme-treme (*Briza minor* L.): hiberna, cespitoso, altura de até 30 cm, colmo ereto, cilíndrico e glabro. Bainha estriada e aberta. Inflorescência panícula aberta com ramificações.

- **Invasoras**

1. Capimannoni (*Eragrostis plana* Nees): é uma gramínea perene, cespitosa, originária da África do Sul, que se adaptou muito bem ao bioma Pampa, no sul do Brasil. Ele se destaca por sua alta capacidade de adaptação a diferentes tipos de solo, desde os mais arenosos até os mais argilosos, e por sua resistência à seca e ao frio. Tem raízes fasciculadas grossas e profundas; perfilhos eretos, comprimidos e glabros; nós pouco salientes e glabros; lígula curta; lâminas longas, eretas e filiformes. Rústica e principal invasora. Apresenta alelopatia, o que prejudica o desenvolvimento de outras plantas.
2. Maria mole (*Senecio brasiliensis* anual ou bienal. Inflorescência corimbosa, laxa, com capítulos de 12 a 15 mm de diâmetro. Flores amarelas. Floresce de junho a setembro. É uma espécie que apresenta toxicidade e, quando ingerida por bovinos, pode causar uma enfermidade denominada seneciose, uma hepatotoxicose que é a principal intoxicação por planta no RS, e levar à morte do gado por intoxicação. Uma característica marcante dessa planta são as inflorescências que apresentam uma coloração amarela, as quais lembram margaridas. Sua propagação se dá através das sementes dispersas pelo vento.

## MANEJO DE PASTAGENS

As pastagens do bioma Pampa são predominantemente constituídas por formações vegetais nativas, com ênfase em espécies forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas locais. Frequentemente, estas pastagens ocupam áreas marginais, caracterizadas por limitações edáficas (físicas e/ou químicas) que restringem o desenvolvimento de culturas agrícolas. A produção e a qualidade da forragem no bioma Pampa exibem variações sazonais significativas. Durante

as estações de baixa temperatura, observa-se uma redução na disponibilidade e no valor nutricional da forragem, com a ocorrência de dormência em diversas espécies. Porém, uma das principais características é que a pecuária é extensiva é extensiva desde a colonização ibérica, muitas vezes com baixo investimento, manejos básicos refletindo diretamente não na degradação do solo quanto na degradação do dossel forrageiro.

A principal atividade econômica que envolve a pecuária no bioma é a criação de bovinos de corte. O rebanho de bovinos do estado do Rio Grande do Sul conta com 11,9 milhões de animais, sendo que 80,5% são destinados à produção de carne. Apesar de enfrentar diversos problemas como o tempo considerado hoje tardio para o abate, com média de 36 a 48 meses, devido ao baixo GMD, ainda é uma atividade rentável e com uma qualidade de carne muito apreciada. Já a pecuária de leite no bioma Pampa é um tema pouco estudado, pois a maior parte dos estudos sobre a pecuária na região foca-se na produção de corte. No entanto, existem projetos que buscam aumentar a competitividade e a sustentabilidade da pecuária leiteira no Pampa.

Em termos de Brasil, eficiência produtiva é sinônimo de intensificação do sistema, que por sua vez, é sinônimo de animais confinados. O fenômeno que ocorre no Brasil hoje, de diminuição de propriedades que se dedicam a atividade, vem de encontro com o mesmo fenômeno ocorrido no EUA e União Europeia na década de 60-70. No EUA, não só por questões econômicas, mas também geográficas, decidiram que o confinamento dos animais representaria maiores ganhos, tanto produtivos quanto econômicos. Baseado nesse cenário, muitos criadores brasileiros, principalmente de grande porte, resolveram tecnificar todo meio produtivo aliado ao confinamento dos animais. Entretanto, o RS é um estado que culturalmente prefere a criação de animais a pasto com uma pecuária de corte (bovinos e ovinos), concentrada na região da campanha e fronteira, dominada pelo Bioma Pampa. Da mesma forma, Uruguai e Argentina também tem a predileção. Sim, há como intensificar a produção em campo natural, sendo para bovinos de corte, leite ou ovinos.

Podemos nos basear nos sistemas de criação de dois países vizinhos: Argentina e Uruguai. Ambos os países têm como base majoritária a criação de vacas em lactação em sistemas extensivos, com alimentação basal em campo natural com suplementação, principalmente energética e, em alguns momentos

estratégicos, introdução de novas espécies. A Argentina é o segundo maior produtor de leite da América do Sul, com uma produção diária total que representou um pouco menos da metade da produção total de leite do Brasil ano passado (31 milhões de l/dia x 67,2 milhões l/dia). Porém, se formos comparar a produtividade dos animais brasileiros em relação a Argentina e Uruguai, podemos ver essa realidade de outra forma: na Argentina a média de produtividade de uma vaca no ano de 2023 foi de 7.470 l/ano, no Uruguai, 5.600 l/vaca/ano e no Brasil 2.700 l/vaca ano (EMBRAPA, 2024), representando médias diárias por animal, respectivamente de 20,5 l/vaca/dia; 15,3 l/vaca/dia e 7,4 l/vaca/dia.

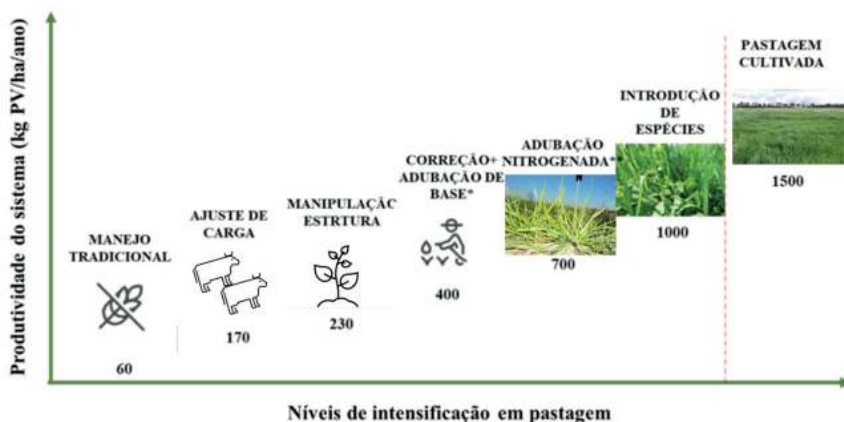
Quando falamos em bovinos de corte, a criação de bovinos de corte na Argentina possui cerca de 54 milhões de bovinos, o que representa cerca de um quarto da população mundial de bovinos. A Argentina é um grande produtor de carne bovina e couro, e a sua carne é reconhecida mundialmente pela sua qualidade e sabor. Os animais são criados em pastagens abundantes, grande parte nativas, localizadas em regiões planas e baixas do bioma Pampa, na parte central do país. Mais da metade do rebanho bovino está concentrado nas províncias de Buenos Aires, Córdoba e Santa Fé, a principal região agrícola do país. Modernel *et al.* (2018) descrevem que a criação de animais para corte na Argentina e Uruguai ocupa uma área de mais de 700.00 km<sup>2</sup> as margens do Río da Prata, de pastagem nativa que coexistem a mais de 400 anos, fornecendo benefícios sociais como regulação climática, conservação da biodiversidade, purificação e regulação da água, controle da erosão do solo e produção de carne com baixo insumo e baseada em pastagem nativa.

Além da baixa produtividade pelo manejo errado, principalmente do dossel, Ruviano *et al.* (2016) ainda atribuem a essas criações problemas como a alta emissão de carbono dos animais causada pela baixa eficiência do sistema, indicando que essas pastagens deveriam ser substituídas por espécies cultivadas. Porém, Modernel *et al.* (2018) destacam que há multifuncionalidade dos sistemas de criação de gado bovinos em pastagens naturais no bioma Pampa, os quais fornecem simultaneamente compensações dessas emissões. De uma perspectiva de ecologia da paisagem, há a necessidade de abordar e explorar melhor recursos ecossistêmicos associados a sistemas específicos de uso da terra que minimizam esses impactos e concomitantemente aumentam a produtividade.

## Manejo do dossel forrageiro

No gráfico abaixo há uma representação adaptada do indicado por Nabinger *et al.* (2006) sobre manejo de campos no bioma baseados no aumento da taxa de ocupação e produtividade:

**Figura 3.** Produtividade de forragem vs. Intensidade de pastejo em sistemas pecuários à pasto.



Adaptado de: Nabinger *et al.* (2006).

## Manejo tradicional

O manejo tradicional consiste na criação dos animais em pastagem de campo natural, com pouco ou nenhum emprego tecnológico. Nesse sistema o produtor maneja somente os animais em algumas situações, como pesagens, vermifugação, vacinas, porém, a alimentação basal é escassa e os solos geralmente apresentam degradação constante. É a realidade de muitos produtores da região da campanha do RS, principalmente pela falta de mão-de-obra e financeira.

Os principais problemas no manejo tradicional estão ligados a estacionalidade forrageira, quando há baixa disponibilidade de espécies forrageiras, e recorre-se muitas vezes a suplementação energética com milho inteiro ou quebrado. Quanto ao dossel forrageiro, a baixa qualidade do solo por si já torna o ciclo vegetativo de algumas plantas menor mesmo em períodos quentes, diminuindo o número de espécies presentes. Nesse manejo, espécies mais rasteiras como trevo nativo ou trevo rosa (*Trifolium polymorphum*), uma das

poucas espécies nativas que temos no bioma pampa com bom desenvolvimento no inverno e ótima fonte alimentar para bovinos, apresenta baixa tolerância ao pisoteio e solo degradado.

## **Ajuste de carga**

O ajuste de carga é um dos principais manejos utilizados que podem trazer resultados rápidos para animais em criação extensiva no bioma pampa. Heringer e Carvalho (2002), não tão distante dos tempos de hoje, em pesquisa publicada intitularam o ajuste de carga como uma das inovações na criação de animais em pastoreio, sendo uma nova e fácil ferramenta a ser aderida pelo criador. Esses autores detalham que até então, comumente se utilizava a massa e a oferta de forragem como variáveis controle para as limitações, porém, ambas levam em consideração a predição do consumo, mas não o efeito do animal na pastagem, além do que seria consumido, tais como já citado, a degradação do solo e do dossel.

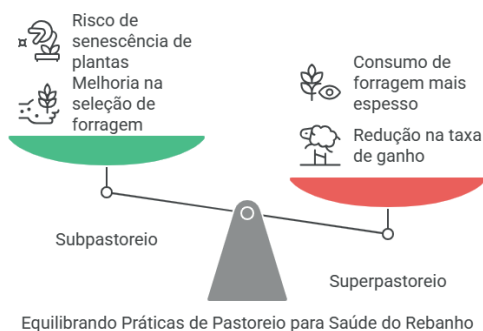
O ajuste de carga animal apresenta duas grandes vantagens para a criação: a manutenção dos animais em áreas com maior controle oferta de alimento, uma vez que podemos estimar previamente a taxa de lotação e, se haverá quantidade de forragem suficiente para o número de animais presentes na propriedade, além de evitar a perda das características estruturais do solo e a perda do stand de plantas. Esse manejo é primordial em pastagens cultivadas, mas torna-se essencial e indispensável em campos naturais. Porém, por ser necessário se ter uma estimativa dos pesos animais, muitas vezes acaba não sendo utilizada. Para o ajuste de carga devemos ter uma média total do peso dos animais, dividir esse peso pela Unidade Animal (450 kg) e dividir pelos hectares de pastagem. Por exemplo, em uma propriedade de 500 hectares, tendo 300 bovinos com média de peso de 420 kg, temos:

$$\text{UA/ha: } ((430 \times 420)/450)/500 = 0,8 \text{ UA ou } 361,2 \text{ kg}$$

Comparando com os dados publicados pelo último Beef report (ABIEC, 2023), essa carga pode ser considerada abaixo da média nacional de 1,02 UA/ha, porém, além da carga animal, devemos levar em consideração fatores relacionados à pastagem, como a quantidade de biomassa disponível, estruturação do

dossel forrageiro (proporção de folhas e colmos, além da altura), como também a taxa de acúmulo diário de biomassa e, o estágio vegetativo no momento do ajuste de carga dos bovinos. Essas variáveis deverão ser levadas em consideração no momento da avaliação da pastagem e, algumas delas, estão presentes nas equações para a estimativa da capacidade de suporte, já descrita. A figura abaixo detalha as três realidades inerentes ao controle da carga animal:

**Figura 4.** Efeitos do subpastejo e do superpastejo no Bioma Pampa.



**Fonte:** Autores (2025).

Taxas de lotação mais lenientes representam por consequência o subpastejo. Os animais podem selecionar melhor as partes mais digestíveis da planta, principalmente as folhas e, mesmo que represente ganhos médios diários acima dos 0,5 kg/animal por poderem, o excesso de forragem não consumida irá comprometer toda a estrutura do dossel e o rebrote, podendo até influenciar negativamente no ganho de peso dos animais, ao longo do período de utilização. Já cargas altas tendem a acarretar o superpastejo, exercendo maior pressão de pastoreio (termo que se refere a relação entre a carga animal em PV: Massa seca de forragem), que reflete diretamente no consumo voluntário dos bovinos, pois, ao contrário do subpastejo, não há possibilidade de seleção ou até, pode haver restrição na ingestão de alimento. Assim, o animal tende a ingerir maior proporção de FDN (parede celular mais espessa) e menos conteúdo celular (folhas jovens), o que causa a diminuição a taxa de passagem do alimento no trato gastrointestinal, afetando negativamente o GMD.

É necessário levar em consideração o comportamento ingestivo dos animais em pastejo e, há diferença na apreensão do alimento de bovinos, que

é feita em grande parte pela língua, auxiliada pelo plano nasolabial. Assim, há pouca mobilidade da cavidade oral em selecionar o alimento e, quando falamos em superpastoreio, essa capacidade seletiva torna-se mais reduzida ainda. Além disso, avaliar a estrutura do dossel no momento do pastoreio é fundamental, para que o animal tenha à sua disposição, forragem em qualidade e quantidade necessárias, para que a apreensão do alimento seja de qualidade e na quantidade necessária, otimizando seu tempo de ingestão de alimento.

### **Manejo da estrutura do dossel forrageiro**

O manejo da estrutura do dossel forrageiro ocorre em conhecer as características inerentes a(s) espécie (s) disponíveis para o consumo dos bovinos, além do conhecimento da fisiologia ingestiva desses animais. Plantas mais rasteiras e arbustivas, como a grande maioria das espécies encontradas no pampa, representam menor massa e maior dificuldade na apreensão do alimento quando comparadas a forrageiras eretas. Nesse manejo, o tipo de pastoreio empregado tem alta influência, a carga animal, a altura de entrada dos animais e altura do resíduo pastejado, todos parâmetros que devem ser levados em consideração com o principal objetivo: favorecer a rebrota da espécie forrageira após o pastoreio. O modo de apreensão dos bovinos é diferenciado e influencia nesse manejo como também é altamente influenciado pelo resultado dele. Uma estrutura bem manejada, representa tanto mais UA/ha quanto um maior GMD/animal.

Outras práticas na manutenção da estrutura da pastagem envolvem o monitoramento e crescimento de plantas daninhas, principalmente plantas tóxicas, monitorar a presença de pragas e, principalmente, monitoramento do solo com o objetivo de manter a fertilidade. Somente o manejo da estrutura em relação ao manejo tradicional pode representar um ganho médio por hectare até quatro vezes superior ao manejo tradicional de bovinos de corte, em torno de 11 arrobas a mais por hectare de boi gordo no produto final.

### **Manejo do solo: correção, adubação de base e adubação nitrogenada**

A formação e manutenção de pastagens produtivas somente é possível em solos férteis ou corrigidos com a aplicação de calcário e adubos, conforme

a necessidade. Todo o manejo do solo depende de uma primeira prática que a coleta para análise. Só o fato de o produtor precisar fazer essa coleta, mesmo contando com o técnico, já dificulta a prática constante desse manejo, principalmente quando falamos de produtores de corte em sistemas extensivos e com pouco investimento, onde somente o manejo correto e uma adubação de base trariam grandes diferenças em termos produtivos.

A correção e adubação das pastagens provê a todo o sistema uma renovação que irá resultar em maior oferta alimentar para o animal e, como será discutido posteriormente, pode inclusive abater os custos empregados a esse manejo com menor utilização de suplementação para suprir o déficit nutricional. Só a calagem e adubação de base podem aumentar a produtividade em 6 vezes comparadas ao manejo tradicional, aliada a adubação nitrogenada esses ganhos tornam-se ainda maiores, aumentando em torno de 0,9 UA/ha ano a taxa de lotação.

## **Introdução de espécies**

O manejo da oferta de forragem em pastagens complexas como do bioma pampa provoca modificações espaço-temporais na estrutura, em particular sobre a dinâmica da ocupação espacial entre sítios alimentares na área efetivamente pastejada, e também na frequência de espécies e/ou estruturas indesejáveis ao consumo. Estratégias de manejo melhoram podem melhorar muito a oferta e, conseqüentemente, a produtividade do sistema, porém, a ocorrência de sítios alimentares considerados ótimos ao consumo diminuindo a idade do abate e aumentando a intensificação do sistema exige que a modificação do dossel seja feita como forma de se ter um maior controle da produtividade. Para isso, em pastagens de estrutura complexa, é necessária a utilização de outras ferramentas de manejo, para elevar o estrato inferior (efetivamente pastejado) e rebaixar o estrato superior, criando ambientes pastoris com estruturas mais favoráveis à taxa de ingestão de forragem e otimizando a colheita da forragem produzida. Aliada a práticas já descritas anteriormente, como a manutenção da qualidade do solo e a taxa de ocupação, a inserção de novas espécies que possam manter a estrutura nutricional ativa é promissora. A introdução de novas espécies pode ser feita tanto no período de vazio forrageiro, prática mais comum, ou para melhor a oferta, principalmente quando no campo há espécies mais rasteiras

que diminuem a ingestão de uma maior massa por bocado. Alguns cuidados devem ser levados em consideração:

- *Adaptação*: a espécie forrageira deve se adaptar às condições do ambiente, como temperatura, precipitação e solo.
- *Cobertura do solo*: Forrageiras adaptadas a estresses bióticos e abióticos podem cobrir o solo completamente, o que resulta em maior produtividade e menor ocupação de espécies invasoras.
- *Período de outono/inverno*: A introdução de espécies forrageiras de estação fria pode minimizar a deficiência de forragem no período de outono/inverno.

### **Escolha do método de pastoreio**

O produtor não pode influenciar no clima, mas pode interferir de forma significativa nos demais fatores, a começar pelo manejo do pasto. O método de pastoreio contínuo, pastoreio alternado e pastoreio rotacionado são os métodos de pastoreio mais empregados e pesquisados na atualidade.

O método de pastoreio contínuo possui duas taxas de lotação distintas:

- Lotação contínua, com taxa de lotação fixa, onde o número de animais no pasto não varia ao longo do ano. Deve-se objetivar o manejo extensivo e a taxa de lotação da pastagem deve ser baixa. Em realidade de campo no RS, principalmente quando a base alimentar é o campo natural, esse tipo de lotação é o mais utilizado visto que há baixo emprego de mão-de-obra e investimento.
- Lotação contínua, com taxa de lotação variável, onde o número de animais no piquete varia ao longo do ano, de acordo com a disponibilidade de forragem e em propriedades que intensificam um pouco mais a produção, também pode variar de acordo com fase de criação, sexo e espécie (criação de bovinos corte + ovinos). As pastagens são utilizadas de forma otimizada e exigem maior intensificação do manejo. Para esse método, devem ser utilizadas taxas de lotação baixas a médias.

Já pastoreio alternado são considerados os conceitos de período de descanso e período de ocupação dos piquetes. O período de descanso é o tempo necessário para a recuperação da pastagem após a colheita pelos

animais sem, contudo, permitir que ocorram perdas na qualidade nutricional da forragem. O período de ocupação é em relação ao tempo em que os animais consumiram toda a oferta de matéria seca produzida, mas deixando biomassa e estruturas vegetais suficientes para permitir a rebrota da forrageira. Para que esse método de pastoreio seja implementado, serão necessários dois piquetes, com alternância entre a ocupação e o descanso das pastagens, de forma que o pastoreio não seja prejudicial à forrageira e o crescimento da forrageira não seja prejudicial à qualidade nutricional da forragem. Pode-se empregar, nesse método, ainda, taxa de lotação contínua ou taxa de lotação variada. O método de lotação alternada apresenta melhores resultados, quando empregado em sistemas com média taxa de lotação e intensificação.

### **Criação de bovinos e a Alianza Del Pastizal**

Atualmente, existem diversos programas de certificação que incentivam os produtores a seguirem métodos mais claros de criação para garantir a qualidade da carne, além de aumentarem a rentabilidade por kg/produtivo. Um deles é a Alianza del Pastizal que surgiu de uma iniciativa de produtores rurais, organizações ambientais, universidades, centros de pesquisa, governos, técnicos, associações de produtores, instituições de fomento e é uma organização não-governamental (ONG) que incentiva a produção de gado bovino de forma sustentável em países do Cone Sul, como o Brasil, por meio da bovinocultura de corte à pasto, na região do Bioma Pampa. Tem como objetivo preservar a biodiversidade e os locais de migração de aves (VACCARO *et al.*, 2020), além de conciliar a pecuária com o bioma (SILVA *et al.*, 2020). A produção de carne da Alianza del Pastizal se diferencia da criação de gado confinado, que é predominante em países desenvolvidos do norte. A organização também promove ações para conservar as pastagens nativas e sua biodiversidade.

Como pré-requisitos para receber a certificação, a propriedade deve contar com uma produção em que o plantel seja criado em uma área com pelo menos 50% de campo natural no bioma pampa, sistema livre de confinamento, suplementação com uma relação volumoso:concentrado de até 30%, além de visar o bem-estar dos animais. Além disso, a Alianza del Pastizal monitora a avifauna em propriedades certificadas, para avaliar a diversidade de aves e como as práticas de produção pecuária contribuem para a conservação dos habitats.

**Figura 5.** Objetivos e ações envolvidos a Certificação Alianza del Pastizal.



**Fonte:** Autores (2025).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de estar presente somente no Rio Grande do Sul, o Bioma Pampa abriga uma imensa variedade de espécies vegetais e animais, muitas delas endêmicas, contribuindo para a manutenção do equilíbrio ambiental e para a preservação da diversidade genética. Além disso, o Pampa desempenha um papel fundamental na regulação do ciclo da água, na conservação do solo e no sequestro de carbono, auxiliando na mitigação das mudanças climáticas. Sua importância transcende fronteiras, sendo essencial para a sustentabilidade ambiental e para o bem-estar das comunidades que dependem de seus recursos naturais. O bioma Pampa, caracterizado por seus campos nativos e clima favorável, desempenha um papel fundamental na produção animal, especialmente na pecuária extensiva. A abundância de pastagens naturais de alta qualidade nutricional permite a criação de gado bovino e ovino de forma sustentável, com baixo custo de produção. Além disso, a diversidade de espécies forrageiras nativas garante a disponibilidade de alimento ao longo do ano, contribuindo para a saúde e o bem-estar dos animais, e consequentemente para a produção de carne e lã de alta qualidade.

## REFERÊNCIAS

- ABIEC, A. B. DAS I. E. DE C. **Beef Report 2023: Perfil da Pecuária no Brasil.**, 2023. Disponível em: <<https://abiec.com.br/>>
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. Campos do Sul. Em: FONSECA, F. O.; SOUZA, L. A. (Eds.). **Biomass brasileiros: vegetação, fauna e conservação.** Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. p. —.
- BOLFE, É. L. *et al.* Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases. **Land**, v. 13, n. 2, p. 200, abr. 2024.
- EMBRAPA, E. B. DE P. A. **Anuário Leite 2024.** [s.l.] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, abr. 2024.
- HERINGER, M. R.; CARVALHO, P. C. DE F. Manejo de pastagens naturais: novas perspectivas para a pecuária do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1441-1449, 2002.
- IBGE, I. B. DE G. E E. **Censo Agropecuário 2017.** 2017.
- MODERNEI, P.; ASTIGARRAGA, L.; PICASSO, V. Global versus local environmental impacts of grazing and confined beef production in Uruguay. **Livestock Science**, v. 214, p. 75-84, 2018.
- NABINGER, C. *et al.* **Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtrópico brasileiro.** Anais do 1o Simpósio de Forrageiras e Produção Animal. **Anais...**Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- OVERBECK, G. E. *et al.* Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 17, n. 4, p. 157-166, 2015.
- RUVIARO, C. F. *et al.* Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 2455-2464, 2016.
- SILVA, M.E. da; BENDER, E.E.; VAZ, P.R.F. Produtores de gado bovino no extremo sul do Brasil sob selo Alianza del Pastizal. **Redes**, v. 25, n. 3, p. 1-20, 2020.
- VACCARO, A.S., DODYK, L., LAPIDO, R., DE MIGUEL, A., GRILLI, P.G. ¿Cómo contribuye la alianza del pastizal a la conservación de las aves en la Pampa Deprimida? **El Hornero**, v.35, p.95-109, 2020.

## **DIETA TOTAL ENSILADA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES: UMA REVISÃO**

**Leonardo Piffer de Borba**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Nathalia Marques Andriotti**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Patrícia Pinto da Rosa**

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR/RS)

**Bianca Pio Ávila**

Universidade Federal de Pelotas (UFPeI)

**Jakciane Andrieli de Miranda Foss**

**Fabio José Maia**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Andressa Radtke Baungratz**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Tiago Venturini**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

# RESUMO

A ensilagem da dieta total misturada (do inglês *Total Mixed Ration* – TMR) representa uma estratégia nutricional eficiente e cada vez mais utilizada na alimentação de ruminantes, permitindo o fornecimento de uma ração homogênea, balanceada e adaptável às diferentes categorias animais. Este capítulo tem como objetivo revisar os aspectos relacionados à formulação, ensilagem, fermentação e utilização da TMR, destacando os principais fatores que influenciam sua qualidade e eficiência zootécnica. A TMR ensilada possibilita a inclusão de diversos ingredientes e coprodutos agroindustriais, otimizando o uso de subprodutos e promovendo sustentabilidade. Fatores como umidade, estabilidade aeróbica, padrão fermentativo e escolha de ingredientes são determinantes para o sucesso do processo. Estudos demonstram que a TMR ensilada pode melhorar a digestibilidade, aumentar o ganho de peso, a produção de leite e promover melhor aproveitamento de nutrientes, sendo uma alternativa promissora para sistemas intensivos de produção animal.

**Palavras-chave:** eficiência alimentar; fermentação; coprodutos; silagem; *Total Mixed Ration*.

## INTRODUÇÃO

A silagem de dieta total misturada ou *Total Mixed Ration* (TMR) é amplamente utilizada no continente asiático e vem sendo adotada em diferentes partes do mundo como uma estratégia promissora para o sistema de criação de ruminantes. Consiste em misturar e ensilar volumosos, coprodutos e outros ingredientes para criar uma ração completa e homogênea para proporcionar uma nutrição equilibrada para os animais (SCHADER *et al.*, 2015).

A produção desse tipo de silagem ganhou aceitação nos países asiáticos, especialmente no Japão. O grande volume de coprodutos gerados pelas indústrias alimentícias estimulou a realização de extensas pesquisas que resultaram no desenvolvimento dessa tecnologia (WANG e NISHINO, 2008). Essa prática tem moldado a cadeia produtiva de forma sustentável, convertendo insumos não comestíveis para humanos em alimentos para animais. Além disso, esse processo tem ajudado a enfrentar os crescentes custos de produção em locais onde os sistemas dependem fortemente de importação de grãos para alimentação animal (HA *et al.*, 2010).

O principal objetivo da TMR ensilada é estabelecer uma conexão entre os coprodutos e ingredientes de baixa umidade, a fim de preservar a qualidade do material ensilado, reduzir perdas, minimizar a geração de resíduos e diminuir os custos associados ao processo de secagem (NISHINO *et al.*, 2013). Em países como Japão e China, a silagem de ração total é comercializada em silo fardo revestido com camadas de filme plástico, com capacidades que variam de 400 a 800 kg (WEINBERG *et al.*, 2011).

A TMR pode ser formulada de maneira personalizada para atender a cada categoria animal, como vacas leiteiras, vacas secas, novilhas, bezerros, bovinos de corte, ovelhas, cabras, entre outros (CAO *et al.*, 2011), incluindo uma variedade de ingredientes na dieta, como produtos e coprodutos úmidos ricos em fibras, além de concentrados, minerais e aditivos. Essa tecnologia possibilita a elaboração de uma alimentação de excelente qualidade, com menor variabilidade em composição e melhor estabilidade no consumo de nutrientes. Além disso, a ensilagem de TMR reduz os custos associados à colheita e transporte de forragem fresca, requerendo menos investimento em infraestrutura, máquinas e mão de obra para a preparação da ração.

De maneira geral, as silagens apresentam um teor médio de matéria seca de 50 a 60%, com cerca de 15 a 18% de proteína bruta e 70 a 74% de nutrientes digestíveis totais (WANG, NISHINO; 2013). Ao formular a TMR é comum incluir uma variedade de alimentos, sendo bastante frequente a inclusão de 10 ou mais ingredientes. No Japão, os resíduos de cervejaria têm se destacado como um dos principais subprodutos utilizados na produção dessas silagens.

A utilização da TMR ensilada é empregada principalmente na pecuária leiteira devido à sua natureza de mistura homogênea, evitando comportamentos seletivos dos animais, resultando em uma condição ruminal estável e reduzindo o risco de acidose (HOSODA *et al.*, 2019). Estudos realizados por Miyaji *et al.* (2013) em relação à formulação da dieta para vacas de alta produção (cerca de 45 kg de leite por dia) indicaram que a substituição de 100% do grão de milho por arroz integral e coprodutos de soja na silagem de TMR foi uma alternativa eficaz. Essa substituição resultou na diminuição das perdas de nitrogênio na urina, sem causar efeitos adversos no consumo e na produção de leite. Além disso, Sakai *et al.* (2015) concluíram que a inclusão de grãos de cerveja na silagem de TMR utilizada na alimentação de búfalas aumentou significativamente a ingestão de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, resultando em aumento do peso corporal e da produção de leite.

A ensilagem de TMR, embora não seja uma prática recente, ainda é pouco disseminada no Brasil, apesar do crescente interesse da indústria e dos produtores rurais. Desta forma, o objetivo deste estudo é compilar informações relacionadas a produção, conservação e uso da dieta total ensilada na produção de ruminantes em geral.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Seleção e características desejáveis dos alimentos**

A dieta total ensilada consiste na mistura de forragens, concentrados, subprodutos, aditivos, vitaminas e minerais com objetivo de atender as exigências nutricionais de uma determinada categoria (SCHADER *et al.*, 2015; BUENO *et al.*, 2020). Na atualidade, o uso da TMR ganhou força em diversos países devido o crescente aumento da disponibilidade de subprodutos agroindustriais, que podem ser alternativas viáveis na formulação do ensilado (BUENO *et al.*,

2020). Dentre eles, se destacam, resíduos oriundos de cervejarias, destilarias, vinícolas, fruticulturas, olericulturas e de grãos em geral (BUENO *et al.*, 2020).

A seleção de alimentos é uma fase importante na confecção deste produto, visto que a presença de água, carboidratos solúveis, a capacidade tampão, teor de nitrato e a microbiota presentes nos ingredientes são fatores que influenciam no processo fermentativo e na qualidade final do ensilado (WEISSBACH; SCHMIDT; HEIN, 1974; KAISER; WEISS; POLIP, 2002). Neste sentido, a composição mista do material a ser ensilado permite o ajuste das variáveis indesejadas, visto que todos os ingredientes serão submetidos ao processo fermentativo.

A mistura de alimentos com teores variados de umidade, elevados teores de açúcares solúveis e com a presença de bactérias ácido lácticas (BAL) homofermentativas permite melhor fermentação, reduz os riscos de fermentações indesejadas e a produção de efluentes, enquanto alimentos que apresentam heterofermentação, permitem uma melhor estabilidade aeróbica (BUENO *et al.*, 2020). Nishino *et al.* (2003) corroboraram essa afirmação a partir da comparação da ensilagem de resíduo úmido de cervejaria e sua ensilagem na forma de TMR. Os autores observaram que o material ensilado na forma de TMR apresentou maior teor de matéria seca (538 g MS.kg<sup>-1</sup> e 207 g MS.kg<sup>-1</sup>), maior presença de açúcares solúveis e menor acúmulo de compostos orgânicos voláteis após um período de 40 dias de fermentação.

Diversos pesquisadores indicam que os teores ideais de MS para o material ensilado se situam entre 400 e 650 g.kg<sup>-1</sup>. No entanto, são escassos os estudos que avaliam diferentes teores de MS utilizando os mesmos alimentos (SCHINGOETHE, 2017; BUENO *et al.*, 2020). Essa variável exerce forte influência sobre o padrão fermentativo, afetando o acúmulo de produtos finais da fermentação e da proteólise, além de impactar o consumo de matéria seca e a separação de ingredientes durante o fornecimento aos animais (SCHINGOETHE, 2017; BUENO *et al.*, 2020).

## **Processo de ensilagem**

O processo de ensilagem da TMR passa inicialmente pela formulação da dieta total, seguida pela mistura dos ingredientes nas proporções adequadas para atender as exigências nutricionais da espécie e categoria de interesse. Esta etapa é sucedida pela ensilagem propriamente dita, em que devem ser atendidos

todos os critérios observados para as ensilagens de materiais solteiros como milho, sorgo e gramíneas.

A umidade da TMR é um fator determinante na eficácia do processo de ensilagem pois afeta diretamente tanto a fermentação, quanto o consumo de matéria seca (CMS) pelos animais. Variações nos teores de umidade influenciam o perfil fermentativo, o fracionamento dos nutrientes e sua disponibilidade, sendo essencial o monitoramento e a correção desses valores sempre que necessário (BUENO *et al.*, 2020).

Silagens com teores de MS superiores ou inferiores aos recomendados pela literatura podem resultar em restrições ao consumo por limitação física, decorrente do enchimento ruminal (SCHINGOETHE, 2017). Quando a dieta é excessivamente úmida ou seca, há risco de comprometimento da ingestão voluntária e, conseqüentemente, do atendimento às exigências nutricionais dos animais. No entanto, são escassos os estudos que avaliam o efeito de diferentes teores de umidade utilizando os mesmos ingredientes (BUENO *et al.*, 2020). Uma estratégia eficaz para manejar dietas com alto teor de matéria seca é a inclusão de líquidos ricos em açúcares, como o melaço, o que contribui para reduzir a seleção dos ingredientes da dieta pelos animais (LITHERLAND *et al.*, 2013).

Estudos com TMR ensilada em fardos contendo 500 ou 650 g de MS.kg<sup>-1</sup> indicaram menor recuperação de MS e menor teor de açúcares nas silagens mais úmidas (988 vs. 999 g de MS.kg<sup>-1</sup> e 10 vs. 28 g de MS.kg<sup>-1</sup>, respectivamente), sem comprometer a digestibilidade *in vitro* da MS (WEINBERG *et al.*, 2011). Além disso, ao se ensilar TMR com diferentes teores de umidade (400, 450 e 500 g de MS.kg<sup>-1</sup>), observou-se estabilidade aeróbica por mais de 21 dias até o 56º dia de armazenamento, com aumento progressivo nas concentrações de ácido lático, ácido acético e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), de acordo com o teor de umidade inicial (HAO *et al.*, 2015). Esses dados evidenciam que o controle da umidade é crucial para o sucesso do processo de ensilagem e para a preservação da qualidade nutricional da TMR, o que pode impactar o desempenho dos animais.

Após os cuidados adotados durante o processo de formulação, a dieta misturada deve ser ensilada para possibilitar sua conservação por um período mais prolongado. O processo de ensilagem é composto por quatro fases distintas: respiratória, fermentativa, estável e de deterioração. Cada uma dessas

etapas apresenta características microbiológicas e bioquímicas específicas, que influenciam diretamente a qualidade do material ensilado.

- **Fase respiratória**

A fase aeróbica ou respiratória tem início imediatamente após o fechamento do silo e é considerada uma das etapas mais críticas do processo de ensilagem. Durante esse período, ainda há presença de oxigênio ( $O_2$ ) no interior da massa ensilada, permitindo que ocorra a fermentação aeróbica, processo indesejável para a adequada conservação do material forrageiro. Nessa fase, microrganismos aeróbios indesejáveis, como bactérias, fungos e leveduras oriundos do ambiente, além de enzimas como proteases e carboidrases naturalmente presentes no vegetal, iniciam a degradação dos carboidratos solúveis disponíveis (VENTURINI, 2019).

Esse metabolismo resulta na produção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), água e calor, promovendo perdas significativas de MS e reduzindo o substrato necessário à posterior fermentação anaeróbica, que é a responsável pela estabilização da silagem (GONÇALVES, 2011). O prolongamento da fase aeróbica, geralmente decorrente de falhas na compactação ou vedação do silo, intensifica tais perdas e compromete a qualidade bromatológica do material conservado.

A fase aeróbica é marcada também pela geração de calor. Um dos efeitos mais danosos da produção de calor excessivo nessa fase é a elevação da temperatura da massa ensilada, que pode ultrapassar 49 °C. Essa condição favorece a ocorrência da reação de Maillard, fenômeno no qual carboidratos redutores reagem com grupos amina de proteínas, formando complexos indigestíveis. Esses compostos passam a integrar a fração da fibra em detergente ácido (FDA), tornando-se indisponíveis para o metabolismo animal (SILVEIRA, 1975).

Para mitigar as perdas decorrentes da fermentação aeróbica, medidas estratégicas devem ser adotadas no momento da ensilagem. Entre as mais eficazes destacam-se a trituração adequada das partículas do material, a compactação eficiente da massa e a vedação imediata e hermética do silo. Essas ações visam acelerar o consumo do oxigênio residual e promover rapidamente o estabelecimento de condições anaeróbicas, essenciais para o sucesso da

fermentação láctica e, conseqüentemente, para a produção de uma silagem de alta qualidade.

- **Fase fermentativa e fase estável**

A fermentação é um processo realizado por bactérias na ausência de oxigênio, que irão transformar a massa ensilada em silagem, através da conversão dos carboidratos solúveis em ácidos orgânicos. Essa fermentação é realizada por microrganismos presentes na forragem ensilada ou inoculados no processo de ensilagem. A preservação das culturas forrageiras na forma de silagem depende do ambiente anaeróbico, pois se baseia na ocorrência de uma fermentação láctica, responsável por diminuir o pH e, associado com a alta pressão osmótica que inativa os microrganismos, preservar o valor nutricional do alimento (DA SILVA *et al.*, 2017). Segundo Woolford e Pahlow (1998), durante o armazenamento as BAL serão as responsáveis pela fermentação primária, transformando carboidratos solúveis presentes na forrageira em ácido láctico, e em menor quantidade, ácido acético.

Entretanto, diferentes vias de fermentação podem ocorrer no silo dependendo do substrato, da população microbiana predominante, do teor de MS disponível, e da capacidade tampão da cultura ensilada (DA SILVA *et al.*, 2017). Essas variáveis podem resultar na produção de componentes indesejáveis durante a fermentação da silagem, como micotoxinas, ácido butírico, produtos de proteólises e toxinas bacterianas, que impactam negativamente a saúde dos animais e pessoas que manuseiam a silagem (ÁVILA e CARVALHO, 2019). Estes componentes indesejáveis tendem a aparecer durante a fermentação secundária, que é uma acidificação realizada principalmente por *Enterobacteria* e *Clostridia* (produtoras de ácido butírico) e leveduras (produtoras de etanol) (KIM *et al.*, 2021).

Ogunade *et al.* (2017) relatam que firmicutes e proteobactérias são os filos mais abundantes durante a ensilagem. Entre esses filos estão as BAL e bactérias produtoras de ácido propiônico, que são bactérias consideradas desejáveis durante a ensilagem. Os microrganismos normalmente presentes nas diferentes fases do processo de fermentação da silagem estão listados na Quadro 1.

**Quadro 1.** Microrganismos normalmente presentes no processo de fermentação da dieta total ensilada.

| Grupo de microrganismos                       | Fases da fermentação        |                                                   |                                  |                                                 |
|-----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                               | Aeróbico                    | Fermentação                                       | Estável                          | Alimentação                                     |
| <b>Bactérias ácido lácticas (BAL)</b>         | Presente<br>Baixa população | Presente<br>(+) População                         | Presente                         | Presente<br>(-) População                       |
| <b><i>Enterobacteriaceae</i></b>              | Presente                    | (+) População                                     | Ausente                          | Ausente                                         |
| <b>Leveduras</b>                              | Presente                    | Presente                                          | Presente                         | Presente                                        |
| <b>Bolores</b>                                | Presente                    | (-) População<br>Sobrevive na<br>forma de esporos | (-) População                    | (+) População                                   |
| <b>Bactéria formadora de esporos aeróbica</b> | Presente<br>(contaminação)  | Sobrevive na<br>forma de esporos                  | Sobrevive na<br>forma de esporos | (+) População                                   |
| <b><i>Clostridium</i></b>                     | Presente<br>(contaminação)  | Sobrevive na<br>forma de esporos                  | Sobrevive na<br>forma de esporos | Desenvolvimento<br>em micro nicho<br>anaeróbico |
| <b>Bactérias ácido acéticas</b>               | Presente*                   | (-) População                                     | Ausente                          | (+) População                                   |
| <b>Bactérias ácido propiônicas</b>            | Presente*                   | Presente                                          | Ausente                          | Ausente                                         |

(-): Redução da população; (+): Aumento da população; \*: População muito baixa.

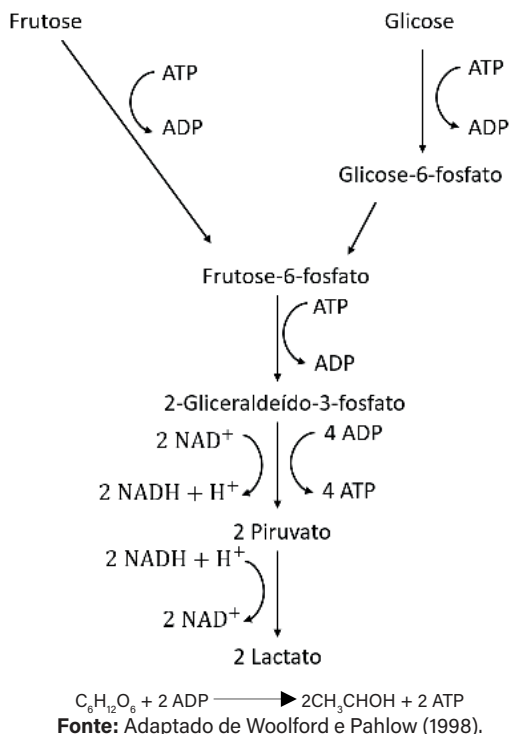
**Fonte:** Adaptado de Ávila e Carvalho (2019).

A fase fermentativa ocorre com o rápido crescimento de microrganismos anaeróbicos, que irão diminuir o pH através da fermentação dos carboidratos em ácido lático. A compactação, MS, carboidratos solúveis e capacidade tampão irão definir a qualidade da fermentação e da silagem.

A fase estável é quando a atividade dos microrganismos diminui e o pH estabiliza. Dessa forma, a atividade enzimática, mesmo que contínua, se torna mais lenta. De acordo com Woolford e Pahlow (1998), os carboidratos solúveis, os ácidos orgânicos e os compostos nitrogenados terão mudanças relevantes durante a fermentação da silagem, e a intensidade das mudanças dependerá da eficiência do processo. Carboidratos solúveis como a frutose, glicose e sacarose são os principais açúcares encontrados em forrageiras. Esses carboidratos são os principais substratos para as BAL e outros microrganismos. Contudo, o excesso de açúcares pode estimular o crescimento de leveduras anaeróbicas que não são completamente inibidas pelo pH baixo, como ocorre na silagem de cana-de-açúcar, resultando em elevada perda de MS por conta da fermentação via etanol (DA SILVA *et al.*, 2017).

A fermentação láctica pode ter duas vias, a homoláctica, que é mais desejável, ou a heteroláctica, a qual também produz etanol, o que a torna indesejável. A via de fermentação é relativa à quantidade de açúcares disponíveis. Na fermentação homoláctica, 1 mol de frutose ou glicose é quantitativamente convertido para 2 mol de lactato, pela via glicolítica para piruvato (Figura 1)

**Figura 1.** Fermentação da frutose e glicose por homofermentação de bactérias ácido lácticas.



Os ácidos orgânicos presentes na forragem são predominantemente os ácidos cítrico e málico, e variam em torno de 20-60 g.kg<sup>-1</sup> MS em gramíneas e 60-80 g.kg<sup>-1</sup> MS em leguminosas (WOOLFORD e PAHLOW, 1998). Esses ácidos são significativamente importantes na fermentação da silagem por conta de seus sais, cujo poder tamponante controla a queda do pH.

Os compostos nitrogenados da planta sofrem proteólise logo após o corte, e esse processo continua durante a ensilagem através da atividade dos microrganismos. Geralmente a quantidade de nitrogênio volátil da silagem é um

indicador da desaminação e está correlacionado com o pH da silagem, pois a queda rápida do pH irá impedir a proteólise. As BAL são consideradas bactérias com propriedades proteolíticas fracas ou inexistentes, entretanto são capazes de fermentar aminoácidos.

O teor de MS também afeta diretamente a fermentação, pois altera a densidade específica, a atividade microbiana e as perdas por efluentes, culturas com teor de MS abaixo de 25% na ensilagem apresentam altas perdas por efluentes e alta atividade de microrganismos indesejáveis como os do gênero *Clostridium* (DA SILVA *et al.*, 2017). Entretanto, MS acima de 45% dificulta a ensilagem em razão da porosidade que pode causar prejuízos devido ao desenvolvimento de microrganismos aeróbicos (PITT *et al.*, 1991).

Uma forma de saber se a cultura está em condição ideal para ser ensilada é através do Coeficiente de Fermentação (CF), que foi definido pela seguinte fórmula (OUDE ELFERINK *et al.*, 2000):

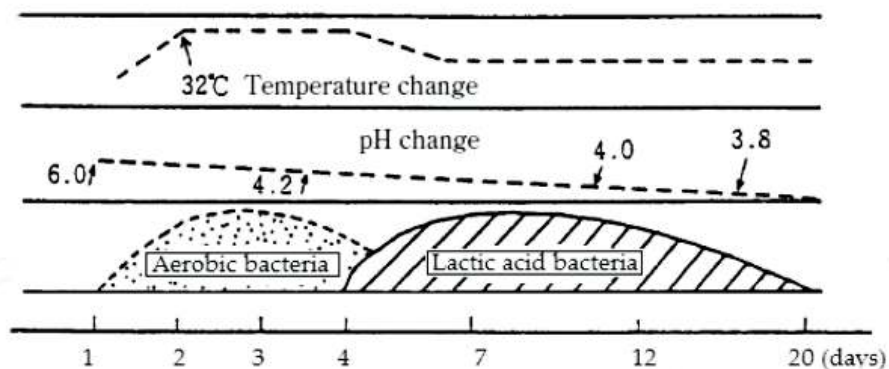
$$CF = MS (\%) + 8 CSA/CT$$

Onde CF = coeficiente de fermentação, MS = matéria seca, CSA = carboidratos solúveis em água, e CT = capacidade tampão.

Forragens com  $CF < 35$  podem resultar em fermentação indesejável e elevada perda de MS. Se o  $CF \geq 35$  haverá melhor fermentação resultando em melhor qualidade da silagem (DA SILVA, *et al.*, 2017).

A temperatura da silagem é outro fator que limita a fermentação. Li *et al.* (2022) encontraram limitação da fermentação da silagem de aveia inoculada com BAL em baixas temperaturas. A temperatura dentro do silo pode variar de acordo com a temperatura externa e afetar a qualidade do material conservado. Silagem de melhor qualidade foi observada quando a temperatura externa era de 15°C. Contudo, temperaturas de até 32°C podem ser ideais, a depender da cultura ensilada (Figura 2). As BAL são mais afetadas pela temperatura do que pela qualidade da silagem (REN *et al.*, 2019), e algumas BAL são mortas em temperaturas acima de 40°C (OHSHIMA *et al.*, 1997).

**Figura 2.** Diagrama do processo de fermentação da silagem.



Fonte: Adaptado de Da Silva et al. (2017).

A inoculação de BAL na silagem pode aumentar a produção de ácido láctico, aumentar a matéria seca digestível, melhorar os parâmetros de fermentação ruminal *in vitro* e diminuir a produção de metano no rúmen (OSKOU-EIAN *et al.*, 2021).

#### • Abertura do silo e durabilidade pós-fermentação

As perdas por deterioração aeróbica iniciam-se a partir da abertura do silo, ao término do período de estabilização, quando o oxigênio atmosférico entra em contato com a massa ensilada. Essa entrada de  $O_2$  permite o desenvolvimento de microrganismos aeróbios indesejáveis, especialmente leveduras e fungos, os quais utilizam substratos fermentáveis, como açúcares solúveis e ácido láctico, como fontes de energia (BORREANI & TABACCO, 2010). Como consequência, há aumento da temperatura, elevação do pH e redução do valor nutricional da silagem, com possível produção de micotoxinas, comprometendo a qualidade do alimento e a saúde animal.

A estabilidade aeróbica é definida como a capacidade da silagem de resistir à deterioração após ser exposta ao ar, e está diretamente relacionada à velocidade com que ocorrem alterações físico-químicas na massa ensilada após a abertura do silo (JOBIM *et al.*, 2007). A retomada da atividade microbiana oxidativa é um dos principais fatores que comprometem essa estabilidade, sendo

este processo fortemente associado à presença e proliferação de leveduras e fungos filamentosos (SCHEIDT, 2019).

Assim, a manutenção da estabilidade aeróbica após a abertura do silo é um dos principais desafios na utilização da silagem de TMR, especialmente em sistemas que demandam retirada diária e gradual do material, como ocorre na alimentação de bovinos leiteiros ou confinados. Estratégias como a escolha de bons aditivos, compactação eficiente, selagem adequada e manejo cuidadoso durante a retirada são fundamentais para mitigar os efeitos negativos da deterioração aeróbica.

- **Vantagens e desvantagens da TMR**

A principal vantagem dessa abordagem é a homogeneidade do material resultante, o que reduz a seleção natural dos animais em busca de alimentos, permitindo que eles consumam a ração de forma completa e evitando problemas de estabilidade ruminal (HOSODA *et al.*, 2019). Isso resulta em uma maior estabilidade do pH ruminal e um fornecimento constante de nutrientes aos microrganismos ruminais, o que melhora a eficiência de utilização da energia e proteína disponíveis no retículo-rúmen. Além disso, a dieta total permite a inclusão de alimentos menos palatáveis, ampliando as opções de ingredientes utilizados (COPPOCK *et al.*, 1981).

Uma vantagem adicional da silagem é a possibilidade de ser armazenada em silos portáteis e distribuída em curto prazo, geralmente em até um mês após a produção, já que o espaço de armazenamento é limitado (WANG e NISHINO, 2013).

Uma desvantagem está relacionada às condições de ensilagem utilizadas, que podem interferir na composição da silagem de TMR, resultar em baixa concentração de ácido lático, pH acima de 4 ou 5 e aumentar a população de microrganismos indesejáveis (CAO *et al.*, 2011). Alguns coprodutos apresentam deficiência de nutrientes para estimular o crescimento de bactérias ácido lácticas, tornando necessário o uso de aditivos fermentativos, como melaço e polpa de beterraba (YUAN *et al.*, 2015).

O uso de silagem de TMR exige maiores investimentos como equipamentos e mão de obra especializada, fatores que em muitas propriedades são escassos

ou limitados. Além disso, pequenos e médios produtores frequentemente possuem baixo poder de barganha na compra de insumos, devido à baixa escala de consumo e até dificuldades na aplicação de técnicas para produzir dietas nutricionalmente balanceadas.

## **Efeitos da dieta total ensilada sobre os animais**

A utilização da silagem de TMR tem se consolidado como uma prática estratégica na produção de ruminantes em diferentes regiões do mundo, sobretudo nas cadeias produtivas de bovinos e ovinos (BUENO *et al.*, 2020). Essa técnica consiste na mistura homogênea de ingredientes volumosos e concentrados, seguida do processo de ensilagem, o que permite que todos os componentes sejam submetidos à fermentação. Essa condição potencializa a estabilidade da dieta, facilita o manejo alimentar e tende a melhorar a digestibilidade dos nutrientes, refletindo positivamente no desempenho zootécnico dos animais.

Estudos com vacas leiteiras da raça Holandesa demonstraram tendência de aumento no consumo de matéria seca ( $P = 0,06$ ) quando se utilizou TMR ensilada em substituição à TMR fresca, ambas associadas a diferentes formas de processamento do grão de arroz (*Oryza sativa* L.). A dieta ensilada também promoveu maior digestibilidade aparente da MS, resultando no aumento da produção de leite (MIYAJI *et al.*, 2018).

Resultados similares foram obtidos por Liu *et al.* (2016), que observaram melhor desempenho em bovinos alimentados com TMR ensilada em comparação à alimentação convencional baseada na oferta separada de volumoso e concentrado. Nesse estudo, a TMR ensilada promoveu aumento do ganho médio diário (GMD), além de redução no consumo de concentrado, silagem e energia líquida por quilograma de ganho de peso, indicando maior eficiência alimentar do sistema.

A ensilagem da TMR também influencia aspectos nutricionais importantes, como os teores de energia e proteína digestíveis e o metabolismo do nitrogênio. Em ovinos alimentados com TMR ensilada inoculada com *Lactobacillus plantarum*, foram observados teores superiores de energia digestível (14,6 vs. 13,8 MJ.kg<sup>-1</sup> MS) e proteína bruta digestível (105 vs. 94 g.kg<sup>-1</sup> MS) quando comparados à TMR fresca (mistura feita no momento do fornecimento). Além disso, a TMR ensilada reduziu a excreção fecal de nitrogênio (7,08 vs. 8,21 g dia<sup>-1</sup>) e aumentou

sua excreção urinária (11,81 vs. 9,76 g.dia<sup>-1</sup>), sem diferença na retenção total de nitrogênio (N) entre os tratamentos (5,2 g.dia<sup>-1</sup>) (CAO *et al.*, 2011).

Ainda que os efeitos da ensilagem sobre a digestibilidade possam variar conforme os ingrediente utilizados, a composição da dieta e as condições de ensilagem, resultados promissores foram obtidos em estudo com novilhos mestiços Zebu × Holandês alimentados com dietas contendo capim Napier sob diferentes formas de processamento. A digestibilidade da MS foi inferior na silagem de TMR (605 g.kg<sup>-1</sup> MS) em relação às dietas preparadas com capim fresco (711 g.kg<sup>-1</sup> MS) ou capim ensilado misturado ao concentrado no momento do fornecimento (655 g.kg<sup>-1</sup> MS). Apesar dessa diferença, não foram observadas variações significativas no consumo de MS, GMD ou eficiência alimentar entre os tratamentos (MEENONGYAI *et al.*, 2017).

De maneira geral, a ensilagem da dieta total misturada tem se mostrado uma estratégia eficiente para padronizar a alimentação, otimizar o aproveitamento dos nutrientes, melhorar o desempenho animal e contribuir para maior eficiência nos sistemas de produção de ruminantes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da dieta total ensilada configura-se como uma prática promissora e eficiente na nutrição de ruminantes, principalmente em sistemas de produção intensivos que buscam uniformidade, qualidade e praticidade no fornecimento de alimentos. Quando corretamente formulada e conservada, a ensilagem de TMR permite otimizar o uso de ingredientes disponíveis, incluindo coprodutos agroindustriais, e favorece uma fermentação mais estável, com menor risco de perdas nutricionais. Aspectos como teor de matéria seca, composição dos ingredientes, inoculação de bactérias lácticas e vedação adequada do silo são determinantes para o sucesso da ensilagem.

Embora a tecnologia já seja amplamente adotada em países como Japão e China, sua disseminação no Brasil ainda é limitada por questões logísticas e estruturais. No entanto, os benefícios comprovados sobre o desempenho zootécnico, a estabilidade ruminal e o aproveitamento de nutrientes apontam a ensilagem da TMR como uma ferramenta estratégica para o avanço da pecuária nacional. Diante disso, a adoção desse sistema tende a crescer à medida que

mais produtores tiverem acesso à capacitação técnica, equipamentos apropriados e políticas de incentivo à inovação na alimentação animal.

## REFERÊNCIAS

- ÁVILA, C. L. S.; CARVALHO, B. F. Silage fermentation—updates focusing on the performance of micro-organisms. **Journal of Applied Microbiology**, v. 128, n. 4, p. 966-984, 2020.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. Aerobic deterioration influences the fermentative, microbiological and nutritional quality of maize and sorghum silages on farm in high quality milk and cheese production chains. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 1-10, 2010.
- BUENO, A. V. I.; LAZZARI, G.; JOBIM, C. C.; DANIEL, J. L. P. Ensiling total mixed ration for ruminants: A review. **Agronomy**, v. 10, p. 879, 2020.
- CAO Y.; CAI Y.; TAKAHASHI T.; YOSHIDA N.; TOHNO M.; UEGAKI R.; NONAKA K.; TERADA F. Effect of lactic acid bacteria inoculant and beet pulp addition on fermentation characteristics and in vitro ruminal digestion of vegetable residue silage. **Journal of Dairy Science**, 94, 3902-3912, 2011. DOI:<https://doi.org/10.3168/jds.2010-3623>
- COPPOCK, C. E. Feeding methods and grouping systems. **Journal of Dairy Science**, v. 60, n. 8, p. 1327-1336, 1977.
- DA SILVA, Thiago Carvalho *et al.* Importance of the fermentation to produce high-quality silage. *In: Fermentation processes*. IntechOpen, 2017.
- GONÇALVES, J. A. G. *et al.* Composição químico-bromatológica e perfil de fermentação da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 502-511, 2014.
- HA, Y.S.; HONG, D.H.; PARK, K. K. Modelling of a small group scale TMR plant for Beef cattle and Dairy farm in Korea (II) - Performance test and cost analysis of the model plant. **J. Biosyst. Eng.** 35 (2), 91-99, 2010. DOI:<https://doi.org/10.5307/JBE.2010.35.2.091>
- HAO, W. *et al.* Aerobic stability and effects of yeasts during deterioration of non-fermented and fermented total mixed ration with different moisture levels. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 6, p. 816, 2015.
- HOSODA, K.; OHMORIB, H.; NAKAMURA, Y.; KAMIYA, M. Effect of inclusion rate of corn silage in ensiled total mixed ration on dry matter intake, nutrient digestibility, and ruminal fermentation in Japanese Wagyu steer. **Livestock Science**, 229, 126-130, 2019. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.028>
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, supl., p. 101-119, 2007.
- KAISER, E.; WEISS, K.; POLIP, I. V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. *In: The international silage conference*. 2002. p. 344-358.
- KIM, Da Hye; LEE, Kyung Dong; CHOI, Ki Choon. **Role of LAB in silage fermentation: Effect on nutritional quality and organic acid production—An overview**. 2021.

LI, L. *et al.* Effects of Lactic Acid Bacteria Inoculants and Stage-Increased Storage Temperature on Silage Fermentation of Oat on the Qinghai-Tibet Plateau. **Fermentation**, v. 8, n. 11, p. 631, 2022.

LIU, Y. F. *et al.* Effects of three feeding systems on production performance, rumen fermentation and rumen digesta particle structure of beef cattle. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 29, n. 5, p. 659, 2016.

LITHERLAND, N. B., SILVA, D. N. L. da, HANSEN, W P., DAVIS, L., EMANUELE, S., BLALOCK, H. Effects of prepartum controlled-energy wheat straw and grass hay diets supplemented with starch or sugar on periparturient dairy cow performance and lipid metabolism. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 5, p. 3050-3063, 2013.

MEENONGYAI, W. *et al.* Effects of forage ensiling and ration fermentation on total mixed ration pH, ruminal fermentation and performance of growing Holstein-Zebu cross steers. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 9, p. 1372-1379, 2017.

MIYAJI, M.; MATSUYAMA, H.; HOSODA, K.; NONAKA, K. Milk production, nutrient digestibility and nitrogen balance in lactating cows fed total mixed ration silages containing steam-flaked brown rice as substitute for steam-flaked corn, and wet food by-products. **Animal Science Journal**. v. 84, p.483-488, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/asj.12026>

NISHINO, N. *et al.* Effects of wilting and molasses addition on fermentation and bacterial community in guinea grass silage. **Letters in Applied Microbiology**, v. 54, p. 175-181, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2011.03191.x>

NISHINO, N.; HARADA, H.; SAKAGUCHI, E. Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, p. 557-563, 2003.

OGUNADE, I. M. *et al.* Bacterial diversity and composition of alfalfa silage as analyzed by Illumina MiSeq sequencing: effects of *Escherichia coli* O157: H7 and silage additives. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 2048-2059, 2018.

OHSHIMA, MITSUAKI; KIMURA, EIJI; YOKOTA, HIRO-OMI. A method of making good quality silage from direct cut alfalfa by spraying previously fermented juice. **Animal Feed Science and Technology**, v. 66, n. 1-4, p. 129-137, 1997.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H., DRIEHUIS, F., GOTTSCHAL, J.C. *et al.* Silage fermentation processes and their manipulation. In: **Proceedings of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage**, 1999, Rome. Silage making in the tropics with emphasis on smallholders. Rome: FAO, 2000. pp. 17-30.

OSKOUKIAN, EHSAN *et al.* Manipulation of rice straw silage fermentation with different types of lactic acid bacteria inoculant affects rumen microbial fermentation characteristics and methane production. **Veterinary Sciences**, v. 8, n. 6, p. 100, 2021.

PITT, R.E., MUCK, R.E., PICKERING, N.B. A model of aerobic fungal growth in silage. **Grass and Forage Science**, v. 46, 1991. pp. 301-312.

REN, F. *et al.* Dynamic changes in fermentation profiles and bacterial community composition during sugarcane top silage fermentation: a preliminary study. **Bioresource technology**, v. 285, p. 121315, 2019.

SAKAI, T.; DEVKOTA, N. R.; OISHI, K.; HIROOKA, H.; KUMAGAI, H. Evaluation of total mixed ration silage with brewers grains for dairy buffalo in Tarai, Nepal. **Animal Science Journal**, 86, 884-890, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/asj.12374>

SCHADER, C., MULLER, A., SCIALABBA, N.E.-H., HECHT, J., ISENSEE, A., ERB, K.-H., SMITH, P., MAKKAR, H.P., KLOCKE, P., LEIBER, F. Impacts of feeding less food- competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. **J. R. Soc. Interface**, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>

SCHEIDT, G. H. Dinâmica química, microbiológica e física da silagem de farelo de arroz integral com e sem aditivos microbianos. 2019. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.

SCHINGOETHE, D.J. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.10143–10150, 2017.

SILVEIRA, A. C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS, 1., 1975, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1975. p. 123–145.

VENTURINI, T. Composição bromatológica e perfil de fermentação da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca. 2019. 59 f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019.

WANG, C.; NISHINO, N., Effects of storage temperature and ensiling period on fermentation products, aerobic stability and microbial communities of total mixed ration silage, **Journal of Applied Microbiology**, v. 114, n. 6, p. 1687–1695, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12200>

WANG, F., NISHINO, N., Resistance to aerobic deterioration of total mixed ration silage: effect of ration formulation, air infiltration and storage period on fermentation characteristics and aerobic stability. **Journal of Science Food Agriculture**. v.88, p.133–140, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3057>

WEINBERG, Z. G. *et al.* Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film – A commercial scale experiment. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 164, n. 1, p. 125–129, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.016>

WEISSBACH, F.; SCHMIDT, L.; HEIN, E. **Method of anticipation the run of fermentation in silage making, based on the chemical composition of green fodder**. 1974.

WOOLFORD, Michael K.; PAHLOW, Günter. The silage fermentation. **Microbiology of fermented foods**, p. 73–102, 1998.

YUAN, X.; GUO, G.; WEN, A.; *et al.* The effect of different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 41–50, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.001>

## **DIFERENTES TIPOS DE CEREAIS EM DIETAS DE ALTO GRÃO PARA BOVINOS DE CORTE - REVISÃO DE LITERATURA**

Joao Manoel Pires da Fonseca

Rodrigo Flores Escobar

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM)

Universidade Federal de Pelotas (FPeU)

Karoline Barcellos da Rosa

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM)

Universidade Federal de Pelotas (FPeU)

Jaquesson Minuzzo Alves

Renan Morossino Soares

Egon Henrique Horst

# RESUMO

Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura acerca sobre o metabolismo de carboidratos, destacando as diferenças físicas entre os grãos de cereais, sua digestibilidade do amido e a aplicação desses conhecimentos em dietas de alto teor de grãos para bovinos confinados. Foram abordados os principais cereais de relevância nutricional e amplamente utilizados em sistemas de produção intensiva, como milho, sorgo, trigo e aveia. As dietas de alto grão, compostas predominantemente por grãos e isentas de volumoso, passaram a ser adotadas no Brasil a partir de 2005. No que diz respeito aos estudos experimentais com bovinos alimentados com esse tipo de dieta, observa-se uma predominância de pesquisas envolvendo o uso do milho como principal fonte de grãos.

**Palavras-chave:** aveia; confinamento; milho; sorgo; trigo.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a cadeia produtiva da carne bovina passou por significativas modernizações, impulsionadas por avanços tecnológicos nos sistemas de produção e em sua organização estrutural. Essas mudanças contribuíram para o aumento expressivo de produtividade, refletindo na eficiência de todo o setor (MALAFAIA, 2020).

Dentre essas inovações, destaca-se o uso estratégico dos sistemas de confinamento, os quais proporcionam benefícios como a redução da idade de abate, encurtamento do ciclo produtivo e regularidade do fornecimento de carne ao mercado consumidor. Contudo, sistemas que utilizam volumosos demandam maior uso de maquinário e mão de obra, elevando os custos operacionais e onerando o processo.

Em resposta a essas limitações, dietas à base de concentrados têm ganhado espaço nas formulações alimentares em confinamento. Diversos tipos de grãos podem ser empregados nessas dietas, entre os quais se destacam o milho (*Zea mays*) e a aveia branca (*Avena sativa*) (ARGENTA *et al.*, 2019). Essas dietas apresentam baixo teor de fibra e alta densidade energética, o que pode afetar o consumo voluntário dos animais, não por limitação física, mas pelo elevado aporte energético (MAIA, 2014).

Os carboidratos constituem a principal fonte energética para ruminantes, são aproveitados de forma direta, por meio da absorção intestinal, ou indireta, via fermentação microbiana no rúmen, a qual resulta na produção de ácidos graxos voláteis (AGV) (CABRAL *et al.*, 2002). Nos cereais, o amido representa o principal carboidrato de reserva, caracterizando-se por sua alta taxa de fermentação no rúmen e produção de ácido propiônico (AP) e ácido lático (AL). Este último, em especial, está frequentemente associado à queda do pH ruminal, o que prejudica a ação das bactérias fibrolíticas e, conseqüentemente, reduz a digestibilidade da fibra (MEDEIROS e MARINHO, 2015).

No Brasil, o milho é o cereal mais utilizado em sistemas de confinamento, apresentando em média 72% de amido em sua composição. A digestibilidade do amido do milho pode ser influenciada por fatores como tipo e processamento do grão, tamanho de partícula e grau de vitreosidade (RODRIGUES, 2018). Comparado a outros cereais como aveia, trigo e sorgo, o milho destaca-se por

apresentar menor variação na digestibilidade do amido, sendo o mais indicado para formulações de dietas concentradas.

## DESENVOLVIMENTO

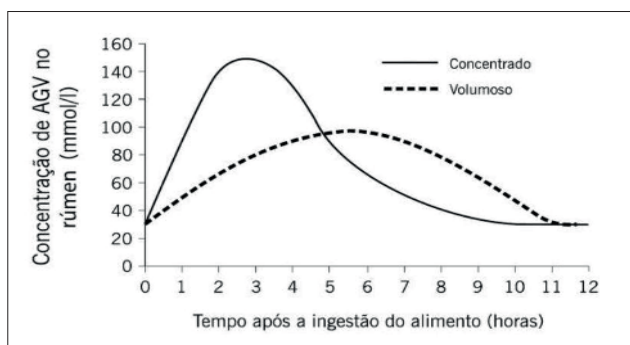
### Metabolismo de Carboidratos e Bioquímica Ruminal

Cerca de 50 a 80% da matéria seca (MS) dos volumosos e grãos utilizados em dietas de ruminantes são compostos por carboidratos, e estes podem ser divididos em estruturais (celulose e hemicelulose) e não-estruturais (amido e açúcares) (KOZLOSKI, 2017).

Os carboidratos são fermentados em sua maior parte dentro do rúmen, originando os ácidos graxos voláteis (AGV), principalmente acetato, propionato e butirato, além de amônia, gases e células microbianas. Os AGV podem ser considerados um produto da fermentação pelos microorganismos do rúmen, mas para o ruminante, representam a principal fonte de energia, contribuindo com 50 a 70% da energia digestível (KOZLOSKI, 2017).

As taxas de produção dos AGV variam conforme o tipo de alimento da dieta e com o tempo após a ingestão. Quando a dieta é a base de concentrado, a curva é mais aguda e o pico de produção ocorre em torno de 2 a 3 horas após a ingestão. Por outro lado, em dietas com presença de volumoso, a curva é menos aguda e o pico ocorre em torno de 4 a 5 horas após a ingestão (FIGURA 1). A taxa de degradação a nível ruminal também apresenta variações conforme a fonte e/ou tipo de amido (KOZLOSKI, 2017).

**Figura 1.** Curvas características de produção ruminal de ácidos graxos voláteis (AGV) em animais recebendo dietas à base de concentrado e volumoso.



Fonte: Kozloski (2017).

## AMIDO

O amido é um polissacarídeo presente nas plantas com função de reserva energética, constituído por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina. A amilose é um polímero não ramificado de glicose enquanto a amilopectina tem ligações altamente ramificadas. Esses polissacarídeos são hidrolisados pelas amilases bacterianas alfa e beta, em que as alfa amilases liberam maltose como produto final e as beta amilases liberam glicose (KOZLOSKI, 2009).

As plantas armazenam o amido nas raízes, caules, tubérculos e grãos (milho, trigo, aveia, cevada, sorgo) (LEHNINGER e NELSON, 2006). O teor de amilose nos grânulos de amido está entre 20 a 30%, variando de acordo com a fonte vegetal de origem. O amido do milho contém entre 25 a 28% de amilose e 72% de amilopectina, já no milho ceroso, conhecido como milho "waxy" a porcentagem de amilopectina pode chegar em até 98% (WEBER *et al.*, 2009). Segundo CARBONARE (2016), os teores de amilose e amilopectina presente nos grãos podem influenciar as taxas de degradação e digestibilidade do amido. Porém, este assunto ainda gera algumas divergências, pois há uma variação muito pequena dentro de um mesmo tipo de cereal, diferenças de maior impacto podem ocorrer quando comparados grãos de diferentes espécies.

Através da fermentação ruminal, os carboidratos não estruturais como o amido, são convertidos em AGV's, gás carbônico, metano, amônia e células bacterianas, que são absorvidos através da parede do rúmen, representando a maior fonte energética para os ruminantes (BERCHIELLI *et al.*, 2006).

Segundo CARBONARE (2016), diversos são os fatores que podem afetar a taxa de digestão do amido pelo ruminante, o que irá interferir na quantidade de amido que será fermentado no rúmen ou que chegará ao intestino delgado.

De maneira geral a digestão do amido parece estar mais relacionada com a matriz proteica que protege o grânulo do amido do que pela composição do amido em si (BERCHIELLI *et al.*, 2006).

No endosperma do grão, as proteínas são classificadas em zeínas (proteínas de reserva ou prolaminas), que representam cerca de 60% da proteína total, e não-zeínas (albumina, glutelina e globulina) (GIBBON e LARKINS, 2005). Segundo DAVIDE (2009), a quantidade e o tipo de proteínas afetam a dureza dos grãos.

Segundo CARBONARE (2016), existe uma grande interação dos grânulos de amido com as proteínas que o revestem, deixando o amido menos disponível para a digestão a nível ruminal, a menos que a matriz proteica também seja digerida, ou que alguma forma de processamento de grãos exponham os grânulos a digestão. Caso isso não ocorra, até 25% do amido pode escapar da fermentação ruminal.

Fisicamente, um dos fatores que impedem a ocupação da microbiota ruminal para digerir o amido é a presença do pericarpo, que pode ser rompido através do processamento ou da mastigação. Os microrganismos ruminais são capazes de digerir o amido, mas são menos eficientes na digestão da matriz proteica, portanto as bactérias celulolíticas e proteolíticas devem destruir essas barreiras facilitando o processo de digestão pelas bactérias amilolíticas (HOFFMAN *et al.*, 2011).

## **CULTURA DO MILHO**

O milho configura-se como uma das principais culturas agrícolas destinadas ao consumo, com aproximadamente 50% de sua produção direcionada ao consumo humano ou processamento industrial. Apresenta em sua composição elevado valor nutricional, destacando-se pelas propriedades energéticas, proteicas, fibrosas e oleaginosas, muito atrativas para utilização na nutrição animal (ABIMILHO, 2021).

No Brasil o milho é um dos principais cereais produzidos, em regiões tropicais podem ocorrer a colheita de duas safras, contribuindo para o aumento da produção durante o ano. Na alimentação animal o cereal contribui de maneira significativa, sendo de 60 a 80% do volume total produzido destinado para a nutrição de bovinos, aves e suínos.

Outro mercado de destaque é a produção de etanol, que vem apresentando crescimento expressivo, principalmente na região Centro-Oeste, atingindo 4,1 bilhões de litros em 2022, cerca de 15% da produção nacional (MAPA, 2024).

### **Composição do grão e amido do milho**

Os grãos de milho são os mais utilizados em dietas de terminação de bovinos em sistema de confinamento no Brasil. Apresenta em média 72% de

amido e sua digestão pode ser influenciada pelo tipo de grão, teor de amilose e amilopectina, conhecidas como a camada externa do grânulo. Esta camada apresenta uma matriz proteica que reveste o grão, tamanho de partícula, nível de forragem presente na dieta, área da superfície exposta, vitreosidade dos grãos e tempo de permanência do grão dentro do rúmen (RODRIGUES, 2018).

A vitreosidade do grão de milho se refere à composição do endosperma, onde temos o endosperma vítreo (duro) e o endosperma farináceo. Quanto maior a proporção de endosperma vítreo em comparação ao endosperma total do grão de milho, menor será a degradabilidade do amido no rúmen. No Brasil predomina a utilização do milho duro (ou flint), o qual contém alta proporção de endosperma vítreo (PERES, 2011).

Os híbridos utilizados no Brasil apresentam menor degradabilidade quando comparado aos híbridos utilizados nos EUA, os quais são híbridos dentados, com maior percentual de endosperma farináceo. Entretanto, o cultivo deste milho dentado no Brasil é dificultado devido a sua suscetibilidade ao ataque de doenças e pragas, e às condições de armazenamento dos grãos (TEIXEIRA, 2015).

**Figura 2** – Milho tipo duro (flint) e milho tipo dentado (farináceo).



Fonte: Adaptado de Paes (2006).

## CULTURA DO SORGO

A cultura do sorgo vem ganhando espaço na produção agrícola mundial em função de sua versatilidade, como baixo custo de produção, valor nutricional semelhante ao milho, benefícios ambientais e potencial de segurança alimentar.

Tendo como principais objetivos o pastejo, produção de silagem, rações para animais e até mesmo para consumo humano (BLINK, 2022).

O sorgo é uma espécie de origem tropical exigente em clima quente para poder expressar seu potencial, a planta não suporta baixas temperaturas e, por isso, no Brasil, é cultivada em regiões de temperaturas médias superiores a 20 °C. Algumas cultivares apresentam adaptação nos trópicos ou em amplitudes que variam de 30 ° de latitude norte até 30 ° de latitude sul, condições favoráveis para seu desenvolvimento em algumas regiões do Brasil (EMBRAPA, 2022).

Outras características agronômicas como resistência a doenças, patótipos locais, insetos-pragas, tolerância à seca e acidez do solo, bem como atributos relacionados ao potencial produtivo, são fatores determinantes na recomendação de cultivares de sorgo para os distintos sistemas de produção no Brasil (EMBRAPA, 2022).

No Brasil os sorgos graníferos (produção de grãos) são utilizados para alimentação animal, humana e produção de etanol e os sorgos forrageiros (silagem e pastejo direto) são os mais plantados e a maior parte é destinado a alimentação animal, principalmente para bovinos, aves e suínos (BLINK, 2022).

O sorgo se adapta às diferentes regiões do Brasil, desde o Sul do país até o semiárido do Nordeste e também na região central, com plantios de verão e inverno, sendo a maior parte em sucessão com soja na safrinha (BLINK, 2022).

## **Composição do grão e amido do sorgo**

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pertencente à família Poaceae, é o quinto cereal mais plantado no mundo, vindo logo após do trigo, arroz, milho e cevada, e o quarto no Brasil. O seu cultivo tem grande importância principalmente nos continentes asiático e africano, onde é utilizado diretamente na alimentação humana. Já nos Estados Unidos, Austrália e Brasil, o mesmo é cultivado essencialmente para a alimentação animal (CONAB, 2017; EMBRAPA, 2015).

O conhecimento sobre a composição do grão de sorgo é fundamental para avaliar e viabilizar a substituição do milho nas rações e em dietas de alto grão para bovinos em confinamento, como alternativa de redução nos custos de produção e sem perda de desempenho. ANTUNES *et al.*, (2007), avaliaram a composição química e os parâmetros físicos de grãos de sorgo, de 3 híbridos brasileiros. No trabalho foram avaliados os teores de matéria seca (MS), de proteína

bruta (PB), de extrato etéreo (EE), de fibra bruta (FB), de cinzas e de amido. Além dessas variáveis, avaliaram também a densidade e o peso (1.000 grãos) e a vitreosidade do endosperma através de determinação visual do endosperma vítreo e farináceo na seção transversal paralela ao gérmen do grão. Os escores para avaliar o endosperma foram determinados de acordo com a tabela 1.

**Tabela 1** – Avaliação dos endospermas vítreo e farináceo do grão de sorgo.

| Escore | Tipo do endosperma                                 |
|--------|----------------------------------------------------|
| 1      | Textura dura (endosperma vítreo)                   |
| 2      | Textura médio-dura                                 |
| 3      | Textura média (½ vítreo e ½ farináceo)             |
| 4      | Textura médio macia                                |
| 5      | Textura macia (endosperma completamente farináceo) |

**Fonte:** Antunes *et al.* (2007).

Conforme os resultados encontrados por ANTUNES *et al.* (2007), o teor médio de MS dos grãos de sorgo foram 88,77%, os teores de proteína bruta apresentaram variação de 9,85% até 18,28%, com média de 13,19% entre os 33 híbridos avaliados, já os teores de amido entre 62,07% e 78,74%. O amido representou a maior fração do grão de sorgo, seguido pela proteína bruta, onde ambos representaram 86% em média da matéria seca (MS) total dos grãos.

Quanto à vitreosidade dos grãos, observou-se uma variação de 1,1 até 4,2, sendo que 7% dos grãos foram classificados com textura muito dura, 12% com textura dura, 54% com textura intermediária e 27% com textura macia.

## CULTURA DO TRIGO

O trigo está entre os cereais mais produzidos no mundo, com grande participação na economia mundial. Pertencente da família das gramíneas e ao gênero *triticum*, chegou ao Brasil em 1534, apresentando relevância produtiva a partir do século XVII, quando começou a ser cultivado nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo (CONAB, 2017).

### Composição do grão e amido do trigo

Segundo GWIRTZ *et al.*, (2014), o grão de trigo é uma cariopse de forma ovalada e arredondado em suas extremidades, é constituído pelo pericarpo,

endosperma e gérmen, contém uma fina camada de aleurona que envolve o endosperma e o gérmen, representa até 7% da matéria seca (MS) do grão, como podemos observar na figura 4.

**Figura 4** – Estrutura do grão de trigo.



**Fonte:** FRANCESCHINA, 2013.

O grão de trigo e seus derivados são ricos em carboidratos fermentáveis, fibras alimentares e amido, durante o processo de moagem do grão são obtidos endosperma, farelo e gérmen que servem de matéria prima para as indústrias.

O farelo de trigo é formado pelo pericarpo (camada externa e protetora do grão), rica em fibras e minerais e pela aleurona (camada externa do endosperma), rica em vitaminas do complexo B e responsável pela metade do conteúdo mineral do grão de trigo conforme demonstrado na Tabela 2 (CONAB, 2017).

**Tabela 2** – Composição química do grão de trigo integral, do endosperma e do gérmen, com base na matéria seca (MS).

| Parâmetro    | Grão integral | Farelo | Endosperma | Gérmen |
|--------------|---------------|--------|------------|--------|
| Peso         | 100           | 17     | 80         | 3      |
| Carboidratos | 82            | 61     | 88         | 56     |
| Proteínas    | 12            | 11     | 10         | 26     |
| Lipídios     | 2             | 5      | 1          | 10     |
| Fibra total  | 2             | 14     | >0,5       | 3      |
| Cinzas       | 1,5           | 9      | 0,5        | 5      |

**Fonte:** Gwirtz *et al.* (2014).

O endosperma, responsável pela produção da farinha de trigo branca, corresponde a aproximadamente 80% do peso total do grão e é constituído majoritariamente por carboidratos (88%), destacando-se o amido, presente nas formas de amilose e amilopectina. O gérmen, por sua vez, representa cerca de 3% do peso do grão e corresponde ao embrião da futura planta. Este componente é uma importante fonte de vitaminas do complexo B e E, além de apresentar quantidades significativas de proteínas, lipídios e minerais (CONAB, 2017). A comparação entre as frações revela que os nutrientes mais concentrados se encontram no farelo e no gérmen, enquanto o endosperma, apesar de sua abundância, possui menor teor de fibras (inferior a 0,5%) e minerais (0,5%).

## **CULTURA DA AVEIA BRANCA**

A aveia branca (*Avena sativa L.*) é uma espécie anual de inverno originária da região do Mediterrâneo, destacando-se por sua relevância econômica no setor agrícola. É amplamente cultivada para a produção de grãos destinados à alimentação humana e animal, além de ser utilizada como cobertura de solo e forragem. No contexto brasileiro, seu cultivo concentra-se predominantemente na região Sul, com o estado do Paraná figurando como principal produtor nacional (SOUZA *et al.*, 2018). Dentre as culturas de inverno, a aveia branca ocupa posição de destaque em termos econômicos, sendo superada apenas pelo trigo e pelo azevém (BALDE, 2017).

### **Composição do grão e amido da aveia branca**

Do ponto de vista morfológico, o grão de aveia pode ser dividido em três estruturas principais: pericarpo, gérmen e endosperma (MAROLLI *et al.*, 2018). O pericarpo compreende várias camadas celulares, incluindo epiderme, hipoderme, células finas, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares. A semente, por sua vez, é constituída pelo endosperma e pelo gérmen, ambos recobertos pelas camadas de testa, hialina e aleurona (BATTISTON *et al.*, 2020). O amido representa o principal componente do grão, correspondendo a aproximadamente 60% de sua composição (MALANCHEN *et al.*, 2019).

A degradabilidade do amido varia de acordo com sua origem e tipo, sendo os amidos presentes em grãos de cereais de inverno, como a aveia, geralmente

mais degradáveis do que aqueles encontrados no milho (*Zea mays*). Ao comparar a composição bromatológica dos grãos de milho e de aveia branca (*Avena sativa*), observa-se certa semelhança em alguns parâmetros nutricionais (Tabela 2). No entanto, o milho apresenta teores mais elevados de nutrientes digestíveis totais, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos.

Em contrapartida, o grão de aveia branca apresenta maior teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), lignina e maior proporção de carboidratos de menor digestibilidade (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

**Tabela 1** – Composição bromatológica do grão de milho e grão de aveia branca.

| Teores (% da MS)                        | Grão de Milho | Grão de Aveia Branca |
|-----------------------------------------|---------------|----------------------|
| Matéria Seca                            | 89,56         | 90,62                |
| Matéria Orgânica                        | 98,6          | 95,66                |
| Cinzas                                  | 1,4           | 4,34                 |
| Proteína Bruta                          | 9,34          | 12,25                |
| Extrato Etéreo                          | 3,83          | 4,48                 |
| Fibra Detergente Neutro                 | 13,84         | 31,77                |
| Lignina                                 | 1,04          | 3,91                 |
| Sílica                                  | 0,19          | 0,47                 |
| Nutrientes Digestíveis Totais           | 86,88         | 75,28                |
| Celulose                                | 2,42          | -                    |
| Amido                                   | 73,11         | 57                   |
| Carboidratos Totais                     | 85,43         | 78,93                |
| Carboidratos Não Fibrosos (Fração A+B1) | 72,6          | 48,52                |
| Fração B2                               | 24,9          | 42,08                |
| Fração C                                | 2,5           | 9,4                  |

**Fonte:** Valadares Filho *et al.* (2006).

As frações dos carboidratos, segundo SNIFFEN (1992), são: A (açúcares solúveis); B1 (amido e pectina); B2 (celulose e hemicelulose) e C (fração indigerível ao longo do trato gastrointestinal). Os autores classificam as frações proteicas em: A (nitrogênio não proteico); as frações B representam a proteína de alta digestibilidade em nível de rúmen, sendo divididas em B1 (rapidamente solúvel no rúmen), B2 (taxa de degradação intermediária) e B3 (proteína associada à parede celular, portanto, de lenta degradação); e fração C (proteínas insolúveis em detergente ácido, portanto, indigeríveis no rúmen e intestinos). O sistema nutricional CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*) traz como

taxas de degradação para os grãos inteiros de milho e aveia branca os seguintes valores: carboidratos no milho, A: 200%/h; B1: 10%/h; B2: 4%/h e de proteínas para o milho: B1: 135%/h; B2: 6%/h e B3: 0,1%/h. Já as taxas de degradação dos carboidratos presentes na aveia são A: 300%/h; B1: 35%/h e B2: 5%/h, e das proteínas são B1: 325%/h; B2: 12%/h e B3: 0,35%/h.

Quanto à composição química, a aveia apresenta-se como uma fonte nutricional diferenciada entre os cereais, destacando-se por seu elevado teor de proteínas (14%), fibras (9%) e lipídios (8%) (SOUZA *et al.*, 2018).

## **TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE EM SISTEMA DE CONFINAMENTO**

A bovinocultura de corte divide-se em três fases: cria, recria e terminação. Na fase de terminação ou engorda, deve-se fornecer condições nutricionais adequadas ao animal visando atingir peso e composição de carcaça exigidos pelo mercado. O animal nessa etapa apresenta maior deposição de tecido adiposo (gordura) em relação à formação de músculo, se comparada às fases de cria e recria, reduzindo assim sua eficiência alimentar (SENAR, 2018).

O confinamento é uma prática de manejo comumente utilizada na terminação de animais, entretanto, ao longo dos anos pode-se também ser uma estratégia para recria de animais, buscando a intensificação de ganhos e encurtamento do período (MEDEIROS e MARINHO, 2015).

A prática de manejo em questão envolve a segregação dos animais em lotes, com a área delimitada em metros quadrados por indivíduo, e o fornecimento da alimentação predeterminada em cochos e o acesso à água em bebedouros, disponibilizada *ad libitum* (MEDEIROS e MARINHO, 2015).

A homogeneidade de lotes, se deve pelo fato de a dieta ser totalmente calculada em cima do percentual de ingestão de matéria seca (MS) com base no peso corporal inicial, idade fisiológica, sexo, padrão racial e grau de acabamento, no qual é estimado um ganho médio diário a ser alcançado alterando a percentagem de ingestão de matéria de seca, para cada objetivo fixado. O tempo de confinamento pode ser variado ou fixo, isto irá depender do objetivo, no qual o mesmo pode ser de 80 a 120 dias de duração (OLIVEIRA e MILLEN, 2014).

Segundo SOUZA *et al.*, (2018), as dietas de bovinos em confinamento são compostas por alimentos volumosos e concentrados. Os volumosos apresentam teor de fibra bruta acima de 18% na matéria seca total (MST), como silagens,

pré-secado, feno ou capim verde. Já os concentrados apresentam teor de fibra menor que 18%, e são divididos em dois grupos, proteicos e energéticos (SOUZA *et al.*, 2018).

Os proteicos contêm um nível de proteína bruta acima de 20%, como por exemplo o farelo de soja e a torta de algodão, enquanto os energéticos apresentam níveis menores que 20% de proteína bruta, sendo os principais produtos utilizados o milho, sorgo, aveia e trigo (SOUZA *et al.*, 2018).

O regime de confinamento para a bovinocultura tornou uma ferramenta estratégica, desde que seja realizado um prévio planejamento a sua implantação. Visando a viabilidade e rentabilidade do sistema, torna-se fundamental analisar os custos de produção, principalmente os relacionados como a aquisição de animais e insumos externos necessários para nutrição e sanidade (SILVA *et al.*, 2018).

## **DIETAS DE ALTO GRÃO**

Para alguns autores a proporção ideal em uma dieta de alto grão é de 85% de milho inteiro e 15% do pellet concentrado (PAULINO *et al.* 2013). Dietas ricas em concentrado aumentam o teor de propionato durante a ruminação, esse fator é importante para formação da carcaça. Com o aumento de propionato ocorre a elevação de insulina, que aumenta a síntese de gordura e proteína, além de inibir a degradação de gordura e a proteína em nível tecidual (MANDARINO, 2013).

A dieta composta predominantemente por grãos, sem a inclusão de volumoso, permite ao sistema de confinamento alcançar elevados ganhos de peso individual, favorecendo a produção de animais com maior precocidade e homogeneização dos lotes (MANDARINO, 2013).

A principal vantagem de implementação desse sistema reside na eliminação do fornecimento de alimentos volumosos, o que reduz tanto a complexidade do manejo por parte dos funcionários quanto os custos relacionados à produção e armazenamento na propriedade (DIAS *et al.*, 2016).

## **Adaptação a dietas de alto grão e ingestão de matéria seca**

O confinamento com dieta à base de grãos pode trazer vantagens significativas ao produtor, como melhor acabamento, conformação e composição de

carcaça, resultando em maiores rendimentos de cortes comerciais, refletindo positivamente na rentabilidade do sistema (DIAS *et al.*, 2016).

Para a utilização dessas dietas é essencial realizar a adaptação dos animais, que geralmente estão submetidos a dietas compostas integralmente por alimentos volumosos, como as pastagens (PAULINO *et al.* 2013).

Nesse contexto, torna-se necessário adotar um protocolo com período de adaptação, considerando a disponibilidade de volumosos e as características específicas dos animais (MANDARINO, 2013).

Apesar dos benefícios que essa dieta apresenta, podem ocorrer desvantagens para o animal, como problemas de acidose, timpanismo, ruminite e paraqueratose (SILVA, 2009). De acordo com FERNANDES *et al.*, (2011), essas desordens metabólicas ocorrem com maior frequência em bovinos oriundos de sistemas de produção a pasto, caracterizados pelo elevado teor de fibra.

Quando os animais entram no sistema de confinamento com elevadas quantidades de concentrado, ocorrem grandes mudanças na população de microrganismos ruminais e na anatomia do trato gastrointestinal. Esse processo ocorre devido a introdução de alimentos com altos teores de carboidratos não fibrosos, que são fermentados rapidamente dentro do rúmen (FERNANDES *et al.*, 2011).

Em relação a ingestão de matéria seca (MS), observa-se uma relação linear entre a quantidade de energia consumida por unidade de peso vivo, e concentração energética da dieta. A medida que essa concentração aumenta, os bovinos ingerem mais energia por unidade de peso corporal, resultando em redução no consumo total de concentrado (BROWN e MILLEN, 2009).

Dessa maneira, espera-se redução na ingestão de matéria seca (MS) à medida que ocorre a adaptação dos animais a dietas com maior proporção de concentrado. Evoluindo de uma formulação com 40% de concentrado e 1,9 Mcal de energia líquida de manutenção por quilograma, para uma dieta com alta quantidade de concentrado, contendo 2,2 Mcal de energia líquida de manutenção por quilograma (BROWN e MILLEN, 2009).

## Resultados de desempenho em dietas de alto grão com milho, sorgo, aveia e trigo

Em experimento realizado por MORO (2015), avaliando dietas de alto grão de milho e sorgo, fornecidos na forma inteiro ou moídos, para a terminação de bovinos machos inteiros de origem leiteira. Com quatro tratamentos, sendo as dietas compostas por 85% de milho inteiro + 15% de núcleo proteico com 38% de proteína; 85% de milho moído + 15% de núcleo proteico com 38% de proteína; 85% de sorgo inteiro + 15% de núcleo proteico com 28% de proteína; 85% de sorgo moído + 15% de núcleo proteico com 28% de proteína. As dietas foram formuladas, estimando um ganho médio diário (GMD) de 1,5kg/cabeça/dia. A dieta composta por milho inteiro teve um GMD de 1,62 kg, seguido de 1,55 kg de milho moído, 1,46 kg de sorgo inteiro e 1,24 kg de sorgo moído. Em contrapartida ao menor GMD, o sorgo apresentou uma melhor conversão alimentar do que o tratamento com milho.

Já em estudos realizados por MANDARINO *et al.* (2013), com bovinos de raça zebuína submetidos a três dietas, sendo duas exclusivas de concentrado e uma com silagem de milho como volumoso. Constataram que o tratamento com dieta exclusiva de concentrado peletizado apresentou o menor GMD (0,95 kg/dia), seguido pela dieta com silagem de milho (1,25 kg/dia) e a dieta convencional (1,55 kg/dia). Porém, as características comerciais como rendimento de carcaça não apresentaram diferenças.

Conforme RESTLE *et al.* (2009), avaliando o efeito da forma de processamento do grão de aveia preta sobre o desempenho de vacas de descarte em confinamento, observaram GMD de 1,097 kg, quando forneceram aos animais o grão de aveia preta na forma moída, e apenas 0,776 kg ao utilizarem o grão na forma inteira.

Paulino *et al.* (2013) conduziram um estudo comparativo da conversão alimentar em dois confinamentos distintos, com dois tratamentos, terminação com dieta tradicional e com dieta à base de grão inteiro. Os resultados revelaram valores médios de conversão alimentar no primeiro confinamento de 6,14 para o grupo alimentado com a dieta de grãos e de 6,77 para o grupo submetido à dieta tradicional. No segundo confinamento, os valores médios observados foram de 6,85 e 7,83 para as dietas de grão inteiro e tradicional, respectivamente.

Resende *et al.* (2020) realizaram um experimento com 35 bovinos machos da raça Holandesa, distribuídos em três grupos de acordo com a faixa de peso corporal: grupo A (80–140 kg), grupo B (140–161 kg) e grupo C (161–240 kg). Todos os animais foram alimentados com uma dieta composta exclusivamente por grão de milho inteiro. Os resultados demonstraram GMD de 1,83 kg/dia para o grupo A, 0,91 kg/dia para o grupo B e 0,97 kg/dia para o grupo C. Os respectivos Ganhos Médios Totais (GMT) foram de 90 kg para os grupos A e B, e de 108 kg para o grupo C.

## CONCLUSÕES

Os cereais milho, sorgo, trigo e aveia desempenham papel relevante na cadeia produtiva agropecuária, especialmente em sistemas intensivos de produção animal, devido ao seu valor nutricional. Conforme evidenciado nesta revisão, esses grãos apresentam potencial para compor dietas de alto concentrado destinadas a bovinos em confinamento, desde que se considerem aspectos como a composição nutricional, a produtividade agrícola e a rentabilidade econômica associada ao uso de cada cereal. A formulação de dietas equilibradas pode ser realizada tanto com o uso isolado desses grãos quanto com a combinação entre eles, acompanhada da inclusão de núcleos concentrados contendo proteína, minerais, vitaminas e aditivos, a fim de atender às exigências nutricionais dos animais.

Diante da predominância de estudos focados no uso do milho, recomenda-se a ampliação das pesquisas voltadas ao uso de outros cereais, como sorgo, aveia e trigo, bem como à investigação de alternativas regionais ou subutilizadas. Tal iniciativa é fundamental para diversificar as fontes energéticas na nutrição de ruminantes, promover a sustentabilidade dos sistemas produtivos e otimizar o custo-benefício das dietas em confinamento.

## REFERÊNCIAS

ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias do Milho. **Estatísticas de Produção e Consumo Do Milho**, 2021. Disponível em: <https://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 03 mai. 2025.

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas de endosperma. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.5, p.1351-1354, 2007.

ARGENTA, F. M. C.; JONATAS, A.; DARI, C.; BRONDANI, I. L.; PACHECO, P. S.; MARTINI, A. P. M. Padrões comportamentais de bovinos confinados com grãos de milho, aveia branca ou arroz com casca. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, 2019.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V. E.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal, SP, p.583, 2006.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: Ed. da FUNEP, 2011.

BLINK. **Cenário e Perspectivas para Cadeia Produtiva de Sorgo**. Relatório bimestral – croplife brasil, nov. 2022. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/publicacoes/cenario-e-perspectivas-para-cadeia-produtiva-de-sorgo/>. Acesso em: 05 mai. 2025.

BROWN, M. S.; MILLEN, D. D. Protocolos para adaptar bovinos confinados a dietas de alto concentrado. In: II Simpósio internacional de nutrição de ruminantes. **Anais**. Botucatu: fca-unesp-fmvz, 2009, p.23-31.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J. T.; PEREIRA, O. G.; VELOSO, R. G.; PEREIRA, E. S. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade In Vitro da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2332-2339, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000900023>

CARBONARE, M. S. D. **Degradabilidade de grãos de milho de diferentes texturas em dois estágios de maturação**. Curitiba, 2016.

OLIVEIRA NETO, A. A.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. p. 218. ISBN 9788562223099.

DAVIDE, L. M. C. **Controle genético de caracteres associados à dureza dos grãos e à degradabilidade ruminal de milhos tropicais**. 2009. 88 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

DIAS, A. M.; de OLIVEIRA, L. B.; ÍTAVO, L. C. V.; MATEUS, R. G.; GOMES, E. N. O.; COCA, F. O. D. C. G.; MATEUS, R. G. Terminação de novilhos Nelore, castrados e não castrados, em confinamento com dieta alto grão. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 45-54, 2016.

EMBRAPA. **Sorgo: do plantio à colheita**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

FERNANDES, J. J. R.; MELLO, H. H. C.; COUTO, V. R. M.. Manejo nutricional na adaptação de bovinos de corte em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 18 n. 4, supl. 3, p. 182-187, dez. 2011.

GIBBON, B.; LARKINS, B. A. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. **Trends in Genetics**, London, v. 21, n. 4, p. 227-233, Apr. 2005.

GWIRTZ, J. A.; WILLYARD, M. R.; MCFALL, K. L. W. Wheat: more than just a plant. In: **MÜHLEN-CHEMIE**. Future of flour: a compendium of flour improvement. 2014.

HOFFMAN P.C.; ESSER N.M.; SHAVER R.D.; COBLENTZ W.K.; SCOTT M.P.; BODNAR A.L.; SCHMIDT R.J.; CHARLEY R.C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v.94, p. 2465–2474, 2011.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2.ed. Santa Maria: ed. da UFSM, 2009. 216p.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. Ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2017. ISBN: 978-85-7391-266-1.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, K. Y. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006.

MAIA, I. S.G.; PEREIRA, E.S.; PINTO, A. P.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; CARNEIRO, M.S.S.; CAMPO, A. C. N.; GADELHA, C. R. F.; JÚNIOR, J. N. R.; Consumo, avaliação do modelo small ruminant nutrition system e predição da composição corporal de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo diferentes níveis de energia. **Semina: Ciências Agrárias**. 2014.

MAPA – **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Sustentabilidade/Agroenergia, 2024.

MAROLLI, A.; DA SILVA, J. A. G.; SAWICKI, S.; BINELO, M. O.; SCREMIN, A. H.; REGINATTO, D. C.; LAMBRECHT, D. M. A simulação da biomassa de aveia por elementos climáticos, nitrogênio e regulador de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 70, 535-544, 2018.

MALANCHEN, B. E.; DA SILVA, F. A.; GOTTARDI, T.; TERRA, D. A.; BERNARDI, D. M. Composição e propriedades fisiológicas e funcionais da aveia. **Fag Journal of Health (Fjh)**, 1(2), p.185-200, 2019.

MANDARINO, R. A. R. A.; BARBOSA, F. A.; CABRAL FILHO, S. L. S.; LOBO, C. F.; SILVA, I. S.; OLIVEIRA, R. V.; JÚNIOR, R. G. Desempenho produtivo e econômico do confinamento de bovinos zebuínos alimentados com três dietas de alto concentrado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 5, p. 1463-1471, 2013.

MALAFIA, G. C.; CONTINI, E.; DIAS, F. R. T.; GOMES, R. C.; MORAES, A. E. L. **Cadeia produtiva da carne bovina: contexto e desafios futuros**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2021.

MORO, G. **Processamento do milho ou sorgo em dietas de alto grão, na terminação de bovinos mestiços leiteiros** (tese). Santa Maria – RS: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM): 2015.

BARCELLOS, J. O. J.; LIMA, J. A.; OLIVEIRA, T. E.; ZAGO, D.; FAGUNDES, H. X.; V.; **Bovinocultura de corte: Cadeia produtiva e sistemas de produção**. Guaíba: Agrolivros, 2020. p. 35.

MEDEIROS, S. R.; MARINHO, C. T.; **Aditivos alimentares na nutrição de bovinos de corte, nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Campo Grande - MS: Embrapa; 2015. cap 7. p. 97.

OLIVEIRA, C. A. & MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, 197, p. 64-75, 2014.

PAULINO, P.V.R.; OLIVEIRA, T.S.; GIONBELI, M.P.; GALLO, S.B. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. **Revista científica de produção animal**, v.15, n.2, p.161-172, 2013.

PERES, M. S.; **Processamento de grãos de milho do tipo flint ou duro e adequação protéica em rações para bovinos em terminação – desempenho animal e digestibilidade do amido** (dissertação). Piracicaba: Universidade de São Paulo, escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”; 2011.

RESENDE, J. L. **Relato de caso: confinamento de bovinos holandeses em milho grão inteiro** (trabalho de conclusão de curso). Faculdade Cidade de Coromandel. Coromandel/MG, 2020.

RESTLE, J.; FATURI, C.; PASCOAL, L.L.; ROSA, J.R.P.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C. Processamento do grão de aveia para alimentação de vacas de descarte terminadas em confinamento. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 496-503, 2009.

RODRIGUES, A. DE C. **Desempenho e digestibilidade em novilhos nelore e nelore x angus alimentados com dietas de grãos de milho inteiro e bagaço de cana** (dissertação). Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras – UFLA; 2018.

SENAR. Serviço nacional de aprendizagem rural. **Bovinocultura: manejo e alimentação de bovinos de corte em semiconfinamento**. Brasília – DF. 2018.

SOUZA, J.K.A.; COSTA, L.M.; GONÇALVES, R.O.; SANTOS, T.C.S.; SANTOS, T.J.; SABUNDJIAN, M.T. Levantamento bibliográfico da aveia branca (avena sativa L.) e suas características morfológicas. **Revista científica eletrônica de ciências aplicadas da fait**. n.1. maio, 2018.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR J.D.; VAN SOEST P.J.; FOX D.G.; RUSSELL J.B.; A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.  
SILVA, G. P.; CONTIN, T. L. M.; SANTOS, A. C. R. CUSTOS de confinamento de bovinos de corte no município de Colômbia, SP. **Revista iPecege** 4(4):7-15. Colômbia/SP, 2018.

SILVA, H. L. **Dietas de alta proporção de concentrado para bovinos de corte confinados**. Tese (DSc.) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária. Goiânia – GO, 2009.

TEIXEIRA, R. B.; **Dieta de alto grão com milho em confinamento de bovinos**. Sete Lagoas: Universidade Federal de São João Del Rei; 2015.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R. *et al.* **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0** 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Suprema Gráfica Ltda. 2006. 329p.

WEBER, F.H.; COLLARES-QUEIROZ, F.P.; CHANG, Y. K. Caracterização físicoquímica, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.29, n.4, p. 748-753, 2009.

## **DO CAMPO AO ARMAZENAMENTO: ENTENDENDO O PROCESSO DE FENAÇÃO**

**Leonardo Piffer de Borba**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Ana Carolina Fluck**

Pesquisadora Independente

**Tatiane Tonet**

Pesquisadora Independente

**Ana Carla da Silva Neves**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Diéli Patrícia de Souza**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Kauani Aparecida Gepfrie**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Larissa Alcebíades Lopes de Araújo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Marcio Simionatto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

# RESUMO

A fenação é um método de conservação de forragem que transforma plantas forrageiras frescas, com alta umidade, em feno seco, com teor de umidade entre 10% e 20%. Esse processo milenar permite armazenar o alimento por longos períodos, mantendo seu valor nutritivo e garantindo o suprimento para animais, especialmente em épocas de escassez de pastagem. O processo básico da fenação envolve três etapas principais: o corte da forragem, geralmente realizado mecanicamente com tratores e segadoras; a secagem da planta cortada, que pode ser feita ao sol, com revolvimento para garantir a uniformidade e evitar a proliferação de fungos; e o enfardamento, que consiste em compactar a forragem seca em fardos para facilitar o armazenamento e o transporte. A fenação, quando bem executada, preserva as características nutricionais da forragem original, oferecendo um alimento rico em fibras, importante para a dieta de ruminantes. Além disso, pode melhorar a aceitação de certas forrageiras e reduzir o teor de substâncias antinutricionais. A técnica, embora aparentemente simples, requer habilidade do produtor para otimizar as etapas e prevenir perdas, garantindo um feno de qualidade para a alimentação animal.

**Palavras-chave:** alimentação de ruminantes; forragem conservada; perdas; qualidade nutricional.

## INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes desempenha um papel fundamental na economia agrícola global, fornecendo carne, leite e outros subprodutos essenciais para a alimentação humana. A eficiência e a sustentabilidade desses sistemas de produção dependem, em grande parte, da disponibilidade de alimentos de alta qualidade ao longo do ano. As forragens, principal componente da dieta de ruminantes, variam em qualidade e disponibilidade sazonalmente, o que torna a conservação de forragem uma prática indispensável para garantir o suprimento alimentar contínuo e equilibrado.

Dentro das técnicas de conservação de forragem, a fenação se destaca como um método tradicional e amplamente utilizado. A fenação é uma técnica de conservação muito antiga, que não necessita de tecnologias avançadas para ser reproduzida. No entanto, devido ao uso de ferramentas manuais, o processo de fenação era lento e demorado, e o material resultante era armazenado no local sob a forma de palheiros. Durante os períodos frios, os animais eram levados para áreas periféricas para suplementação devido à falta de forragem para pastagem (Neres *et al.*, 2021). Isso acaba reduzindo os custos produtivos, o que aumenta seu custo-benefício e a torna amplamente utilizada ainda hoje. Além disso, o feno é bastante prático quando o assunto é armazenagem de alimento, além de ser versátil por atender diferentes categorias de animais.

O objetivo da utilização dessa estratégia é preservar a espécie forrageira por longos períodos a partir da desidratação da biomassa até teores de matéria seca (MS) médios de 85%, mantendo o máximo das características nutritivas do material. Para a realização do processo, a biomassa da espécie forrageira escolhida deve ser desidrata no campo, e, após atingir os teores de MS pré-estabelecidos, o material é recolhido e enfardado, resultando, assim, no feno. É uma técnica que permite usar, no período de escassez de alimentos, vazio forrageiro, baixas temperaturas, a forragem excedente produzida. Por esse motivo, nem sempre o feno apresenta um valor nutricional expressivo. Além disso, é importante ter em mente que o processo parece simples, mas a condução da fenação é trabalhosa, pois requer muita habilidade por parte do produtor, além do conhecimento da morfologia e características agrônômicas da espécie.

A importância da fenação é multifacetada. Para ruminantes, o feno de boa qualidade contribui significativamente para a saúde e o desempenho, fornecendo fibra essencial para o bom funcionamento do sistema digestivo, além de nutrientes como proteínas e vitaminas. Adicionalmente, a fenação pode ser uma alternativa economicamente viável para pequenos e médios produtores, devido à sua relativa simplicidade e menor exigência de infraestrutura em comparação com outras técnicas de conservação. Em relação aos equinos, o feno constitui uma parte fundamental da dieta, sendo crucial para a saúde intestinal e o bem-estar geral desses animais.

Além de sistemas de produção, no Brasil, a criação de cavalos de elite também impulsionou a produção de feno, uma vez que o sistema de criação em baias exige suplementação com volumoso, além disso, a silagem não é o volumoso recomendado para essa espécie animal. A silagem pode ser utilizada na alimentação de equinos, mas não deve ser o único alimento, devido ao seu baixo teor de proteína e minerais e à alta quantidade de carboidratos não estruturais, principalmente o amido, em relação a outras forragens. A silagem de milho tem bastante amido e fibras que os equinos digerem com dificuldade. Esse excesso de amido pode causar fermentações no intestino, aumentando o risco de laminite, enquanto as fibras pouco digestíveis podem levar a cólicas.

Este capítulo abordará em detalhes o processo de fenação, desde a escolha da forrageira e o momento ideal de corte até as etapas de secagem, enfardamento, armazenamento e avaliação da qualidade do feno. Serão discutidos os fatores que influenciam a eficiência do processo e as estratégias para minimizar perdas e garantir um produto final de alto valor nutritivo, contribuindo assim para a otimização da produção de ruminantes e para a nutrição adequada de equinos.

## **PROCESSO DE FENAÇÃO**

### **Características desejadas para a escolha da forrageira**

As forrageiras indicadas para fenação devem apresentar boa produção de massa verde, boa resistência a cortes frequentes, alta relação de folhas, fácil cultivo e adaptação ao solo e clima da região, facilidade de rebrota. O potencial de produção é um dos fatores mais importantes a se considerar, pois influencia

diretamente os custos da operação, sendo que uma espécie mais produtiva resulta em maior quantidade de feno por área que uma menos produtiva.

Na segunda fase da secagem durante o processo de fenação, com os estômatos já fechados, a perda de água ocorre principalmente por evaporação através da cutícula. Assim, a estrutura das folhas, as características da cutícula e a estrutura da planta afetam a duração desta fase de secagem. Outro aspecto a ser levado em consideração é o hábito de crescimento, algumas plantas são mais difíceis de serem cortadas pela segadeira, devido às suas características estruturais. Por isso, ao longo do tempo, a escolha de plantas para fenação recaiu sobre aquelas que são mais fáceis de serem cortadas. Esse fator, entretanto, deve ser considerado cuidadosamente, pois, embora as plantas cespitosas sejam mais fáceis de cortar que as estoloníferas e decumbentes, na maioria dos casos, elas são mais vulneráveis ao corte baixo, rente ao solo, não resistindo a esse tipo de manejo, típico da produção de feno. Além disso, é necessário conhecer a capacidade de rebrota, essa característica é ligada a fatores como fertilidade e umidade do solo e da tolerância da planta ao corte.

É preciso considerar que plantas em que ocorre elevação do meristema apical acima do solo perdem mais gemas de brotação nos cortes rentes ao solo, o que dificulta significativamente sua recuperação. Por isso, gramíneas de hábito de crescimento cespitoso que, normalmente, apresentam elevação rápida do meristema apical, têm menor velocidade de rebrota que as gramíneas estoloníferas

As gramíneas são largamente utilizadas na fenação por possuírem alta taxa de produção de matéria seca, resistência ao corte, boa velocidade e vigor de rebrota e desidratação rápida quando há manejo adequado à campo. Exemplos de plantas bem adaptadas dessa espécie seriam do gênero *Cynodon* (Coastcross, Tifton, Florakirk, entre outras). Entre as temperadas, tanto aveia e azevém tem apresentado bons resultados quanto ao processo de desidratação e parecem ser ótimas opções visto o valor nutritivo superior quando comparados a outras gramíneas. Dentre as leguminosas, a principal é a alfafa e, em menor escala, leucena, cornichão, trevos e estilosantes, que podem estar em consórcio com gramíneas durante a fenação.

## **Corte da forrageira**

O ponto de corte ideal para o feno varia de acordo com a espécie de forrageira. Quanto mais cedo o corte for realizado em relação ao estágio de desenvolvimento da planta, melhor será a qualidade do feno produzido. No entanto, cortes precoces também podem reduzir o rendimento produtivo do campo de feno, principalmente pelo errado rompimento da ligação do sistema radicular e da parte aérea. A respiração tem um importante papel na planta viva, sendo que suas enzimas hidrolíticas e respiratórias, presentes na célula viva continuam seu funcionamento após o corte da forragem, decrescendo a respiração da planta pelo fato da restrição de oxigênio e água para o processo metabólico. Geralmente, a respiração decresce proporcionalmente com o conteúdo de umidade da planta, entre 26 e 40% de umidade. Dependendo da planta forrageira que for utilizada para a fenação, principalmente as perenes, a altura de corte tem grande influência na capacidade de rebrote.

## **Tipo de segadoras**

As segadoras, também chamadas de ceifadeiras, são utilizadas para cortar forragens que são transformadas em feno ou pré-secado para alimentação animal durante períodos de seca. Existem diferentes modelos de segadoras condicionadoras no mercado, que podem ser adaptadas às preferências, condições e exigências de cada fazenda, com o objetivo comum de obter forragem de qualidade. Ao utilizar uma segadora para cortar feno, é importante regular a altura da segadeira entre 5 a 10 cm, dependendo da espécie da gramínea. Além disso, a segadora pode ser usada para revolver o material, o que acelera o processo de secagem.

## **Secagem, ponto do feno e revolvimento**

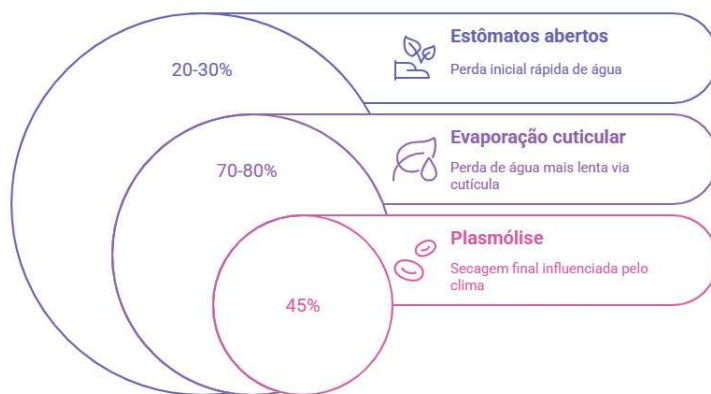
A secagem e o revolvimento do feno são etapas importantes do processo de fenação, que consiste em conservar o valor nutritivo da forragem através da rápida desidratação. O revolvimento do feno acelera a secagem e ajuda a secar a massa de forma homogênea. Pode ser feito com um ancinho ou com uma segadeira, que tem “dedos” no seu interior que batem no caule da planta, criando deformidades que aceleram o processo de secagem. Quanto mais etapas

de revolvimento, mais rápido o feno vai secar. Sugere-se que o revolvimento seja feito a cada duas ou três horas. Ao revolver o feno, é importante ter alguns cuidados, como: distribuir uniformemente a forragem, enleirar o feno quando o processo de produção não ocorre no mesmo dia, permitindo que ele fique o menos exposto ao sereno da noite, no dia seguinte, espalhar novamente o feno para dar continuidade ao processo de secagem.

- **Fases da secagem**

Quando a forragem é cortada e espalhada para secar, as plantas perdem umidade intensamente. Essa perda se intensifica com a separação da parte aérea (colmo e folhas) das raízes, pois cessa a reposição de água, dando início ao emurchecimento, um processo que ocorre em três fases distintas (Figura 1).

**Figura 1.** Fases da desidratação da forrageira durante o processo de fenação.



**Fonte:** Autores (2025).

- **Primeira fase:** A primeira fase da secagem é marcada por uma rápida perda de água, facilitada pela abertura dos estômatos e pelo elevado déficit de pressão de vapor. Contudo, o enleiramento da forragem desencadeia o fechamento estomático, um mecanismo de controle da perda hídrica induzido pela diminuição da disponibilidade de água e pelo sombreamento. Consequentemente, a resistência à desidratação aumenta. É importante ressaltar que, embora o fechamento dos estômatos ocorra aproximadamente 1 hora após o corte, essa fase inicial responde por uma perda de 20% a 30% da água total da forragem.

- **Segunda fase:** Depois que os estômatos se fecham, na segunda fase, a água sai da planta através da cutícula. O tempo que essa fase dura depende do formato das folhas, das características da cutícula e da forma como a planta é estruturada. A cutícula e a camada que fica entre a planta e o ar são as principais coisas que dificultam a saída da água. Nessa etapa, a planta perde a maior parte da água, entre 70% e 80%, pela cutícula.
- **Terceira fase:** Quando a célula perde água e diminui de tamanho (plasmólise), a membrana celular deixa de controlar a saída e entrada de substâncias, e a planta perde água rapidamente. A última fase da secagem começa quando a planta chega a aproximadamente 45% de umidade, e nessa etapa, o clima, principalmente a umidade do ar, influencia mais a secagem do que o que fazemos com a planta.

O revolvimento, etapa crucial da fenação, é executado com o auxílio de ancinhos, disponíveis em variadas configurações, incluindo ancinhos com cesta dupla, de rodas e rotativos. Esses equipamentos têm como objetivo a formação de leiras de feno adequadas para o enfardamento. A qualidade do ancinho reflete-se na qualidade do fardo, e sua utilização revela-se mais produtiva no intervalo de umidade da leira entre 66% e 50%. Durante esse período, observa-se uma rápida desidratação da forragem exposta na superfície, em contraposição à secagem mais gradual no interior da leira. A repetição da ação do ancinho, à medida que a forragem perde água e torna-se mais leve, promove a abertura das leiras, diminuindo a resistência à perda de água.

Quando o teor de água da leira cai abaixo de 50%, a eficiência do uso do ancinho diminui, e a taxa de secagem passa a depender mais da resistência da planta do que da estrutura da leira, tornando a umidade de equilíbrio entre a planta e o ambiente um fator crucial. O feno está pronto para ser colhido ou enleirado quando atinge o ponto de feno, ou seja, uma umidade de 12-15%, alcançada pela remoção de água da forragem sem perda de nutrientes. Esse ponto pode ser identificado ao torcer um feixe de forragem e verificar a ausência de água ou ao dobrá-lo e observar se retorna rapidamente à posição inicial; caso contrário, a desidratação deve continuar. A secagem é favorecida por dias ensolarados, baixa nebulosidade e umidade relativa do ar, ventos e temperaturas elevadas, e ausência de chuva.

## **Enleiramento**

O enleiramento compreende a agregação do material forrageiro disperso no campo em leiras, sendo essencial a máxima atenção para evitar a incorporação de solo ou outras impurezas na forragem, minimizando a contaminação. Esta prática objetiva proteger o feno da deposição de sereno noturno, possibilitando a subsequente redistribuição do material para a continuidade da desidratação. O enleiramento pode ser executado por meio de equipamento enleirador, o qual otimiza o tempo e o esforço operacional, além de assegurar a uniformidade da leira e a preservação da qualidade nutricional do feno.

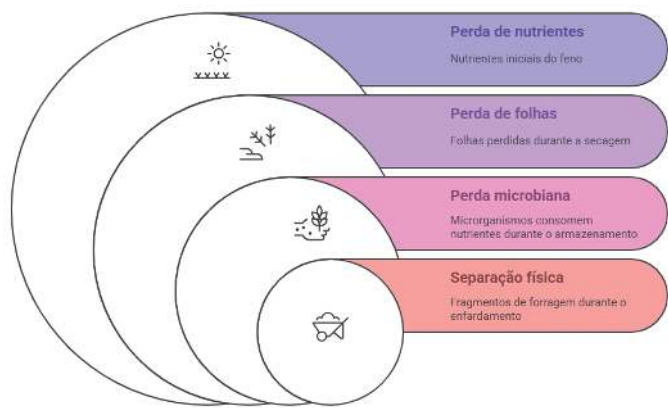
## **Enfardamento**

O enfardamento do feno constitui um processo de compactação do material forrageiro desidratado, resultando em unidades de armazenamento sistematizadas em dimensões, o que otimiza o armazenamento, o transporte, o manuseio e a comercialização. Os equipamentos de enfardamento de feno são projetados para a colheita, compactação e embalagem eficiente do feno. As unidades enfardadas podem apresentar formato retangular, com massa variando de 12 a 15 quilogramas, ou formato cilíndrico, com massa de até 500 quilogramas. O processo de enfardamento pode ser conduzido manualmente, com o emprego de estruturas de acondicionamento confeccionadas artesanalmente, ou mecanicamente, através da utilização de enfardadora. A enfardadora executa a coleta e o acondicionamento do feno, o qual é moldado em fardos retangulares ou cilíndricos de dimensões variáveis, dependentes do modelo do equipamento. O princípio operacional destes equipamentos envolve a coleta do material na superfície do solo, a aplicação de pressão para compactação e o amarrão, frequentemente realizado com filamentos de sisal, conferindo forma e integridade estrutural aos fardos. A utilização de enfardadora promove a redução significativa das perdas inerentes ao processo.

Após o enfardamento, o feno deve ser armazenado em local coberto, seco, com ventilação adequada e protegido da incidência direta de radiação solar. A exposição prolongada ao ar, à umidade e à radiação solar pode induzir a perdas de nutrientes essenciais do feno, comprometendo sua qualidade como alimento para animais. O feno pode ser armazenado por um período de até um

ano, sem que ocorra deterioração significativa da qualidade do produto. Contudo, a presença de fungos filamentosos (mofo) pode ser observada, condição que pode ser atenuada pela exposição do feno à radiação solar por um período aproximado de 4 horas. Durante o processo de armazenamento, podem ocorrer diferentes tipos de perdas (Figura 2).

Figura 2. Perdas durante o processo de fenação.



Fonte: Autores (2025).

Armazenamento

O armazenamento deve ser feito tão logo é finalizado o processo de enfardamento, e o feno pode ser armazenado de várias formas, em galpões, no campo ou em caixas de papelão (Figura 3).

Figura 3. Locais para armazenamento do feno.



Fonte: Autores (2025).

- **Galpões:** O feno pode ser armazenado em fardos ou a granel, em galpões arejados e protegidos da umidade. Os galpões devem oferecer proteção total contra o tempo, incluindo chuvas e o branqueamento com o sol.
- **Campo:** O feno pode ser armazenado em medas ou em fardos, deixando-os nos pastos.
- **Caixas de papelão:** O feno pode ser armazenado em caixas de papelão em local seco e arejado, longe do chão e das paredes. Se o feno não for consumido rapidamente, deve-se fazer alguns furos na caixa para ventilar.

O feno pode ser armazenado por um período de até um ano, sem nenhum problema que afete a qualidade do produto. No entanto, é importante realizar monitoramento regular do feno armazenado para detectar sinais de deterioração, como superaquecimento, mofo ou fermentação. Para garantir a frescura e a qualidade do feno, é importante praticar a rotatividade adequada do estoque, o feno mais antigo deve ser usado primeiro.

### **Perdas no processo**

Durante o processo de fenação, podem ocorrer perdas e alterações na qualidade da forragem. Estas perdas podem ser causadas por perdas de folhas causadas pelo uso de ancinhos, que podem variar de 1 a 3% em gramíneas, mas podem atingir valores de até 35% na fenação de leguminosas, alterações fisiológicas que ocorrem quando uma planta forrageira é cortada, condições climáticas durante a secagem no campo, como chuvas que podem causar perdas por lixiviação, perdas mecânicas, principalmente na viragem, que podem promover uma perda significativa de folhas. Na tabela 1 pode ser observada a estimativa de perdas até o fornecimento.

**Tabela 1.** Previsão de perdas (%), durante o processo de fenação em diferentes condições de secagem no campo.

| Fonte         | Ótimas | Normais | Adversas |
|---------------|--------|---------|----------|
|               | Perdas |         |          |
| Corte         | 5      | 10      | 20       |
| Respiração    | 5      | 10      | 15       |
| Ancinho       | 5      | 10      | 20       |
| Lixiviação    | 0      | 10      | 15       |
| Armazenamento | 5      | 10 a 20 | 20       |
| Manuseio      | 5      | 10      | 20       |

Fonte: Adaptado de MacDonald e Clark (1987).

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

Outros atributos do feno de boa qualidade incluem: Maciez ao tato, Aroma característico, Boa porcentagem de folhas, Ausência de impurezas e elementos tóxicos. Para obter feno de boa qualidade, é necessário considerar vários aspectos, como: Espécie forrageira, Idade da planta, Umidade do feno para armazenamento, Fertilidade do solo e condições climáticas por ocasião do processamento.

Relação folha:colmo

A qualidade do feno está intrinsecamente ligada à proporção entre folhas e caules. Um feno rico em folhas sinaliza maior maciez e valor nutritivo, impactando positivamente o consumo e a digestibilidade pelos animais. Essa relação folha:colmo é dinâmica, sofrendo influência da idade da planta e da espécie forrageira. Nos estágios iniciais de desenvolvimento, a predominância foliar é estratégica, otimizando a fotossíntese para suprir a demanda energética do crescimento. Assim, a abundância de folhas, juntamente com a coloração verde, serve como um indicativo visual da excelência nutricional do feno, sugerindo uma colheita realizada nos estágios vegetativo ou pré-reprodutivo da planta.

Plantas indesejáveis

Plantas indesejáveis, frequentemente denominadas plantas invasoras, daninhas ou infestantes, representam espécies vegetais que se estabelecem em áreas de interesse antrópico, notadamente em sistemas agrícolas e

extensivamente em pastagens. A presença dessas espécies acarreta implicações negativas multifacetadas. No âmbito da produção forrageira, a competição interespecífica por recursos essenciais, como radiação luminosa, água, nutrientes do solo e espaço físico, compromete o desenvolvimento e a produtividade das espécies cultivadas. Adicionalmente, no contexto da produção animal, a infestação por plantas invasoras pode reduzir a capacidade de suporte da pastagem, introduzir espécies tóxicas com potencial para intoxicação do rebanho e, em alguns casos, causar lesões físicas na mucosa do trato gastrointestinal dos animais. Durante o processo de fenação é necessária a avaliação minuciosa do campo onde a forrageira será cortada para detectar a presença dessas plantas como forma de evitar problemas futuros. As ervas daninhas podem reduzir a qualidade do feno, pois podem deixar sementes misturadas com a fibra. Por exemplo, as sementes de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), planta muito resistente e frequentemente encontrada em pastagens, podem contaminar o feno. No RS, uma planta indesejável comumente associada as forrageiras é o mio mio (*Baccharis coridifolia*) que causa intoxicação e lesões no trato gastrointestinal.

### **Aspecto higiênico sanitário**

A avaliação diária dos aspectos higiênico-sanitários do feno, no momento do fornecimento aos animais, é de suma importância e de fácil execução. O feno de qualidade superior exibe um odor característico, fresco e levemente adocicado, o qual denota um processo de desidratação e armazenamento eficientes, evitando a exposição solar excessiva e a reidratação deletéria. A detecção de odores distintos pode sinalizar processos fermentativos indesejáveis, proliferação de fungos e bolores, ou outras deficiências de qualidade, como odores intensos. A ocorrência de mofos e bolores é relativamente comum e compromete a palatabilidade e o valor nutricional do feno, representando um risco à saúde animal. A gênese desses microrganismos está frequentemente associada à desidratação inadequada da biomassa durante a fenação ou a condições de umidade elevada no armazenamento, além da possível contaminação por urina de aves e roedores. Adicionalmente, a inspeção visual deve contemplar a identificação de corpos estranhos, tais como pequenos animais mortos, fragmentos

metálicos (arames, pregos) e outros materiais adventícios, os quais podem ter sido incorporados durante a fenação ou presentes no ambiente de armazenamento.

### **Utilização do feno na alimentação**

Atualmente há uma categorização de feno sugerida pela Embrapa Gado de Leite que classifica o feno em três tipos: A, B e C. O tipo A é considerado de melhor qualidade e é mais aceito pelos animais. O tipo B é composto por um pouco de talo e fibra e é sugerido para alimentar cavalos de passeio. O tipo C é o de pior aceitação, pois contém um capim mais fibroso e tem mais talos e poucas folhas.

O feno é amplamente utilizado em algumas espécies, sistemas e categorias animais específicas. Como já citado anteriormente, há preferência na utilização de feno por equinos, demonstrando a eficácia na utilização e digestibilidade desses. Porém, é preconizado feno de alta qualidade, com presença de folhas, fenos com alta presença de colmo são comumente ligados a cólica, principalmente a cólica de impacto e a por compactação.

Já quando falamos de bovinos de leite, o feno é um alimento muito preconizado durante a fase de cria. Ainda existe uma polêmica acerca do fornecimento de feno e o desenvolvimento ruminal. Acreditava-se que o feno era o principal responsável pelo desenvolvimento do rúmen, porém, já está comprovado que o desenvolvimento do rúmen principal é o papilar onde o estímulo primário é químico através da fermentação de carboidratos solúveis e liberação de dois ácidos graxos voláteis. Porém, adicionar feno aumenta o peristaltismo ruminal e estimularia o desenvolvimento muscular, além do aumento da amplitude gástrica dos pré-estômagos. Lin *et al.* (2018), avaliando efeito do momento inicial de fornecimento de forragem no crescimento e desenvolvimento ruminal de bezerros pré-desmamados concluiu que os animais com suplementação inicial de feno de aveia fornecido nas duas semanas de vida apresentaram melhor produtividade em relação os animais que só consumiram concentrado.

Já para vacas leiteiras, ele geralmente é utilizado como forma de fibra efetiva, principalmente para vacas em sistema free stall ou compost barn. A utilização de feno também pode aumentar o teor de PB da dieta de forma mais econômica. O feno de alfafa, por exemplo, é um volumoso com alto teor de proteína que pode ser importante na dieta de vacas em lactação. No entanto, a alfafa fresca pode trazer problemas para as vacas, como timpanismo, devido à

sua elevada concentração de proteína. Uma vaca de leite pode consumir cerca de 22 kg de matéria seca por dia proveniente do feno, desde que observado os limites de FDN.

Para bovinos de corte, o feno é um alimento importante e pode ser utilizado como fonte de fibra em substituição à silagem. Embora a qualidade nutricional dos dois alimentos seja distinta, é possível adequar o tipo de feno ao nível de energia da dieta total formulada. O feno também é amplamente utilizado na alimentação de ovinos e caprinos, principalmente na região Nordeste, onde há o maior rebanho de ambas as espécies no país, porém, com maior escassez forrageira quando comparada a outros Estados do país.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fenação apresenta vantagens interessantes, como armazenamento por longos períodos sem deterioração do material pelo contato com o ar, o processo de fenação é mais simples que a ensilagem, pode ser produzido e utilizado em grande ou pequena escala, a venda e transporte é mais fácil e gera problemas menores em relação ao transporte de silagem. Porém, qualquer problema simples no armazenamento pode causar deterioração excessiva do material, como contato com água, ratos. Há maiores desperdícios na utilização, principalmente quando o feno não é picado. Além disso, o fornecimento de feno de baixa qualidade é corriqueiro, impactando diretamente no desempenho do animal.

## REFERÊNCIAS

- LIN, X.; WANG, J.; HOU, Q.; WANG, Y.; HU, Z.; SHI, K.; YAN, Z.; WANG, Z. Effect of hay supplementation timing on rumen microbiota in suckling calves. **Microbiology Open**, v.7, n.1, e00430, 2018.
- MacDONALD, A.D.; CLARK, E.A. Water and quality loss during field drying of hay. **Advances in Agronomy**, v.41, p.407-437, 1987.
- NERES, NATH, C.D.; HOPPEN, S.M. Expansion of hay production and marketing in Brazil. **Heliyon**, v.7, e06787, 2021.

## **EFEITOS DA NUTRIÇÃO MATERNA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA PROGÊNIE EM BOVINOS DE CORTE**

**Geovanna Kaufmann**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e  
das Missões - *Campus* Santo Ângelo

**Vitória de Conti**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e  
das Missões - *Campus* Santo Ângelo

**Tauane Coletto**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e  
das Missões - *Campus* Santo Ângelo

**Cristhian Lenz**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e  
das Missões - *Campus* Santo Ângelo

**Vitor Cardoso**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e  
das Missões - *Campus* Santo Ângelo

**Andressa Ana Martins**

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e  
das Missões - *Campus* Santo Ângelo

# RESUMO

A programação do desenvolvimento fetal ou nutrição fetal programada tem ganhado cada vez mais relevância no contexto da pecuária de corte, sendo um fator determinante para a eficiência dos sistemas de produção. A presente narrativa tem como objetivo, através de uma revisão bibliográfica, identificar e analisar os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento fetal e as consequências na fase adulta dos bovinos de corte. Através de pesquisas em artigos, dissertações, teses, trabalhos de conclusão de cursos e livros foram organizadas as informações mais importantes sobre a importância da nutrição materna e seus efeitos no desenvolvimento do feto, e ainda, da prole adulta. As matrizes que recebem dietas balanceadas, que atendem as exigências nutricionais, produzem bezerros saudáveis, com adequado peso ao nascimento, ao desmame, produtores de carcaças de boa qualidade. As novilhas, filhas de matrizes alimentadas adequadamente, apresentam maior taxa de prenhez e tendem a ser mais precoces à puberdade. Desta forma, a programação fetal é fundamental para manter a produção de bovinos de corte mais eficiente.

**Palavras-chave:** alimentação; programação fetal; bovinocultura de corte; matriz.

## INTRODUÇÃO

A programação do desenvolvimento fetal ou nutrição fetal programada tem ganhado cada vez mais relevância no contexto da pecuária de corte, sendo um fator determinante para a eficiência dos sistemas de produção, bem-estar animal, qualidade de vida, e longevidade tanto da mãe quanto da progênie. À medida que cresce a demanda por carne de alta qualidade, o manejo nutricional adequado tem se tornado um elemento essencial para garantir o desenvolvimento saudável dos animais, o aumento do ganho de peso e a qualidade final do produto.

A nutrição balanceada é fundamental para responder aos desafios econômicos, de mercado e ambientais que surgem na produção de gado de corte (BARKER *et al.*, 2002). A nutrição materna é essencial para o desenvolvimento fetal em bovinos de corte, afetando o crescimento muscular, o sistema imunológico, o peso ao nascimento, e ainda, o peso ao desmama. Uma alimentação adequada durante a gestação garante maior ganho de peso, melhor saúde e maior produtividade futura dos bezerros, além de influenciar positivamente a qualidade do colostro, essencial para a imunidade neonatal (FUNSTON *et al.*, 2010).

Já Du *et al.* (2010) indicam que a nutrição materna durante a gestação pode influenciar a qualidade da carne da descendência, pois pode afetar a diferenciação celular e a formação do tecido muscular esquelético. Dessa forma, os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento fetal impactam diretamente o sucesso reprodutivo e produtivo dos bovinos de corte, e certamente esses fatores podem ser observados também em outras espécies de animais de produção. A alimentação da fêmea durante a gestação pode influenciar diretamente o crescimento e a saúde do feto e o desempenho do animal após o nascimento.

Uma nutrição inadequada nesse período pode levar a prejuízos irreversíveis no desenvolvimento muscular, na eficiência alimentar e na resistência a doenças, fatores que atingem a produtividade e a qualidade da carne. Segundo Santos (2022), o aporte sanguíneo via placentária é fundamental para suprir as exigências nutricionais e de oxigênio para o adequado desenvolvimento fetal.

Deste modo, a presente narrativa tem como objetivo, através de uma revisão bibliográfica, identificar e analisar os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento fetal e as consequências na fase adulta dos bovinos de corte.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Programação fetal**

A programação do desenvolvimento fetal ou nutrição fetal programada, é definida como sendo um conjunto de eventos que ocorrem ainda durante a fase embrionária fetal, que podem interferir positivamente ou negativamente tanto no desenvolvimento fisiológico da prole, como na saúde desses indivíduos durante a vida adulta (TSUNEDA, *et al.*, 2017). Desta forma, fica evidente a importância do manejo nutricional adequado com a matriz, pois, é através dela que os fetos irão obter os nutrientes essenciais ao desenvolvimento. Ao alimentar bem a matriz assegura-se que o crescimento da progênie seja eficiente.

Existem diferentes formas de chamar essa importante linha de pesquisa, podendo ser: programação fetal, programação neonatal, programação de desenvolvimento fetal e nutrição gestacional. Independente da maneira como é titulada, o conteúdo abordado é o mesmo, sendo esse, o estudo dos fatores que influenciam a passagem de nutrientes durante a gravidez e que afetam o desenvolvimento da prole após o nascimento. Por muito tempo se acreditou que a qualidade da carne dependia apenas da nutrição durante o período que antecede o abate, quando os animais são encaminhados para a terminação. No entanto, atualmente a produção de carne com qualidade inicia-se ainda na fase intrauterina (DUARTE *et al.*, 2013).

Por tanto, quando é realizada a programação fetal todo o manejo com a matriz é planejado de forma a ser fornecido os nutrientes de maneira balanceada para que as exigências de manutenção e gestação sejam atendidas. Uma importante observação deve ser feita na nutrição das fêmeas prenhas que ainda estão em fase de crescimento, neste caso, além das exigências de manutenção e gestação é preciso atender também a exigência de crescimento da matriz.

### **Ambiente uteroplacentário**

O ambiente uteroplacentário em bovinos de corte refere-se ao espaço onde ocorre o desenvolvimento do feto e a troca de nutrientes e gases entre a mãe e o embrião/feto, através da placenta (SANTOS, 2022). O ambiente uteroplacentário e a formação dos vasos sanguíneos são fundamentais para o

desenvolvimento fetal (MORAES *et al.*, 2019), e a nutrição inadequada da mãe pode comprometer essa formação (MOREIRA *et al.*, 2019; MENDES, 2016).

A primeira metade da gestação é crucial para a formação da placenta e a segunda para o crescimento fetal (MENDES, 2016; TSUNEDA *et al.*, 2017). Durante a gestação, o animal passa por necessidades específicas do desenvolvimento. O suprimento de sangue pela placenta da matriz, é de extrema importância, visto que na medida em que avança o estágio gestacional, principalmente no terço final, a progênie necessita de mais oxigênio, acompanhado de nutrientes, os quais são transportados pelo sangue. Segundo Santos, (2022) o aporte sanguíneo via placentária é fundamental durante o terço final da gestação. Neste período o feto tem crescimento acelerado e as exigências nutricionais e de oxigênio devem ser supridas garantindo o adequado desenvolvimento fetal.

### **Nutrição materna**

Atualmente, a nutrição materna desempenha um papel muito importante no desenvolvimento saudável do feto durante a gestação. Durante esse período, o feto depende exclusivamente da mãe para obter nutrientes. A alimentação adequada garante a disponibilidade de vitaminas, minerais, proteínas, gorduras e carboidratos que são indispensáveis para o desenvolvimento celular, a formação do sistema nervoso, o desenvolvimento ósseo e o fortalecimento do sistema imunológico (BARKER, 2004).

A nutrição materna deve ser adequada para que atenda às exigências energéticas da mãe e chegue ao feto a quantidade ideal de nutrientes para o seu desenvolvimento (MENDES, 2016). Sobretudo, ela é essencial para o desenvolvimento muscular e reprodutivo do feto, pois a formação de músculos ocorre após o desenvolvimento dos órgãos vitais (KLEIN, 2019). O período fetal é crucial para o desenvolvimento do músculo-esquelético, porque nenhum aumento líquido do número de fibras musculares ocorre após o nascimento (YAN *et al.*, 2013).

Apesar da baixa demanda nutricional fetal nos primeiros dois trimestres de gestação, uma vez que o feto atinge apenas 25% do peso de nascimento neste período gestacional, o correto aporte de nutrientes é fundamental para que ocorra o estabelecimento da circulação funcional uteroplacentária (DU, *et al.*, 2010). A restrição alimentar no período inicial de gestação reduz a

capacidade do feto em adquirir quantidades apropriadas de nutrientes e oxigênio (MENDES, 2016).

O baixo peso da vaca durante a gestação está associado ao baixo peso no nascimento do bezerro (ZAGO, 2017). Dessa forma, o fornecimento de uma dieta equilibrada para as fêmeas gestantes reflete no ganho de peso, qualidade nutricional, desempenho biológico eficiente, e crescimento saudável do feto. Assim, a restrição alimentar das fêmeas no início da gestação não é indicada, pois interfere significativamente no desempenho do animal, e posteriormente na qualidade da carne. Barbosa e Guérios (2025), estudaram o desempenho de bezerros nascidos de matrizes que receberam alimentação a vontade ou restrita, sendo que os animais nascidos das vacas alimentadas *ad libitum* apresentaram maior peso ao nascer, peso no desmame e conversão alimentar, e ainda, menor mortalidade.

Uma nutrição desbalanceada ou uma nutrição totalmente inadequada no período de reprodução em que o animal se encontra pode levar a restrições de crescimento intrauterino, resultando em animais com menor peso ao nascer, assim comprometendo a saúde e menor desempenho produtivo desses animais (BARBOSA e GUÉRIOS, 2025).

Um manejo importante no rebanho de matrizes em gestação é a manutenção do escore de condição corporal. Segundo Medeiros et. al. (2015), para bovinos de corte a escala de escore vai de 1 a 9, sendo o recomendado para o período da parição, que as vacas estejam com escores entre 4 e 6. Através da observação do escore de condição corporal é possível fazer ajustes na dieta para que os animais permaneçam no escore adequado para cada fase do ciclo reprodutivo.

A avaliação do escore de condição corporal (ECC) das matrizes tem sido utilizada como ferramenta de avaliação do atributo nutricional sendo conceituado como subjetiva, por se tratar de uma avaliação visual e tátil, preferencialmente realizada por uma pessoa treinada (FERNANDES *et al.*, 2012). Dessa forma, é possível manter o desempenho dos animais de produção, pois animais com escore de condição adequados são aqueles que tem suas exigências nutricionais atendidas.

Na produção animal é fundamental fornecer as quantidades apropriadas de nutrientes aos animais, para isso, deve-se implementar práticas nutricionais

adequadas e monitorar a dieta das fêmeas para otimizar tanto o desempenho reprodutivo quanto o desenvolvimento dos filhotes. Segundo ABIEC (2023) grande parte da produção de bovinos de corte é em pastagens, sendo apenas 18,02% do rebanho brasileiro produzido em confinamento.

Sendo assim, manter o adequado aporte nutricional das matrizes gestantes é um grande desafio, sendo necessário um planejamento forrageiro para garantir o fornecimento de volumoso durante todo o ano, e ainda, o fornecimento de suplementação. O suplemento deve ser considerado como um complemento da dieta, o qual supre os nutrientes deficientes na forragem disponível (TONELLO *et al.*, 2011).

Estudos relatam o efeito positivo de suplementar fêmeas gestantes, principalmente no terço final da gestação (MARTIN *et al.*, 2007). É importante compreender os pontos positivos e negativos dos diferentes tipos de suplementação, proteica ou energética, sendo fundamental o ajuste de acordo com as necessidades nutricionais dos animais e o tipo de pastagem que estão recebendo. Alguns autores relatam que apenas a suplementação de proteína e energia não provê benefícios à prole, portanto, deve-se optar pela suplementação com nutrientes específicos (FUNSTON *et al.*, 2010a).

É necessário o conhecimento da quantidade de cada tipo de proteína (PNDR e PDR) na formulação da dieta, para fornecer apenas o necessário para atender as exigências dos microrganismos e do animal, sem que haja excesso que possa comprometer a reprodução, nem déficit que reduza a produção do leite e por consequência o desempenho da progênie (FUCK, 2000). Não apenas a suplementação proteica é fundamental, mas também a energética tem importantes funções para a matriz e a progênie. A quantidade de energia na dieta é essencial também, pois quando há restrição desse nutriente, pode haver casos de morte embrionária, nascimento de crias fracas, redução da fertilidade e do crescimento (GUIMARÃES FILHO *et al.*, 2000).

É indicado o fornecimento de dietas que favoreçam a produção de ácido propiônico ruminal, de forma que aumente a síntese de glicose, para que o animal consiga atender às suas exigências primordiais, e consiga reproduzir (BERCHIELLI *et al.*, 2006). Se a dieta tem como base o pasto, são necessários alguns ajustes na suplementação ao decorrer do ano, sendo recomendado a

sincronização da digestibilidade da proteína e energia para que potencialize o desempenho dos animais (MALAFAIA *et al.*, 2003).

### **Efeitos da restrição alimentar**

As deficiências nutricionais podem causar graves problemas para o feto, como baixo peso ao nascer, malformações congênitas, maior suscetibilidade a doenças e menor peso ao desmame. A restrição nutricional interfere no crescimento fetal e consequentemente no peso ao nascer, um peso reduzido ao nascer está relacionado ao mal desempenho do animal até ao abate (SANTOS, 2022). A fase fetal é crítica para o desenvolvimento muscular, uma vez que não ocorre aumento no número de células musculares após o nascimento (VALADARES FILHO *et al.*, 2016). A formação de tecido adiposo começa no quarto mês de gestação, e restrições nutricionais podem impactar a qualidade da carne (MENDES, 2016).

As fêmeas filhas de matrizes que passaram por restrição alimentar na gestação podem ter a fertilidade reduzida. Conforme Moreira *et al.* (2019), avaliando vacas que receberam ou não suplementação proteica, no terço final da gestação, observaram que as novilhas filhas das vacas suplementadas tiveram uma maior taxa de prenhez e tenderam a ser mais precoces à puberdade.

Assim, a alimentação das matrizes impacta diretamente na fertilidade das suas filhas. Redução na taxa de reprodução dos folículos primordiais, prejuízo na futura atividade folicular, menores níveis plasmáticos de progesterona na progênie, menor taxa de parição, menor porcentagem de animais púberes ao início da primeira estação reprodutiva (SANTOS, 2022), destaca como consequência da restrição alimentar das matrizes.

E ainda, a eficiência reprodutiva das matrizes em déficit nutricional é impactada consideravelmente. As maiores demandas nutricionais ocorrem no terço final da gestação, uma vez que é nesta fase que o feto adquire cerca de 75% do seu peso ao nascimento (KLEIN *et al.*, 2021). Ao final da gestação as necessidades nutricionais são elevadas, pois é nesta fase que ocorre o maior crescimento do feto, do ambiente uterino e a produção de colostro. Peixoto *et al.*, (2006) atribuem melhor desempenho reprodutivo, com diminuição do intervalo entre o parto e o primeiro cio e aumento da taxa de gestação em vacas com suplementação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sobre a programação fetal em bovinos de corte é fundamental para tornar o sistema de produção mais eficiente. Fornecer dietas balanceadas as matrizes é um manejo que melhora desempenho da prole, tanto de machos como das fêmeas. Nos machos observa-se maior peso ao nascimento, ao desmame, e produção de carcaças de boa qualidade. Já nas fêmeas, os principais impactos são reprodutivos, como maior taxa de prenhez e tendem a ser mais precoces à puberdade.

## REFERÊNCIAS

- ABIEC. Beef Report. **Perfil da Pecuária Brasileira**. Outubro de 2023.
- BARBOSA, J. G. F. e GUÉRIOS, E. M. A. Impacto da nutrição de matrizes no pré-natal no desempenho de sua prole. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária**, v.8, n.1, p.283-291, 2025.
- BARKER, D. J. *et al.* Fetal origins of adult disease: Strength of effects and biological basis. **International Journal of Epidemiology**, v.31, n.6, p.1235–1239, 2002.
- BARKER, D. J. P. The developmental origins of well-being. **Philosophical Transactions of The Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, v.39, n.359, p.1359-1366, 2004.
- BERCHIELLI, T. T. *et al.* **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. v.2, 58p.
- DU, M. *et al.* Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**, v.88, n.13, p.51-60, 2010.
- DUARTE, M. S. *et al.* Efeitos da prenhez e do nível de alimentação sobre as características de carcaça e qualidade da carne de vacas Nelore. **Meat Science**, v.94, p. 139–144, 2013.
- FERNANDES, A. F. A. *et al.* Associação de escores de condição corporal de vacas com características reprodutivas e de desempenho de seus bezerros. Anais. . . IX **Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, 20 a 22 de junho de 2012.
- FUCK, E. J. *et al.* Fatores nutricionais na reprodução das vacas leiteiras I – Energia e Proteína. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.24, n.3, p.147- 161, 2000.
- FUNSTON, R. N. *et al.* Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. **Journal of Animal Science**, v.88, n.13, p.205-215, 2010.
- GUIMARÃES FILHO, C. Sistema de produção de carne caprina e ovina no semi-árido nordestino. Anais... **Simpósio internacional de ovinos e caprinos de corte**, 2000.

KLEIN, J. L. **Efeitos dos níveis nutricionais no terço final de gestação de vacas de corte sobre as medidas corporais da prole**. Dissertação mestrado Programa de pós-graduação em Zootecnia Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2019.

KLEIN, J. L. *et al.* Efeitos da nutrição materna na gestação sobre a qualidade da progênie – uma revisão. **Research, Society and Development**, v.10, n.2, p.1-10, 2021.

MALAFAIA, P. *et al.* Suplementação protéico-energética para bovinos criados em pastagens: Aspectos teóricos e principais resultados publicados no Brasil. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.12, 2003.

MARTIN, J.L. *et al.* Effects of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. **Journal of Animal Science**, v. 85, n.3, p.841-847, 2007.

MENDES, L. C. M. **O efeito da nutrição materna sobre o desenvolvimento fetal e o seu impacto na constituição da carcaça bovina**. Trabalho de Conclusão de Curso em Zootecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2016.

MEDEIROS, S. R. de. *et al.* **Nutrição de bovinos de corte**. 1 ed., Vol. 1. 2015.

MORAES, F. P. de. *et al.* Efeito do estrógeno no ambiente uterino de fêmeas bovinas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.43, n.1, p.8-12, 2019.

MOREIRA, E. M. *et al.* Programação fetal e efeito da suplementação pré-parto sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da progênie. **PubVet**, v.13, n.4, p.1–7, 2019.

PEIXOTO, L. A. de O. *et al.* Perfil metabólico protéico e taxas de concepção de vacas de corte mantidas em pastagem natural ou suplementadas com farelo de trigo com ou sem uréia. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1873-1877, 2006.

SANTOS, A. da S. **Nutrição gestacional de vacas de corte e seus efeitos no desenvolvimento da progênie**. Trabalho de Conclusão de Curso em Zootecnia - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, GO. 2022.

TONELLO *et al.* Suplementação e desempenho de bovinos de corte em pastagens: tipo de forragem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.33, n.2, p.199-205, 2011.

TSUNEDA, P. P. *et al.* Efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento e performance reprodutiva da prole de ruminantes. **Investigação**, v.16, p.56-61. 2017.

VALADARES FILHO, S. DE C. *et al.* **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados**. 3º edição. 2016.

YAN, X. *et al.* Developmental Programming of Fetal Skeletal Muscle and Adipose Tissue Development. **Journal Genomics**, v. 8, n.1, p.29-38, 2013.

ZAGO, D. **Nutrição de vacas de corte prenhes e seus efeitos sobre o desempenho pré e pós-natal de suas progênies – uma metanálise**. (TESE) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. 2017.

## **EFEITOS DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS FUNCIONAIS SOBRE A PRODUÇÃO, QUALIDADE DOS OVOS, SAÚDE INTESTINAL E A IMUNIDADE DE GALINHAS POEDEIRAS**

**Paula Gabriela da Silva Pires**

Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Concórdia

**Vanessa Peripolli**

Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Araquari

**Bruno Ferreira Machado**

Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Araquari

**Fabiana Moreira**

Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Araquari

**Aimée Caroline Friesen Pereira**

Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Araquari

**Gabriel da Silva Oliveira**

Universidade Federal de Brasília (UNB)

**Vinícius Machado dos Santos**

Instituto Federal de Brasília (IFB), Campus Planaltina

**Betina Raquel Cunha dos Santos**

Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Araquari

# RESUMO

A nutrição tem se tornado uma ferramenta estratégica na produção de galinhas poedeiras, impulsionada pela crescente demanda por alimentos funcionais, sustentáveis e com valor agregado. Estratégias alimentares que visam otimizar o desempenho produtivo, a saúde intestinal, a imunidade das aves e a qualidade dos ovos vêm sendo amplamente exploradas. Entre os recursos nutricionais avaliados, destacam-se os ácidos graxos poli-insaturados, antioxidantes naturais, compostos imunomoduladores, ácidos orgânicos e pigmentos naturais ou sintéticos. Este capítulo revisa evidências científicas recentes sobre o uso desses ingredientes na alimentação de poedeiras, com foco em seus efeitos sobre desempenho, qualidade interna e externa dos ovos, saúde intestinal e resposta imune. Os dados apontam que ingredientes funcionais podem melhorar a produtividade, elevar a qualidade dos ovos e reduzir doenças intestinais, favorecendo um ambiente intestinal mais saudável. Ácidos orgânicos, por exemplo, mostraram-se eficazes como alternativas aos antibióticos promotores de crescimento, enquanto pigmentos naturais como os extraídos da calêndula oferecem soluções sustentáveis aos corantes sintéticos. No entanto, a adoção dessas estratégias enfrenta desafios práticos, como o custo elevado, a variabilidade na composição de compostos naturais e a adequação aos sistemas alternativos de produção, como o orgânico. A nutrição funcional é promissora para aprimorar a produção de ovos e responder às exigências do mercado, desde que acompanhada de análise econômica, adaptação ao sistema produtivo e suporte técnico especializado.

**Palavras-chave:** avicultura sustentável; bioativos naturais; pufas; saúde aviária.

## INTRODUÇÃO

A produção avícola moderna tem buscado constantemente alternativas nutricionais que aliem desempenho produtivo, qualidade dos produtos e bem-estar animal, refletindo tanto as exigências de mercado quanto os avanços científicos na área de nutrição. Em especial, a alimentação de galinhas poedeiras tem se tornado um campo estratégico para atender à crescente demanda por alimentos funcionais e seguros, ao mesmo tempo em que se buscam práticas sustentáveis e economicamente viáveis. O papel da nutrição na modulação da saúde intestinal, na resposta imune e na qualidade dos ovos tem sido amplamente reconhecido, impulsionando pesquisas focadas na inclusão de ingredientes funcionais, aditivos naturais e estratégias inovadoras de suplementação (El-Sabrou et al., 2022).

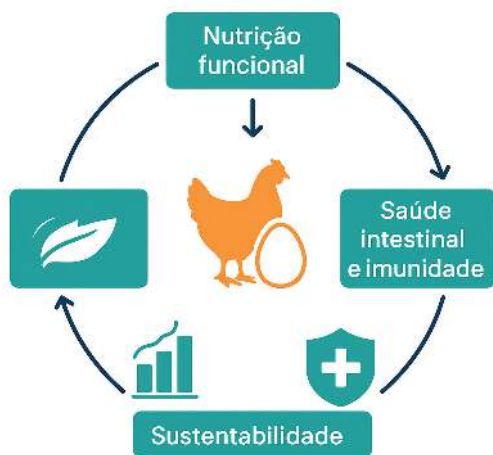
A utilização de ácidos graxos polinsaturados (PUFAs), especialmente os da família ômega-3, tem mostrado efeitos promissores na melhoria do perfil nutricional dos ovos, sem comprometer o desempenho produtivo das aves, além de contribuir para a modulação da resposta imunológica (Ahmad et al., 2019; Moran et al., 2019; Xia et al., 2003). Da mesma forma, a inclusão de antioxidantes, como vitamina E, selênio e carotenoides naturais provenientes de fontes vegetais, tem sido associada à melhora da estabilidade dos PUFAs, da imunidade e da pigmentação das gemas (Akdemir et al., 2012; Abdel-Aal et al., 2013; Sünder et al., 2022).

Adicionalmente, alimentos funcionais como ervas, especiarias e microalgas têm se destacado por seu potencial imunomodulador e antioxidante, contribuindo para a saúde intestinal e a qualidade dos ovos (Sireesha & Prasanna, 2019; Vazquez et al., 2015). Nesse contexto, os ácidos orgânicos surgem como alternativas promissoras aos antibióticos promotores de crescimento, promovendo a integridade intestinal, a inibição de bactérias patogênicas e o fortalecimento da imunidade das aves (Mirza et al., 2016; Rahman et al., 2012; Lee et al., 2015; Özek et al., 2011). Tais compostos também são associados ao aumento da espessura da casca, à melhora das unidades Haugh e à eficiência alimentar (Aşkin Kiliç et al., 2024; Haq et al., 2017).

Apresenta-se, a seguir, um fluxograma ilustrativo que sintetiza os efeitos integrados de estratégias nutricionais funcionais sobre a saúde intestinal,

o desempenho produtivo e os impactos ambientais na avicultura de postura, destacando os principais mecanismos de ação e os desfechos esperados ao longo do ciclo de produção das poedeiras.

**Figura 1.** Esquema representando os efeitos integrados da nutrição funcional em galinhas poedeiras. Fonte. Elaborado pelos autores.



No que tange à pigmentação dos ovos, embora a suplementação com pigmentos naturais ou sintéticos nem sempre influencie diretamente na produtividade, seu impacto sobre a coloração da gema e a aceitação pelo consumidor é relevante. Pigmentos como a cantaxantina ou extratos de calêndula contribuem para a estabilidade oxidativa da gema e podem substituir corantes artificiais de forma eficaz (Paulino *et al.*, 2022; Chaves *et al.*, 2022). Por fim, a extensão do ciclo produtivo das poedeiras tem sido incentivada como estratégia para reduzir custos e impactos ambientais, exigindo, entretanto, ajustes nutricionais e de manejo que assegurem a manutenção da produtividade e da qualidade dos ovos por períodos prolongados (Gautron *et al.*, 2021; El-Sabrou *et al.*, 2022).

Diante dessas considerações, torna-se essencial consolidar o conhecimento científico disponível por meio de revisões de bibliográficas, de escopo, integradas, sistemáticas e meta-análises, a fim de orientar decisões técnicas fundamentadas e identificar lacunas relevantes na literatura. Esta revisão tem como objetivo analisar criticamente os efeitos da nutrição sobre os parâmetros

produtivos, qualidade dos ovos, saúde intestinal e imunidade de galinhas poedeiras, com ênfase no uso de ácidos orgânicos e pigmentos.

## **METODOLOGIA**

Foi realizada uma busca abrangente nas bases de dados Web of Science e Scopus para identificar estudos publicados em português ou inglês, com foco em nutrição funcional de galinhas poedeiras. Não foram aplicadas restrições quanto à data de publicação. Todas as fontes relevantes e confiáveis, incluindo artigos, revisões, capítulos de livros e outros materiais pertinentes, foram incorporadas a este estudo. Os termos de busca utilizados incluíram variações de “qualidade do ovo”, “produção de ovos”, “nutrição funcional” e “aditivos”. A busca mais recente foi realizada em março de 2025.

## **ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA POEDEIRAS**

Pesquisas recentes têm explorado estratégias nutricionais inovadoras para galinhas poedeiras, com o objetivo de aprimorar a saúde e a imunidade das aves, maximizar o desempenho produtivo e elevar a qualidade dos ovos. Essas abordagens visam aumentar a digestibilidade dos nutrientes e otimizar o ambiente intestinal, promovendo uma absorção mais eficiente dos elementos essenciais à produção de ovos. De acordo com El-Sabrou *et al.* (2022) entre as principais estratégias nutricionais, destacam-se:

### **Enriquecimento com ácidos graxos ômega-3 e ácidos graxos polinsaturados (PUFAs)**

Dietas enriquecidas com ácidos graxos polinsaturados (PUFAs), especialmente fontes de ômega-3 (n-3), como linhaça, óleo de peixe e algas, podem resultar em ovos mais nutritivos, sem comprometer o desempenho produtivo das aves. Esses componentes são conhecidos por benefícios para a saúde humana, como a melhora da saúde do coração e efeitos anti-inflamatórios (Ahmad *et al.*, 2019; Moran *et al.*, 2019). Os ácidos graxos polinsaturados, particularmente os n-3, também podem melhorar as funções imunológicas em galinhas poedeiras, aumentando a produção de anticorpos e a proliferação de linfócitos (Xia *et al.*, 2003).

## **Uso de antioxidantes e vitamina E**

A suplementação com antioxidantes, como vitamina E, selênio e carotenoides, tem efeitos positivos na estabilidade dos ácidos graxos poliinsaturados e na qualidade dos ovos. Além disso, a vitamina E (também conhecida como tocoferol ou alfa-tocoferol) exerce benefícios imunológicos e favorece a produção de ovos (El-Sabrou *et al.*, 2022). A adição de carotenoides naturais provenientes de fontes como calêndula, espinafre e pimenta vermelha não apenas melhora a pigmentação das gemas, mas também promove a saúde ocular e fornece propriedades antioxidantes e anticancerígenas (Akdemir *et al.*, 2012; Abdel-Aal *et al.*, 2013; Sünder *et al.*, 2022).

## **Suplementação com alimentos funcionais e imunomoduladores**

Os ovos enriquecidos com imunomoduladores, como imunoglobulina Y (IgY), representam uma inovação recente. A inclusão de suplementos herbais ricos em ômega-3 e antioxidantes, como folhas de manjeriço, cúrcuma, alho e espirulina, demonstrou eficácia na elevação dos níveis de IgY, contribuindo para a saúde das aves e a qualidade dos ovos (Sireesha & Prasanna, 2019).

## **Uso de flavonoides e aditivos vegetais**

Flavonoides, como a quercetina, desempenham papéis importantes na imunomodulação, na atividade antimicrobiana e na melhoria do desempenho produtivo. A inclusão de aditivos vegetais, como cúrcuma e tomilho, na dieta das aves melhora não apenas a produção e a qualidade dos ovos, mas também a função imunológica (Vazquez *et al.*, 2015).

## **Microalgas e fitobióticos como fontes de ácidos graxos essenciais**

A suplementação com microalgas e óleos vegetais, como os de linhaça e abóbora, contribui para a melhoria do perfil lipídico dos ovos, fornecendo nutrientes, como ácidos graxos ômega-3, e reduzindo compostos prejudiciais, como o colesterol. Essas estratégias nutricionais demonstram o potencial da alimentação funcional e da utilização de compostos bioativos para transformar a produção avícola, atendendo às demandas do consumidor por alimentos mais saudáveis e nutritivos, ao mesmo tempo em que preservam o desempenho produtivo das aves.

Os ácidos orgânicos destacam-se como alternativas potenciais aos promotores de crescimento à base de antibióticos na produção avícola. Sua ação no ambiente intestinal inclui a inibição do crescimento de bactérias patogênicas, a promoção da absorção de nutrientes e o fortalecimento da imunidade, tanto específica quanto inespecífica (Mirza *et al.*, 2016). Estudos indicam que a suplementação com esses compostos está associada ao aumento da produção de ovos, à melhoria da espessura e resistência da casca (Rahman *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2015; Aşkin Kiliç *et al.*, 2024) e ao incremento das unidades Haugh, indicador da qualidade interna dos ovos (Lee *et al.*, 2015; Aşkin Kiliç *et al.*, 2024).

Adicionalmente, os ácidos orgânicos contribuem para a melhoria da eficiência na conversão alimentar (Rahman *et al.*, 2012) e promovem a saúde intestinal, evidenciada pelo aumento de *Lactobacillus* e pela redução de *Escherichia coli* no conteúdo fecal (Lee *et al.*, 2015). No âmbito imunológico, destacam-se pela intensificação das respostas de anticorpos contra o vírus da doença de Newcastle e o vírus da bursite infecciosa (Özek *et al.*, 2011).

Os benefícios dos ácidos orgânicos decorrem de sua capacidade de reduzir o pH intestinal, criando um ambiente favorável ao crescimento de microrganismos benéficos e à supressão de patógenos. Apesar das variações nos resultados relacionadas à concentração dos ácidos e às espécies bacterianas envolvidas, a inclusão de ácidos orgânicos na dieta das aves geralmente promove melhor digestibilidade dos nutrientes, desempenho produtivo e imunidade (Haq *et al.*, 2017).

A suplementação com pigmentos, embora geralmente não tenha impacto significativo na produtividade ou na qualidade geral dos ovos (Paulino *et al.*, 2022), contribui de forma expressiva para a coloração da gema. Estudos indicam que pigmentos naturais, como os extraídos de flores de calêndula, e pigmentos sintéticos, como a cantaxantina, não apenas intensificam a pigmentação da gema, mas também melhoram sua estabilidade oxidativa. Além disso, extratos de flores de calêndula têm demonstrado potencial para substituir pigmentos sintéticos em dietas formuladas à base de sorgo, oferecendo uma alternativa sustentável e eficaz (Chaves *et al.*, 2022). Esses resultados sugerem que pigmentos naturais podem ser alternativas viáveis aos sintéticos, reduzindo os custos de alimentação e preservando a aceitação dos consumidores por produtos mais naturais.

No Quadro 1, apresenta-se um resumo com os compostos utilizados, seus objetivos e os resultados observados segundo a literatura consultada,

com o intuito de facilitar a visualização das principais estratégias nutricionais abordadas e seus respectivos efeitos sobre galinhas poedeiras,

**Quadro 1.** Estratégias nutricionais aplicadas à alimentação de galinhas poedeiras e seus principais efeitos sobre produção, qualidade dos ovos, saúde intestinal e imunidade.

| Estratégia Nutricional                  | Principais Objetivos                                   | Compostos Utilizados                                                       | Efeitos Observados                                                                                                                                            | Referências                                                                    |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs)  | Melhorar qualidade nutricional dos ovos e imunidade    | Linhaça, óleo de peixe, algas (ômega-3)                                    | Ovos mais nutritivos, aumento da produção de anticorpos, melhora da saúde cardiovascular e efeitos anti-inflamatórios                                         | Ahmad et al. (2019); Moran et al. (2019); Xia et al. (2003)                    |
| Antioxidantes                           | Estabilizar PUFAs e melhorar imunidade                 | Vitamina E, selênio, carotenoides (calêndula, espinafre, pimenta vermelha) | Melhora na estabilidade dos ovos, maior pigmentação da gema, efeitos antioxidantes e anticancerígenos                                                         | Akdemir et al. (2012); Abdel-Aal et al. (2013); El-Sabrou et al. (2022)        |
| Alimentos funcionais e imunomoduladores | Elevar níveis de IgY e reforçar a imunidade            | Manjeriçao, cúrcuma, alho, espirulina                                      | Aumento da imunoglobulina Y (IgY), reforço da imunidade e melhora da qualidade dos ovos                                                                       | Sireesha & Prasanna (2019)                                                     |
| Flavonoides e aditivos vegetais         | Imunomodulação e desempenho produtivo                  | Quercetina, cúrcuma, tomilho                                               | Atividade antimicrobiana, melhora na função imunológica, aumento da produção e da qualidade dos ovos                                                          | Vazquez et al. (2015)                                                          |
| Microalgas e fitobióticos               | Fornecer ácidos graxos essenciais e reduzir colesterol | Óleos vegetais (linhaça, abóbora), microalgas                              | Melhoria do perfil lipídico dos ovos, redução de compostos prejudiciais como o colesterol                                                                     | El-Sabrou et al. (2022)                                                        |
| Ácidos orgânicos                        | Melhorar saúde intestinal e substituir antibióticos    | Ácido fórmico, ácido acético, ácido butírico                               | Redução do pH intestinal, aumento de <i>Lactobacillus</i> , diminuição de <i>E. coli</i> , aumento na produção e qualidade dos ovos, resposta imune reforçada | Rahman et al. (2012); Lee et al. (2015); Haq et al. (2017); Özek et al. (2011) |
| Pigmentos naturais e sintéticos         | Intensificar coloração da gema                         | Cantaxantina, extrato de calêndula                                         | Aumento da pigmentação da gema, estabilidade oxidativa, possível substituição de pigmentos sintéticos por naturais                                            | Paulino et al. (2022); Chaves et al. (2022)                                    |

**Legenda:** PUFAs = Ácidos graxos poli-insaturados; IgY = Imunoglobulina Y; *E. coli* = *Escherichia coli*.

## IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS E DESAFIOS PRÁTICOS DE IMPLEMENTAÇÃO

A adoção de estratégias nutricionais inovadoras na produção de galinhas poedeiras visa não apenas otimizar o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, mas também promover a sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas de produção. No entanto, a implementação dessas estratégias implica desafios práticos que precisam ser considerados, especialmente em relação ao custo dos ingredientes, à disponibilidade regional de insumos e à adequação a diferentes sistemas de criação, como a produção orgânica.

Ingredientes funcionais como óleos ricos em ácidos graxos ômega-3, antioxidantes naturais, extratos vegetais e microalgas apresentam custo superior aos componentes convencionais da dieta, o que pode limitar sua adoção em larga escala, principalmente em sistemas de produção de baixo investimento (Ahmad *et al.*, 2019; Sireesha & Prasanna, 2019). Ainda que os ganhos em saúde e qualidade dos ovos compensem esse investimento ao longo do tempo, os efeitos econômicos variam de acordo com as condições locais, a escala de produção e a capacidade de repasse do valor agregado ao consumidor final.

A viabilidade em sistemas alternativos, como a produção orgânica ou de base agroecológica, representa outro ponto crítico. Nesses sistemas, o uso de aditivos sintéticos é restrito ou proibido, o que exige fontes naturais comprovadamente eficazes e aprovadas por certificadoras. Embora compostos como extratos de ervas, pigmentos vegetais e ácidos orgânicos possam ser utilizados, sua eficiência e padronização nem sempre são compatíveis com as exigências técnicas da produção em larga escala (Chaves *et al.*, 2022). Além disso, o custo de aquisição desses insumos, somado à menor disponibilidade comercial, impõe limitações à sua adoção por pequenos e médios produtores.

Outro desafio está relacionado à variabilidade na composição e na bio-disponibilidade dos compostos bioativos presentes em ingredientes naturais, o que pode comprometer a reprodutibilidade dos efeitos desejados. Fatores como colheita, processamento e armazenamento afetam a concentração de princípios ativos, tornando essencial a padronização dos produtos utilizados (El-Sabrou *et al.*, 2022). A necessidade de capacitação técnica e de suporte nutricional especializado também constitui um entrave em muitas regiões, especialmente onde o acesso à assistência técnica é limitado.

Apesar dessas dificuldades, os benefícios produtivos e sanitários associados a essas estratégias têm impulsionado seu uso, especialmente em sistemas que valorizam o bem-estar animal, a qualidade do alimento final e a sustentabilidade. Portanto, o sucesso da implementação depende da análise custo-benefício individualizada, da integração com boas práticas de manejo e da consolidação de políticas públicas e incentivos que favoreçam a adoção de tecnologias nutricionais mais sustentáveis.

A complexidade envolvida na implementação de estratégias nutricionais funcionais varia conforme o sistema de produção adotado. Enquanto o modelo convencional dispõe de maior acesso a insumos e tecnologias, os sistemas orgânico e agroecológico enfrentam desafios específicos relacionados à disponibilidade, regulamentação e custo dos ingredientes naturais. A seguir, no Quadro 2, são apresentados os principais desafios e soluções associados à adoção dessas estratégias nutricionais em diferentes contextos produtivos, com destaque para os sistemas convencional, orgânico e agroecológico.

**Quadro 2.** Desafios e soluções para a aplicação de estratégias nutricionais funcionais.

| Aspecto                        | Sistema Convencional                                                                                              | Sistema Orgânico                                                                                                  | Sistema Agroecológico                                                                                                  |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Custo dos insumos              | Desafio: custo elevado dos ingredientes funcionais. Solução: uso racional e otimização via produtividade.         | Desafio: ingredientes certificados são mais caros. Solução: aproveitamento de resíduos e produção local.          | Desafio: recursos limitados para insumos comerciais. Solução: uso de plantas da propriedade e circularidade.           |
| Acesso a ingredientes naturais | Desafio: dependência do mercado. Solução: parcerias com fornecedores confiáveis.                                  | Desafio: limitação a insumos permitidos por certificadoras. Solução: catálogo técnico e fornecedores autorizados. | Desafio: variabilidade e conservação dos ingredientes. Solução: manejo e secagem de plantas locais.                    |
| Eficiência zootécnica          | Desafio: garantir desempenho sem aditivos convencionais. Solução: formulação baseada em evidência científica.     | Desafio: desempenho pode ser inferior. Solução: suporte técnico e ensaios com insumos naturais.                   | Desafio: dietas naturais podem limitar produtividade. Solução: integração entre nutrição, manejo e agrobiodiversidade. |
| Conhecimento técnico           | Desafio: necessidade de adaptação a novas formulações. Solução: capacitação técnica continuada.                   | Desafio: carência de especialistas em sistemas orgânicos. Solução: formação específica e assessoria técnica.      | Desafio: ausência de assistência técnica formal. Solução: troca de saberes com instituições e redes locais.            |
| Legislação e certificações     | Desafio: poucos incentivos para práticas naturais. Solução: inclusão em programas de qualidade e rastreabilidade. | Desafio: regras rígidas para certificação. Solução: acompanhamento técnico por certificadoras.                    | Desafio: ausência de regulamentação clara. Solução: fortalecimento de redes e cooperativas agroecológicas.             |

## **POTENCIAIS IMPACTOS NO BEM-ESTAR ANIMAL E ACEITAÇÃO DO CONSUMIDOR**

A adoção de estratégias nutricionais funcionais na alimentação de galinhas poedeiras não apenas influencia positivamente os parâmetros produtivos, de saúde intestinal e imunidade, como também pode gerar efeitos relevantes em termos de bem-estar animal e aceitação do consumidor. Ingredientes naturais, como antioxidantes de origem vegetal, ácidos graxos essenciais e aditivos imunomoduladores, contribuem para reduzir o estresse oxidativo, melhorar a integridade do trato gastrointestinal e minimizar a necessidade de intervenções medicamentosas, promovendo assim condições mais favoráveis ao conforto e à saúde das aves.

Além disso, o uso reduzido de antibióticos e a substituição por alternativas naturais, como ácidos orgânicos e extratos vegetais, atende a uma crescente preocupação social com a segurança alimentar e a resistência antimicrobiana. Tais medidas têm sido valorizadas por consumidores que buscam alimentos com atributos funcionais, livres de resíduos químicos e obtidos em sistemas que respeitem o bem-estar dos animais.

Produtos como ovos enriquecidos com ômega-3, com pigmentação mais natural e provenientes de sistemas com menor uso de aditivos sintéticos, tendem a obter maior aceitação comercial e agregar valor ao produto. Isso se reflete na disposição do consumidor em pagar mais por alimentos considerados mais saudáveis e éticos, o que reforça a importância de alinhar a nutrição com práticas sustentáveis e socialmente responsáveis.

Nesse contexto, estratégias nutricionais bem planejadas desempenham um papel estratégico na construção de sistemas produtivos que associam eficiência zootécnica, responsabilidade socioambiental e diferenciação mercadológica. Esse tripé representa um caminho promissor para a valorização da produção de ovos e para o fortalecimento da imagem da avicultura frente a um público consumidor cada vez mais consciente e exigente.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A nutrição de galinhas poedeiras desempenha um papel central na busca por sistemas de produção mais eficientes, sustentáveis e alinhados com

as exigências do consumidor moderno. Estratégias que envolvem a inclusão de ácidos graxos poli-insaturados, antioxidantes, compostos imunomoduladores e pigmentos naturais não apenas promovem melhorias na qualidade dos ovos e na saúde das aves, mas também oferecem alternativas ao uso de antibióticos promotores de crescimento, contribuindo para uma produção mais responsável e segura.

Os ácidos orgânicos destacam-se como ferramentas promissoras na promoção da saúde intestinal e no fortalecimento da resposta imune, enquanto os pigmentos naturais surgem como alternativas sustentáveis e economicamente viáveis frente aos corantes sintéticos, com impacto positivo na aceitação do consumidor.

Com isso, reforça-se a importância da nutrição como ferramenta estratégica na evolução da produção avícola, promovendo não apenas ganhos produtivos, mas também benefícios à saúde animal e à qualidade final dos alimentos ofertados à população.

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-AAL, E. S.; AKHTAR, H.; ZAHEER, K.; ALI, R. Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. **Nutrients**, v. 5, n. 4, p. 1169–1185, 2013.
- AHMAD, S.; TAHIR, M. N.; YOUSAF, M. *et al.* Effects of supplementing various linoleic to  $\alpha$ -linolenic acid ratios and vitamin A on production performance and egg characteristics of laying hens during summer months. **Journal of Zoological Research**, v. 1, p. 1–9, 2019.
- AKDEMIR, F.; ORHAN, C.; SAHIN, N.; SAHIN, K.; HAYIRLI, A. Tomato powder in laying hen diets: effects on concentrations of yolk carotenoids and lipid peroxidation. **British Poultry Science**, v. 53, n. 5, p. 675–680, 2012.
- AŞKIN KILINÇ, A.; DOĞU, M.; TERZI, F.; KILINÇ, B. Investigation of the effect of organic acid addition to white layer Akbay line chickens' water on villi and some egg quality parameters. **Research and Practice in Veterinary and Animal Science (REPVAS)**, v. 1, n. 2, p. 86-94, 2024. DOI: <https://doi.org/10.69990/repvas.20241.2.4>
- CHAVES, C. A. R.; MIRANDA, D. A.; GERALDO, A.; MACHADO, L. C.; VALENTIM, J. K.; GARCIA, R. G. Natural and synthetic pigments in sorghum-based diets for laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 44, n. 1, e53060, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v44i1.53060>
- El-Sabrou, Karim, Aggag, Sarah, Mishra, Birendra, Advanced Practical Strategies to Enhance Table Egg Production, **Scientifica**, 2022, 1393392, 17 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1393392>

GAUTRON, J.; REHAULT-GODBERT, S.; VAN DE BRAAK, T. G. H.; DUNN, I. C. Review: what are the challenges facing the table egg industry in the next decades and what can be done to address them? *Animal*, v. 15, Article ID 100282, 2021.

HAQ, Z.; RASTOGI, A.; SHARMA, R. K.; KHAN, N. Advances in role of organic acids in poultry nutrition: A review. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 9, n. 4, p. 2152-2157, 2017. DOI: <https://doi.org/10.31018/jans.v9i4.1502>

LEE, S. I.; KIM, H. S.; KIM, I. Microencapsulated organic acid blend with MCFAs can be used as an alternative to antibiotics for laying hens. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 39, n. 5, Article 2, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3906/vet-1505-36>

MIRZA, M. W.; REHMAN, Z. U.; MUKHTAR, N. Use of organic acids as potential feed additives in poultry production. **Journal of World's Poultry Research**, v. 6, n. 3, p. 105-116, 2016.

MORAN, C. A.; MORLACCHINI, M.; KEEGAN, J. D.; FUSCONI, G. Increasing the Omega-3 content of hen's eggs through dietary supplementation with *Aurantiochytrium limacinum* microalgae: Effect of inclusion rate on the temporal pattern of docosahexaenoic acid enrichment, efficiency of transfer, and egg characteristics. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 2, p. 329-338, 2019.

ÖZEK, K.; WELLMANN, K. T.; ERTEKIN, B.; TARIM, B. Effects of dietary herbal essential oil mixture and organic acid preparation on laying traits, gastrointestinal tract characteristics, blood parameters and immune response of laying hens in a hot summer season. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 20, n. 4, p. 575-586, 2011. DOI: <https://doi.org/10.22358/jafs/66216/2011>

PAULINO, M. T. F.; GRIESER, D. O.; GASPARINO, E.; MAIA, K. M.; TOLEDO, J. B.; TON, A. P. S.; BUDEL, E. C.; MARCATO, S. M. Influence of pigments on the shelf life of eggs from layers hens in the final phase of production. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, e155111133484, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33484>

RAHMAN, M.; HOWLIDER, M.; MAHIUDDIN, M.; RAHMAN, M. Effect of supplementation of organic acids on laying performance, body fatness and egg quality of hens. **Bangladesh Journal of Animal Science**, v. 37, n. 2, p. 74-81, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3329/bjas.v37i2.9884>

SIREESHA, P.; PRASANNA, S. Designer eggs and poultry meat as functional foods: Na overview. **The Pharma Innovation Journal**, v. 8, n. 4, p. 829-831, 2019.

VAZQUEZ PRIETO, M. A.; BETTAIEB, A.; RODRIGUEZ LANZI, C. *et al.* Catechin and quercetin attenuate adipose inflammation in fructose-fed rats and 3T3-L1 adipocytes. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 59, n. 4, p. 622-633, 2015.

XIA, Z.; GUO, Y.; CHEN, S.; YUAN, J. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on antibody production and lymphocyte proliferation of laying hens. **Animal Bioscience**, v.16, n. 9, p. 1320-1325, 2003. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2003.1320>

## **ENVIRONMENTAL IMPACTS OF PHYTASE SUPPLEMENTATION IN PIG AND POULTRY PRODUCTION: INSIGHTS FROM A SYSTEMATIC REVIEW**

Felipe Mathias Weber Hickmann

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

Université Laval, Québec, Canada

Marie-Pierre Létourneau-Montminy

Université Laval, Québec, Canada

Ines Andretta

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

# ABSTRACT

**Objective:** This systematic review evaluated peer-reviewed studies that addressed the environmental impacts of phytase supplementation in pig and poultry production systems using life cycle assessment (LCA). **Methodology:** The inclusion criteria for selecting studies were as follows: i) original research articles published in peer-reviewed journals; ii) use of LCA methodology to evaluate environmental impacts; iii) evaluation of pig or poultry production systems; and iv) assessment of phytase supplementation strategies. From 4,929 initial records, 4 studies met the inclusion criteria (3 on pigs, 1 on both species). **Results:** The studies consistently reported reductions in phosphorus excretion (29–62%) and eutrophication potential, along with decreased reliance on non-renewable phosphate resources while maintaining animal performance. Some studies have indicated other benefits such as a reduction in greenhouse gas emissions and nitrogen excretion. However, the variability observed in the scope of the studies (e.g., functional units, system boundaries, and dietary formulations) limited cross-comparisons and underscored the need for standardized LCA methodologies. Precision feeding and advanced phytase technologies have been identified as promising avenues to further enhance sustainability. **Conclusion:** This systematic review underscores phytase as a critical component in eco-efficient animal production systems due to the reduction of some environmental impacts associated with poultry and pig production. Future studies should standardize the LCA approaches and explore the long-term effects of phytase use across different production systems.

**keywords:** life cycle assessment; phosphorus; phytate; sustainability.

## INTRODUCTION

The increasing demand for sustainable animal agriculture has driven important transformations in pig and poultry production systems. Nevertheless, growing concerns about the sustainability of these production chains have boosted the development of strategies to mitigate their environmental impacts (ANDRETTA *et al.*, 2021). From an animal nutrition perspective, one of the main challenges is the efficient management of phosphorus (P) in non-ruminant animals, an essential nutrient for growth, energy metabolism, and bone development in poultry and pigs (LAUTROU *et al.*, 2021; MACARI, LIZANA, SAKOMURA, 2024).

A substantial portion of the P present in plant-based feed ingredients exists as phytic acid, which is not bioavailable to non-ruminant animals. As a result, a significant amount of P is excreted in the manure (DERSJANT-LI *et al.*, 2015). Excessive P excretion drives water eutrophication and wastes resources (SCHOLZ *et al.*, 2013). Moreover, inorganic phosphate production relies on finite resources such as phosphate rock. The intensive extraction of these resources has significant environmental impacts, including the degradation of natural ecosystems and greenhouse gas emissions (HUMER, SCHWARZ, SCHEDULE, 2015; DANESHGAR *et al.*, 2018).

Phytase supplementation reduces inorganic phosphate use while maintaining animal performance (LAUTROU *et al.*, 2021). Phytase, an enzyme that catalyzes the breakdown of phytic acid, improves P bioavailability and enhances the digestion of other nutrients such as calcium and zinc. This ability highlights phytase as a potential sustainable feeding strategy, reducing P excretion in manure and the dependency on inorganic P sources (DERSJANT-LI *et al.*, 2015).

Poultry and pig production systems are associated with several environmental impacts: at the global (climate change, non-renewable energy use) and local levels (water eutrophication, soil acidification). Life cycle assessment (LCA) is considered to be the reference method for evaluating the environmental impacts of agricultural products. Its adoption represents a significant shift in environmental impact analysis, as it enables the examination of a given system and the environmental impacts associated with each stage of its life cycle (GUINÉE, 2002; HOSPIDO *et al.*, 2010).

Most studies addressing the use of phytase in poultry and pig feeds have focused on its effects on nutrient digestibility, animal performance, or the replacement of inorganic phosphates (DERSJANT-LI *et al.*, 2015; ZHAI, ADEOLA, LIU, 2022). Studies have often addressed the environmental impacts of phytase through P excretion only. Despite the widespread use of phytase, relatively few studies have comprehensively evaluated its environmental impacts from an LCA perspective. This systematic review addresses this gap by systematically analyzing LCA studies to quantify the role of phytase in mitigating the environmental impacts of pig and poultry production.

## METHODOLOGY

### Selection criteria

This systematic review followed structured research using online search methods. The search strategy was planned and carried out to identify as many studies as possible on the subject. Independent searches were performed for pig and poultry production systems. The research question was constructed based on the “PICO” strategy by identifying “Population” (database 1: “pig”; database 2: “poultry”), “Interest” (“phytase supplementation”), and “Context” (“life cycle assessment”). Alternative terms were listed using synonymous words in English to compose the final search. The final search terms were (\* for both singular and plural):

Database 1:

*(swine OR pig\* OR piglet\* OR sow\* OR gilt\* OR boar\*) AND (phytase OR phosphorus OR phosphate) AND (life cycle assessment OR emission OR LCA OR LCI)*

Database 2:

*(poultry OR chicken\* OR layer\* OR hen\* OR laying hen\*) AND (phytase OR phosphorus OR phosphate) AND (life cycle assessment OR emission OR LCA OR LCI)*

The search was conducted in February 2024, considering only original peer-reviewed studies published in scientific journals available in PubMed, Scopus, and Web of Science. There were no limitations on the geographic origin or year of publication. Each database was exported to the reference software (EndNote X9, Philadelphia, USA) to organize and manage references. Duplicate references were then identified and excluded from the analysis. The relevance

and quality of the studies were critically evaluated by examining their titles and abstracts, followed by a complete review of the LCA studies.

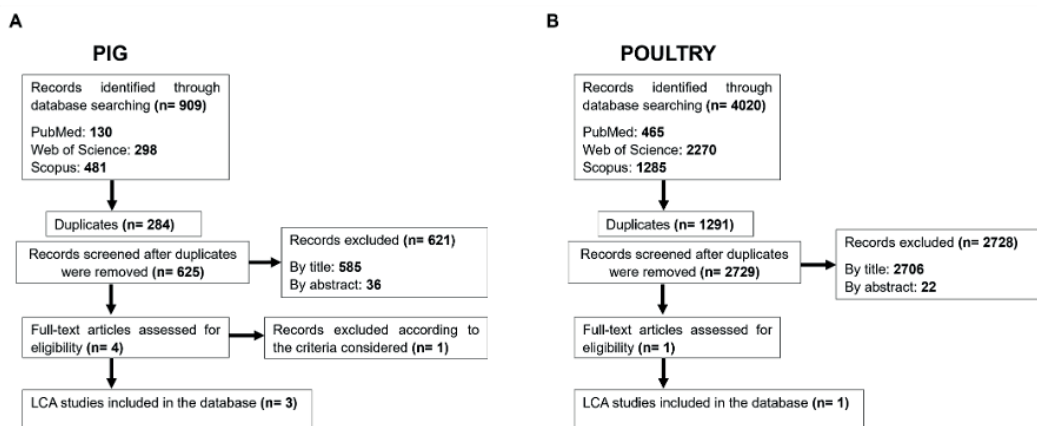
The selection criteria were as follows: (i) original research articles published in peer-reviewed journals; (ii) evaluation of pig or poultry production systems; (iii) assessment of phytase supplementation; and (iv) use of LCA methodology to evaluate environmental impacts. Studies focusing only on nutrient digestibility or performance outcomes, without environmental evaluations, were excluded. The quality of the selected studies was then evaluated to obtain their information.

## RESULTS

### Database construction

The research process used to create the pig database is illustrated in Figure 1A. Articles obtained by online searches (909 references) were critically evaluated and successive exclusions were performed. Meanwhile, the research process used to create the poultry database is shown in Figure 1B. Articles obtained by online searches (4020 references) were critically evaluated, which resulted in several exclusions. The main exclusions were performed after removing duplicates and reviewing titles.

**Figure 1.** Study selection diagram for pig (A) or poultry (B) databases.



Ultimately, only 4 studies met *all* the inclusion criteria, comprising 3 swine-focused studies (NIELSEN and WENZEL, 2007; SHURSON *et al.*, 2022;

ARAUJO *et al.*, 2023) and 1 study evaluating both pig and poultry systems (KEBREAB *et al.*, 2016). Therefore, articles from both databases were reviewed altogether for comparison purposes. Considering the entire database, 2 papers were published in the Journal of Animal Science, whereas The International Journal of Life Cycle Assessment and Animal – Open Space had 1 paper each. The production scenarios varied and were located in Denmark, the United States, Brazil, or a combination of countries. The frequency of such locations was related to the location of the main research groups rather than the major producing countries. Only 2 studies have focused solely on phytase. The other 2 also considered other feed ingredients in the LCA simulations. The final list of the 4 selected studies is presented in Table 1.

**Table 1.** Summary of the selected life cycle assessment studies evaluating the environmental impacts of phytase supplementation in pig and poultry production.

| Study                        | Species          | Country                              | Scope                                                                                    | Key outcomes                                                                                |
|------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| NIELSEN and WENZEL (2007)    | Pigs             | Denmark                              | Conventional diets with or without phytase (1 kg of phytase)                             | Reduced phosphate rock use, lower P emissions; slight increase in land use                  |
| KEBREAB <i>et al.</i> (2016) | Pigs and Poultry | Europe, North America, South America | Different specialty feed ingredients (1 t of animal live weight)                         | Significant reduction in eutrophication and acidification potential; regional variabilities |
| SHURSON <i>et al.</i> (2022) | Pigs             | United States                        | Different feeding strategies (1 market hog)                                              | Phytase most effective in reducing P excretion, while DDGS reduced GHG emissions            |
| ARAUJO <i>et al.</i> (2023)  | Pigs             | Brazil                               | Experimental data with phytase supplementation in low-P diets (1 kg of body weight gain) | Similar performance and environmental impacts comparable to control diets                   |

## DISCUSSION

### Comparing studies

Despite the general similarities in terms of theme and approach, the 4 articles presented important differences related to their specific objectives, methodologies, and results. While some studies adopt a broader, more global focus, others are more specific, exploring regional or experimental scenarios. These distinctions enrich the understanding of environmental impacts and

potential applications of phytase in different production systems. The key differences are as follows:

NIELSEN and WENZEL (2007) were the only ones to focus exclusively on the environmental impact of replacing inorganic phosphates with phytase. The authors conducted a direct comparison between systems (with or without phytase), based solely on the Danish scenario of intensive pig production. Among the main findings, they highlighted the replacement of inorganic phosphate and the reduction in emissions, with a slight increase in agricultural land use for phytase production.

On the other hand, KEBREAB *et al.* (2016) examined the environmental impact of different feed ingredients (control diets, diets with industrial amino acids, and diets with industrial amino acids and phytase), integrating data from different geographic regions (Europe, North America, and South America). The authors observed significant reductions in eutrophication and acidification impacts, particularly in South America, with benefits depending on the substitution of high-impact ingredients such as soybean meal in the simulations.

In contrast, SHURSON *et al.* (2022) evaluated different feeding strategies for pigs, including phytase, distillers dried grains with solubles (DDGS), and low-crude protein diets. The authors incorporated geographic variability to assess environmental impacts across different regions of the United States. Phytase was the most effective feeding strategy for reducing P excretion, whereas the use of DDGS resulted in the lowest greenhouse gas emissions, with notable regional variations in water and land use impacts.

More recently, ARAUJO *et al.* (2023) conducted an experimental study in Brazil, focusing on diets with reduced levels of available P and different doses of phytase. These data were used for a detailed LCA of the post-weaning phase. The results indicated that animal performance was maintained at lower P levels, with similar environmental impacts across diets. Nevertheless, they reported reductions in P excretion with an increase in phytase activity units (FTU). Furthermore, the lower N excretion observed at higher FTU levels may have been associated with an improved ileal digestibility of amino acids.

Despite these differences, the 4 articles shared several similarities, particularly regarding the application of phytase as a tool for reducing environmental impacts in animal production. These studies demonstrated that phytase

supplementation is a viable practice for mitigating environmental impacts, especially P excretion, while maintaining animal performance and promoting sustainable livestock production. The key points are as follows:

### *Reduction of Environmental Impacts*

#### 1. Eutrophication of Water Bodies

Excessive P excretion is a major contributor to eutrophication, a process characterized by uncontrolled algae growth in water bodies, which compromises aquatic biodiversity and water quality. The use of phytase in diets reduces the amount of undigested P in manure, thereby mitigating the risk of environmental contamination. In addition, improving the digestibility of other nutrients also reduces the need for dietary supplementation and associated costs.

#### 2. Reduced Dependence on Inorganic Phosphates

The inclusion of phytase significantly decreases reliance on inorganic phosphates, which are finite resources whose extraction harms the environment. As a result, this substitution preserves natural resources and reduces the ecological footprint of pig and poultry production.

#### 3. Mitigation of Greenhouse Gases

The production and transportation of inorganic phosphates are associated with greenhouse gas emissions. Additionally, the decomposition of P-rich manure can release methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O). Therefore, the use of phytase is linked to promoting more resilient and sustainable agriculture in the long term.

Nevertheless, this systematic review also highlights key limitations in current research. The scarcity of LCA studies (n=4) restricts broad conclusions, underscoring the need for more geographically diverse analyses. Methodological inconsistencies (e.g., system boundaries, functional units) complicate cross-study comparisons; thus, standardized LCA guidelines for animal nutrition are urgently needed. Moreover, critical gaps remain, such as the exclusion of phytase production impacts and long-term interactions. Future studies should

prioritize these areas while addressing practical adoption barriers (e.g., cost-benefit analyses for farmers).

### **Phytase and its environmental impacts**

Phytases offer several environmental benefits to animal production systems. Phytases help improve P utilization in animal diets by breaking down phytic acid, a major P-containing compound in plant-based feed ingredients. This enhanced P utilization allows for a reduction in the use of inorganic P supplements in animal feeds. Consequently, less unutilized P is excreted in animal waste, reducing the potential for P runoff and environmental pollution. This helps mitigate the environmental impact on water bodies, where excess P can contribute to eutrophication and harmful algal blooms. (DERSJANT-LI *et al.*, 2015; LAUTROU *et al.*, 2021; ZHAI, ADEOLA, LIU, 2022).

By increasing the bioavailability of P, phytases enable formulators to reduce the inclusion of inorganic P sources such as phosphate supplements in animal diets. This reduction in feed P content not only decreases the need for mining and production of phosphate rock (a non-renewable resource), but also lowers the overall carbon footprint associated with phosphate mining and processing given the lower feed P requirements. Moreover, phytase supplementation allows for a more efficient utilization of dietary P, which is a key component of animal metabolism and growth. When animals can access P more effectively through phytase, they can allocate energy to growth and other metabolic functions instead of expending energy to mobilize and excrete excess P. This energy efficiency translates into reduced feed requirements and lower environmental impact associated with feed production, transportation, and storage.

Phytases also contribute to improved nutrient utilization in animals, resulting in lower excretion of P and other nutrients in animal waste. This has implications for nutrient management and waste handling in livestock production. With lower P excretion, the concentration of P in manure and the subsequent environmental risks associated with P runoff and pollution are minimized. Improved nutrient management practices, such as precision feeding and appropriate manure application strategies, can be implemented to reduce the nutrient excretion facilitated by phytase supplementation. By enhancing P utilization and reducing reliance on inorganic P supplements, phytases contribute to a more

sustainable and resource-efficient animal production system. The preservation of P resources and reduction of P pollution help promote long-term environmental and agricultural sustainability.

Overall, the use of phytases in animal feeds provides significant environmental benefits by improving P utilization, reducing P pollution, conserving P resources, and promoting resource efficiency in animal production systems (GREINER and KONIETZNY, 2006, SCHOLZ *et al.*, 2013; DERSJANT-LI *et al.*, 2015; LAUTROU *et al.*, 2021). These benefits contribute to sustainable agricultural practices and help mitigate the environmental impact of animal farming.

### **How to optimize phytase use for the environment**

To optimize phytase use, several strategies can be implemented in pig and poultry programs, as suggested by SCHOLZ *et al.* (2013). Implementing precision feeding practices to match the nutrient requirements of animals more accurately. This involves formulating diets based on the specific nutrient needs of animals at different growth stages, considering factors such as body weight, genetic potential, and production goals. Precision feeding helps to avoid over-supplementation of nutrients, including P, and reduces the excretion of unused nutrients into the environment.

Develop comprehensive nutrient management plans that consider the use of phytase in conjunction with other strategies to minimize nutrient losses to the environment. This includes optimizing the timing, method, and rate of nutrient application to agricultural lands, considering factors such as soil fertility, crop uptake, and environmental regulations. Proper nutrient management reduces the risk of nutrient runoff and pollution of water bodies. Moreover, optimize the use of P sources in feed formulations by taking advantage of the improved P availability facilitated by phytase. By reducing the reliance on inorganic P supplements, such as phosphate rock, and utilizing alternative P sources, such as plant-based ingredients or P-rich byproducts, the environmental footprint associated with P mining and production can be minimized.

Foster collaboration between feed industry professionals, nutritionists, researchers, and regulatory bodies to share knowledge and best practices related to phytase use and environmental sustainability. Collaborative efforts can lead to the development of guidelines, standards, and industry initiatives that

promote responsible phytase use and support environmentally friendly livestock production systems. Embracing innovative technologies and advancements in feed manufacturing and nutrient management is also a valuable strategy. This includes incorporating advanced feed processing techniques that preserve phytase activity, exploring the use of encapsulated or protected forms of phytase that enhance stability and release in the animal's digestive tract, and adopting precision application technologies for nutrient management on agricultural lands.

By staying up to date with technological advances, opportunities for further optimization and environmental benefits can be identified. In this context, regular environmental impact assessments to evaluate the effectiveness of phytase use on reducing P pollution and other environmental indicators is essential. Assessments can include monitoring water quality, measuring nutrient runoff from agricultural lands, and evaluating the impact of phytase supplementation on reducing P excretion in animal waste. Such analyses can guide adjustments to the phytase dosage, feed formulation, or management practices as needed. By implementing these strategies, optimizing phytase use for the environment becomes an integral part of sustainable livestock production. The aim is to reduce P pollution, enhance nutrient management practices, and promote responsible nutrient supplementation in line with environmental considerations (SCHOLZ *et al.*, 2013).

### **Unanswered research questions related to phytase use in animal feeds**

Phytase has been extensively studied and utilized in animal feeds. However, several research questions and areas of investigation remain unanswered. For example, optimal dosage and application. There is ongoing research to determine the optimal phytase dosage for different animal categories, age groups, and production stages. The optimal phytase dosage varies depending on the species, the age of the animals, and the phytic acid content of the dietary ingredients. Properly formulated diets enhance the enzyme's efficiency (DERSJANT-LI *et al.*, 2015). Phytase is sensitive to high temperatures during feed processing. The use of encapsulated forms or post-processing addition methods can ensure greater stability and efficacy (SCHOLZ *et al.*, 2013). In this context, regular assessment of animal performance and nutrient analysis in manure allow for continuous dietary adjustments, optimizing phytase use, and minimizing waste.

Further research is needed to understand the interactions between phytase and other feed components, such as enzymes, minerals, and dietary fibers. Investigating the synergistic or antagonistic effects of these interactions can help optimize feed formulations and improve nutrient utilization. The effectiveness of phytase across different feed ingredients remains unclear. Phytase activity can vary depending on the composition and processing of the feed ingredients. Further research is required to determine the efficacy of phytase across a wide range of feed ingredients, including alternative and unconventional feed sources. Investigating the potential interactions between phytase and other nutrients, such as calcium, amino acids, and trace minerals, can shed light on their combined impact on nutrient utilization and animal performance. Understanding these interactions can help optimize feed formulations and enhance overall nutrient efficiency. In addition, the impact of phytase on gut microbiota is an area of growing interest. Understanding the interactions among phytase, gut microorganisms, and nutrient digestion can provide insights into the mechanisms underlying the beneficial effects of phytase and contribute to improving animal health and performance.

Although phytase offers environmental benefits by reducing P pollution, further research is needed to quantify its overall environmental impact and sustainability. Assessing the life cycle impacts, including energy use, greenhouse gas emissions, and water usage associated with phytase production, formulation, and application can provide a more comprehensive understanding of its environmental footprint. Future studies should standardize the LCA approaches and explore the long-term effects of phytase use across different production systems. These investigations are essential for the development of more efficient and sustainable diets. By addressing these unanswered research questions, researchers can further enhance our understanding of phytase utilization in animal feeds, optimize its efficacy, and contribute to the development of sustainable and efficient animal production systems.

## CONCLUSION

The use of phytase in pig and poultry feeds is an important nutritional strategy toward more sustainable animal production systems. By enhancing phosphorus utilization and reducing its excretion into the environment, phytase not only mitigates environmental impacts, but also contributes to the conservation of natural resources. However, careful implementation is crucial for maximizing environmental benefits. Further research using standardized life cycle assessment methodologies is essential to quantify and optimize these contributions more precisely.

## REFERENCES

- ANDRETTA, I. *et al.* 2021. Environmental impacts of pig and poultry production: insights from a systematic review. **Frontiers in Veterinary Science** 8:750733. doi: 10.3389/fvets.2021.750733
- ARAUJO, G. A. *et al.* 2023. Growing pigs' diets with increased phytase activity and reduced available phosphorus resulted in similar performance and environmental impacts. **animal – open space**. 100053. doi: 10.1016/j.anopes.2023.100053
- DANESHGAR, S. *et al.* 2018. The Potential Phosphorus Crisis: Resource Conservation and Possible Escape Technologies: A Review. **Resources** 7:37. <https://doi.org/10.3390/resources7020037>
- DERSJANT-LI, Y. *et al.* 2015. Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 30:95(5):878-96. doi: 10.1002/jsfa.6998
- GREINER, R. and KNONIETZNY, U. 2006. Phytase for Food Application, Food Technol. **Biotechnology**. 44 (2) 125–140.
- GUINÉE, J. B. 2002. Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands.
- HOSPIDO, A. *et al.* 2010. A review of methodological issues affecting LCA of novel food products. **The International Journal of Life Cycle Assessment** 15(1):44-52. doi: 10.1007/s11367-009-0130-4
- HUMER, E., SCHWARZ, C., SCHEDLE, K. 2015. Phytate in pig and poultry nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 99(4):605-25. doi: 10.1111/jpn.12258.
- KEBREAB, E. *et al.* 2016. Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production: A life cycle assessment. **Journal of Animal Science**. 94(6):2664-2681. doi: 10.2527/jas.2015-9036
- LAUTROU, M. *et al.* 2021. Dietary Phosphorus and Calcium Utilization in Growing Pigs: Requirements and Improvements. **Frontiers in Veterinary Science**. 8:734365. doi: 10.3389/fvets.2021.734365

- MACARI, M., LIZANA, R. R., SAKOMOURA, N. K. 2024. Crescimento do Frango de Corte. FUNEP, Jaboticabal.
- NIELSEN, P. H., WENZEL, H. 2007 Environmental assessment of Ronozyme® P5000 CT phytase as an alternative to inorganic phosphate supplementation to pig feed used in intensive pig production. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. 12:514–520 doi:10.1065/lca2006.08.265.2
- SCHOLZ, R. W. *et al.* 2013. Sustainable use of phosphorus: A finite resource. **Science of The Total Environment**. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.043
- SHURSON, G. C. *et al.* 2022. Environmental impacts of eco-nutrition swine feeding programs in spatially explicit geographic regions of the United States. **Journal of Animal Science**. doi: 10.1093/jas/skac356.
- ZHAI, H., ADEOLA, O., LIU, J. 2022. Phosphorus nutrition of growing pigs. **Animal Nutrition**, 9, 127-137. doi: 10.1016/j.aninu.2022.01.010

## **ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR OS EFEITOS DA SAZONALIDADE FORRAGEIRA: SILAGENS, RAÇÕES TOTALMENTE MISTURADAS E COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS**

**Betina Raquel Cunha dos Santos**

Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari

**Vanessa Peripolli**

Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari

**Paula Gabriela da Silva Pires**

Instituto Federal Catarinense, Campus Concórdia

**Elizabeth Schwegler**

Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari

**Fabiana Moreira**

Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari

**Bruno Alexandre Dombroski Casas**

Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari

**Bruno José Dani Rinaldi**

Instituto Federal Catarinense, Campus Videira

**Andressa Fernanda Campos**

Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari

# RESUMO

A sazonalidade na produção de forragem compromete a regularidade do fornecimento de nutrientes em sistemas de produção animal baseados em pastagens, especialmente em regiões tropicais e subtropicais do Brasil, afetando negativamente o desempenho dos rebanhos. Diante dessa limitação, o presente texto tem como objetivo discutir diferentes estratégias nutricionais que permitam contornar os efeitos da estacionalidade forrageira, com ênfase na conservação de forragens anuais e perenes por meio da ensilagem, no uso de rações totalmente misturadas (TMR) e na incorporação de coprodutos agroindustriais às dietas de ruminantes. A abordagem metodológica consistiu em uma revisão de literatura técnico-científica nacional e internacional sobre as práticas de conservação de volumosos, os ingredientes utilizados nas TMR e o aproveitamento de resíduos agroindustriais na alimentação animal. Os resultados discutidos na literatura indicam que a utilização de silagens, principalmente aquelas enriquecidas com ingredientes energéticos ou coprodutos regionais, contribui para o incremento da eficiência produtiva, a redução dos custos com alimentação e a mitigação de impactos ambientais. Além disso, a adoção da TMR permite o fornecimento balanceado de nutrientes, favorecendo a fermentação ruminal e a digestibilidade dos alimentos. Conclui-se que o uso estratégico da silagem e a valorização de resíduos agroindustriais são ferramentas viáveis e sustentáveis para a formulação de dietas mais eficientes, especialmente em períodos de escassez de forragem, garantindo maior estabilidade nos sistemas produtivos de ruminantes.

**Palavras-chave:** alimentação de ruminantes; ensilagem; eficiência produtiva; sustentabilidade na produção animal.

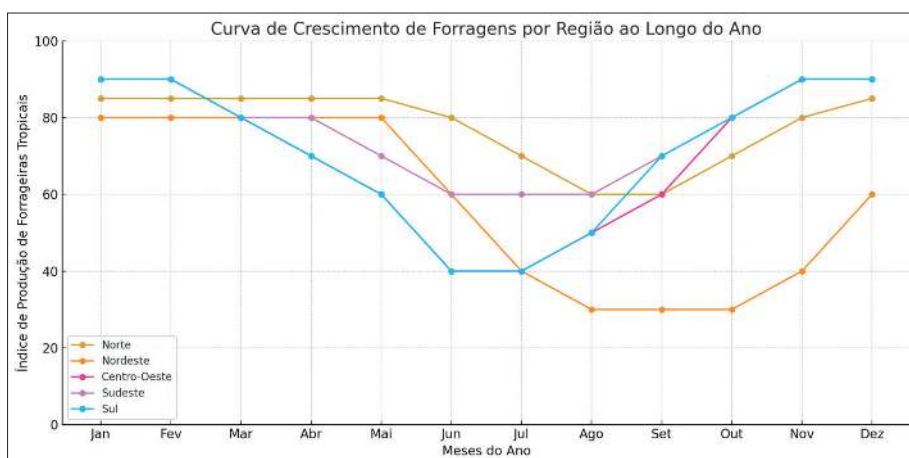
## INTRODUÇÃO

A produção animal baseada em pastagens enfrenta entraves significativos para manter a eficiência produtiva dos rebanhos em função da sazonalidade na distribuição da produção forrageira ao longo do ano (Silva *et al.*, 2020).

No Brasil, a diversidade de condições edafoclimáticas impõe desafios distintos às regiões fisiográficas. No Nordeste, a escassez hídrica e a irregularidade das chuvas no semiárido comprometem a oferta de forragem durante a maior parte do ano. No Sul, as baixas temperaturas e a ocorrência de geadas paralisam o crescimento das forrageiras tropicais no inverno, provocando escassez de volumosos e impactando negativamente a produção animal. No Centro-Oeste, a forte alternância entre períodos de estiagem e chuvas abundantes afeta a regularidade da oferta de pastagens. No Norte, embora haja alta pluviosidade, a baixa fertilidade dos solos limita a produtividade forrageira, enquanto no Sudeste, apesar do clima mais equilibrado, episódios de estiagem e a degradação das pastagens também representam obstáculos importantes.

Essas variações sazonais influenciam diretamente a disponibilidade de pastagens nas diferentes regiões do país, como demonstrado na Figura 1, que apresenta a curva de crescimento de forragens tropicais ao longo do ano para cada região brasileira.

**Figura 1.** Índice de produção de forrageiras tropicais por região do Brasil ao longo do ano.



A sazonalidade climática que ocorre no Brasil acarreta em redução da produção de forragem e consequente diminuição da produção animal, fato este que pode ser minimizado pelo armazenamento de forragem na forma de silagem (Bezerra *et al.*, 2015). Assim, onde e quando não existe a possibilidade de fluxo de produção contínua ao longo do ano, o uso de sistemas de alimentação combinando pastagens e suplementos alimentares adicionais são requeridos, para viabilizar o ajuste nutricional necessário dos ruminantes.

A produção de pastagem de qualidade durante todo período do ano está cada vez mais difícil, tendo em vista que boa parte das forrageiras tem sua produção anual no período primavera-estival. Uma alternativa para diminuir esse problema e garantir uma boa alimentação no momento da seca é oferecer silagem que garanta o fornecimento de nutrientes necessários para um bom desenvolvimento produtivo (Lucatto Junior; Mello, 2008).

Nesse cenário, torna-se fundamental desenvolver estratégias nutricionais que garantam a manutenção do desempenho animal ao longo de todo o ano, especialmente em sistemas de produção sujeitos a variações climáticas acentuadas. A crescente demanda por alimentos de origem animal, aliada à necessidade de redução dos custos de produção e de mitigação dos impactos ambientais, reforça a importância da utilização de métodos de conservação de volumosos e da incorporação de coprodutos agroindustriais na alimentação animal. Além disso, a adoção de práticas nutricionais mais eficientes é essencial para promover a sustentabilidade, com foco também na gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos no Brasil para a redução dos impactos ambientais gerados (Brasil, 2010), além da competitividade da pecuária brasileira.

Diante do exposto, esta revisão tem como objetivo discutir alternativas nutricionais para ruminantes em períodos de escassez forrageira, com foco no uso de silagens, rações totalmente misturadas (TMR) e coprodutos agroindustriais, visando à melhoria da eficiência produtiva e à sustentabilidade dos sistemas de produção animal.

## **METODOLOGIA**

Este capítulo é uma revisão de literatura de caráter integrativo, com foco na identificação, seleção e análise crítica de publicações científicas nacionais e

internacionais relacionadas à formulação e ao uso da ração total (Total Mixed Ration – TMR) na alimentação de ruminantes.

As buscas foram realizadas nas principais bases de dados científicas, incluindo Scopus, Web of Science, PubMed, SciELO e Google Scholar, sem delimitação temporal restrita. Foram considerados estudos que abordassem aspectos relacionados à composição da TMR, às proporções entre volumosos e concentrados, aos efeitos sobre o consumo e o desempenho dos animais, bem como estratégias para melhorar a homogeneidade da mistura e evitar a seleção de ingredientes.

A seleção priorizou artigos originais e publicações técnico-científicas que apresentassem dados aplicáveis à formulação de dietas práticas para ruminantes, com ênfase na eficiência alimentar, na saúde ruminal e na viabilidade operacional do uso da TMR em diferentes sistemas produtivos.

## **ENSILAGEM COMO ESTRATÉGIA PARA ENFRENTAR A ESCASSEZ**

O uso de métodos de conservação de forragens para serem utilizadas em períodos estratégicos de escassez de alimentos e/ou para a alimentação de animais em confinamento são uma alternativa viável e eficiente. Segundo Neumann *et al.* (2017) essa alternativa é extremamente importante nos sistemas pecuários tanto para a produção de leite quanto de carne. Dentre esses métodos, o processo de ensilagem apresenta papel de destaque, principalmente por preservar a forragem úmida e com elevado valor nutritivo.

O uso de silagem como estratégia alimentar para o período de vazio forrageiro é feito no mundo inteiro, mas o sucesso do uso de silagem nos diferentes sistemas de produção está diretamente relacionado à decisão de escolha da cultura e das práticas que envolvem o processo da ensilagem. Além dos fatores inerentes a planta no momento do corte, sendo a principal delas o teor de MS (entre 30 e 35%), o manejo correto no silo cuidando com a compactação do material ensilado e pouca variação de temperatura entre as camadas do silo também são necessários (Santana *et al.*, 2020).

A ensilagem de plantas forrageiras baseia-se na fermentação láctica espontânea que ocorre no interior do silo, ambiente caracterizado pela ausência de oxigênio, onde atuam bactérias lácticas homofermentativas e heterofermentativas,

que promovem a redução do pH para valores próximos de 4,0 (Woolford, 1998). Para que ocorra uma acidificação eficiente da massa ensilada, é desejável que predomine a fermentação homolática, especialmente quando a ensilagem envolve culturas com alta concentração de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e teor de umidade adequado (McDonald *et al.*, 1991; Ferrareto *et al.*, 2018). Uma variedade de culturas forrageiras pode ser utilizada como matéria prima para a produção de silagem (Neumann *et al.*, 2017). Dentre essas, pode-se citar o milho como a principal forrageira utilizada para essa produção devido as suas características positivas de ensilabilidade, além de grande produção de massa verde por hectare e densidade energética (Paziani *et al.*, 2009). Outras vantagens desse cereal são o baixo custo operacional de produção, mecanizado, e uma boa aceitabilidade por parte dos animais.

Apesar da reconhecida superioridade do milho na produção de silagem, a sustentabilidade dos sistemas de produção pode ser vantajosa, com o uso de gramíneas tropicais perenes já implantadas na forma de pastos como forrageiras para ensilagem.

No Brasil, as principais gramíneas forrageiras utilizadas para formação de pastagens pertencem aos gêneros *Urochloa* (sin. *Brachiaria*), *Megathyrsus* (sin. *Panicum*), *Cynodon* e *Pennisetum*. Essas espécies foram introduzidas com o intuito de substituir ou complementar as forrageiras nativas na formação das pastagens, devido à sua maior capacidade de produção de massa verde (Euclides *et al.*, 2019). Diferentemente das gramíneas de clima temperado, as gramíneas tropicais apresentam alta produção de matéria seca (MS) devido à sua via fotossintética C4, que assimila CO<sub>2</sub> com maior eficiência e produz mais biomassa do que as espécies com via C3. Além disso, a elevada capacidade de perfilhamento das gramíneas tropicais garante sua perenidade e pode possibilitar múltiplas colheitas ao longo do ano (Silva *et al.*, 2015), incluindo a ensilagem dessas forrageiras em épocas de excedente de produção (Daniel *et al.*, 2019).

Embora apresentem, em geral, menores teores de nutrientes em sua composição química, destacam-se pela elevada produção de biomassa, atribuída àquela maior eficiência na fixação de carbono, no aproveitamento hídrico e na utilização do nitrogênio (Sollerberger *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2024).

Quando há o objetivo de ensilar o excedente de produção de forrageiras perenes, recomenda-se a escolha daquelas com elevada taxa de acúmulo de

massa verde na estação climática favorável (usualmente no verão). Apesar de a elevada produção ser uma característica importante no processo de ensilagem, no momento do corte, a maioria dessas forrageiras apresenta alta umidade e elevada capacidade tampão — fatores que podem influenciar diretamente a qualidade final da silagem, como a manutenção de pH elevado e o aumento na produção de efluente (Carvalho *et al.*, 2017).

Para minimizar as perdas de MS e melhorar as características das silagens de capins, os principais aditivos recomendados são representados por coprodutos regionais das agroindústrias (Silva *et al.*, 2024).

Santos *et al.* (2024) avaliaram a inclusão de 0, 10, 20 e 30% de farelo de arroz na silagem de capim Marandu sob as perdas por formação de gases, efluentes e recuperação de MS, além do pH. Houve diminuição do pH com a inclusão do aditivo, na ordem de 0,134 unidades a cada 1% de farelo de arroz (Tabela 1). A recuperação da matéria seca foi maior quanto maior o nível do aditivo. A adição do farelo de arroz também alterou a produção de efluente. Os autores concluíram que 10% de farelo de arroz proporciona melhorias na composição bromatológica para a silagem de capim Marandu, além de promover a diminuição das perdas de MS.

**Tabela 1** - Matéria seca, perdas por formação de gases (PG), efluente (PE), recuperação de matéria seca (RMS) e pH das silagens de capim Marandu com a inclusão de nível de farelo de arroz.

| Variável | Níveis de farelo de arroz |       |       |       | Equação de regressão     | CV%   | R²   |
|----------|---------------------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|------|
|          | 0                         | 10    | 20    | 30    |                          |       |      |
| MS       | 29,32                     | 35,08 | 41,79 | 51,32 | $\hat{Y}=28,47+0,727X^*$ | 7,70  | 0,98 |
| PG       | 10,51                     | 8,62  | 7,60  | 6,62  | $\hat{Y}=10,46-0,195X^*$ | 3,71  | 0,99 |
| PE       | 3,35                      | 1,25  | 1,05  | 0,94  | $\hat{Y}=3,29-0,238X^*$  | 25,88 | 0,97 |
| RMS      | 68,27                     | 76,12 | 82,20 | 88,94 | $\hat{Y}=68,67+0,680X^*$ | 2,30  | 0,99 |
| pH       | 5,01                      | 4,25  | 4,20  | 4,19  | $\hat{Y}=5,01-0,134X^*$  | 3,83  | 0,99 |

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

**Fonte:** Santos *et al.*, 2024.

Já Monção *et al.* (2024), trabalhando com capim BRS Capião também observaram alterações no perfil fermentativo da silagem quando houve as inclusões de palma forrageira (*Opuntia* spp) nos níveis de 0, 15, 30, 45 e 60%, na matéria natural e/ou 10% de milho moído. Os autores concluem que a proporção ideal de palma forrageira na silagem com capim BRS Capião e 10%

de milho moído é de até 60% da matéria natural. Nessa proporção, as perdas fermentativas são aceitáveis e a inclusão da palma melhora a composição química e a digestibilidade da silagem produzida. O uso de 10% de milho moído na silagem de capim BRS Capiçu melhora o perfil fermentativo, a composição química e a digestibilidade da matéria seca e a concentração da fração fibrosa.

Apesar das limitações na produção de algumas silagens, o conhecimento atual e as informações disponíveis indicam que é viável utilizar a ensilagem de forrageiras, tanto anuais quanto perenes, para suprir a demanda por volumosos por ruminantes durante o período de escassez de pastagem. Essa vantagem pode ser alcançada desde que sejam consideradas as particularidades de cada forrageira e adotados os manejos adequados para garantir, ao final, uma silagem de qualidade.

## **RAÇÃO TOTALMENTE MISTURADA (TMR) OU RAÇÃO COMPLETA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

A ração totalmente misturada (Total Mixed Ration – TMR), também conhecida como ração completa, representa uma importante estratégia nutricional para otimizar a eficiência dos sistemas de produção animal. Trata-se de uma mistura homogênea de todos os ingredientes que compõem a ração – volumosos, concentrados, suplementos minerais e aditivos – formulada com o objetivo de atender integralmente às exigências nutricionais dos animais em um único fornecimento diário (Yuan *et al.*, 2015). Essa prática nutricional tem ganhado destaque em sistemas agropecuários brasileiros por seus benefícios em desempenho animal, economia de mão de obra e uso eficiente de recursos alimentares.

O conceito de TMR foi inicialmente proposto por Owen (1971), visando minimizar a seleção de ingredientes por parte dos animais e, com isso, promover uma ingestão mais uniforme e equilibrada de nutrientes. Segundo Freitas (2008), essa abordagem melhora significativamente a digestibilidade e a utilização metabólica dos nutrientes consumidos devido a diminuição na seleção dos ingredientes de granulometrias diferentes, pelos animais, a qual poderia ocasionar variações bruscas de pH ruminal. Além disso, estimula o consumo de alguns ingredientes, que isoladamente, podem ser recusados devido a menor palatabilidade.

De acordo com Yuan *et al.* (2015), o fornecimento de TMR possibilita que os animais, a cada bocado ingerido, consumam uma combinação balanceada de fibra, energia, proteína, vitaminas e minerais. Isso favorece uma fermentação ruminal estável e contínua, que estimula o crescimento da microbiota ruminal e otimiza o aproveitamento de nutrientes ao longo do trato gastrointestinal. Estudos como o de Kamphayae *et al.* (2017) mostram ganhos expressivos na produção de ácidos graxos voláteis ruminal, no crescimento microbiano e no desempenho animal quando a TMR é adequadamente formulada e fornecida.

A inclusão de coprodutos agroindustriais na TMR não apenas contribui para a redução dos custos de produção, como também influencia diretamente a microbiota do rúmen (Hoscheid Werle *et al.*, 2019). Coprodutos ricos em carboidratos solúveis, como polpa cítrica, farelo de trigo ou melaço, favorecem o crescimento de bactérias fermentadoras que produzem ácidos graxos voláteis, essenciais para o fornecimento de energia aos ruminantes. Por outro lado, resíduos com teores elevados de lipídios ou compostos fenólicos exigem cuidado em sua inclusão, pois podem inibir populações microbianas sensíveis, especialmente os microrganismos celulolíticos, comprometendo a digestibilidade da fibra (Sousa, 2022). Portanto, o conhecimento da composição química e da biodegradabilidade dos coprodutos é essencial para o ajuste da dieta e para garantir a manutenção do ambiente ruminal adequado.

Estudos recentes, como o de De Vecchi (2023), demonstraram que a inclusão de coprodutos agroindustriais, como bagaço de laranja e farelo de algodão, pode alterar significativamente a cinética fermentativa e reduzir a produção de metano durante a digestão ruminal, ao mesmo tempo em que mantêm ou melhoram a degradabilidade da matéria seca. Essa abordagem amplia o potencial dos sistemas de alimentação de ruminantes para atender não apenas aos critérios de eficiência, mas também aos de sustentabilidade ambiental. A escolha estratégica dos coprodutos, portanto, deve considerar tanto os aspectos nutricionais quanto os impactos sobre a fermentação ruminal e a emissão de gases de efeito estufa.

A produção de TMR também viabiliza o uso de forrageiras e resíduos agroindustriais com elevado teor de umidade, muitas vezes disponíveis regionalmente. Em pequenas propriedades rurais, essa tecnologia apresenta viabilidade econômica devido à menor escala de produção e maior flexibilidade na

formulação de rações. De acordo com Santos *et al.* (2017), a silagem de TMR pode ser estocada e até mesmo comercializada, constituindo uma fonte adicional de renda para o produtor.

A escolha dos ingredientes para a formulação da TMR deve considerar a palatabilidade, o valor nutricional, o teor de MS e a viabilidade de conservação do material. Conforme Gusmão (2017), a proporção de inclusão de ingredientes pode ser ajustada com base em sua disponibilidade sazonal e no custo-benefício. O milho tem se consolidado como a principal cultura utilizada para ensilagem no Brasil, devido ao seu elevado valor nutritivo e características favoráveis à fermentação láctica (Rezende *et al.*, 2017). O sorgo, por sua vez, é uma alternativa importante em regiões sujeitas ao déficit hídrico, dada sua tolerância à seca e boa produção de matéria seca (Zanine *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2004).

Entre as gramíneas perenes utilizadas na ensilagem de TMR, destaca-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), tradicionalmente cultivado em capineiras. Apesar do bom valor nutritivo e da elevada produção de MS, essa forrageira apresenta baixo teor de carboidratos solúveis e elevado poder tampão, o que pode comprometer a qualidade da fermentação (Lavezzo, 1985; Zanine *et al.*, 2010). Por isso, é recomendado o uso de aditivos como fubá de milho, farelo de trigo, polpa cítrica ou resíduos regionais, que auxiliam na melhoria do perfil fermentativo (Silva *et al.*, 2007; Teixeira *et al.*, 2008).

A inclusão de coprodutos agroindustriais em TMR na forma de silagem pode também reduzir o impacto ambiental, ao diminuir o descarte inadequado de resíduos orgânicos, e ampliar a sustentabilidade da produção animal. Em síntese, a TMR representa uma ferramenta estratégica para assegurar a eficiência produtiva de ruminantes, promover a estabilidade na oferta de alimentos e estimular práticas agropecuárias mais sustentáveis.

Um dos grandes desafios da produção animal é buscar alternativas alimentares disponíveis na região que sejam eficientes, de baixo custo, que atendem as necessidades dos animais e sejam ambientalmente corretas. Nesse sentido, é importante que se avaliem a qualidade de restos culturais e de resíduos agroindustriais que apresentam potencial para uso na alimentação de ruminantes e/ou moduladores de fermentação de silagens, e que também possam ser disponibilizados no período de escassez de alimentos, onde é necessária a suplementação animal para viabilidade dos sistemas produtivos.

## VALORIZAÇÃO DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

O Brasil se destaca como um dos países com uma das atividades agrícolas mais proeminentes do mundo, o que resulta em uma produção significativa de resíduos agroindustriais decorrentes do processamento de alimentos, fibras, couro, madeira e outros materiais (Ricardino *et al.*, 2020). Além disso, o Brasil é considerado um dos maiores geradores de coprodutos vindos dessas diferentes agroindústrias, como sucroenergéticas, que produzem como coprodutos bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro e vinhaça (Bonassa *et al.*, 2015); indústria de etanol do milho, com a produção de DDGs (grãos secos de destilaria) (Talamini *et al.*, 2022) e as agroindústrias processadoras de frutas, produzindo as tortas e farelos (Oliveira; Mendes, 2021).

O coproduto ou resíduo é resultante do processamento da indústria alimentícia e têxtil, e a possibilidade da sua utilização na dieta de ruminantes é de grande importância na redução dos custos com alimentação, que são os responsáveis pela maior parcela do custo de produção. Além disso, contribui para redução da poluição do meio ambiente, favorecendo a preservação de recursos naturais, como maior eficiência produtiva e ambiental do solo.

Isso faz com que haja uma constante busca por alternativas de utilização destes coprodutos, principalmente na alimentação animal como forma também de favorecer a integração dos sistemas produtivos. A utilização de coprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes é de grande importância uma vez que a utilização de grãos como a soja e o milho apresentam preço elevado, contribuindo com parcela importante dos custos de produção de leite e carne e concorrem com a alimentação humana.

Em uma revisão bibliográfica sobre o uso de coprodutos de frutas tropicais na alimentação de ovinos no semiárido brasileiro, os autores observaram que os resíduos agroindustriais somam mais de 290 milhões de toneladas, entre os utilizados são citados desde os coprodutos do maracujá, do mamão e da goiaba até os coprodutos do caju e sua castanha (Barreto *et al.*, 2014).

A disponibilidade de coprodutos provenientes da agroindústria e a crescente preocupação com problemas ambientais têm gerado maior interesse quanto ao destino destes materiais, quanto ao possível aproveitamento na

alimentação animal e até mesmo como material higroscópico na ensilagem de forragens com alto teor de umidade (Zanine *et al.*, 2010).

O uso de coprodutos agroindustriais em silagens de capins, segundo Pereira *et al.* (2009) pode se constituir em uma alternativa para melhorar as características químicas e fermentativas desses volumosos, uma vez que atuam como fonte adicional de carboidratos para o processo fermentativo. Ainda incrementam o valor nutricional das silagens e podem contribuir para minimizar prejuízos e danos causados ao ambiente, em função do desperdício de produtos com alto valor nutritivo (Pompéu *et al.*, 2006).

Um dos grandes desafios da produção animal é buscar alternativas alimentares disponíveis na região que sejam eficientes, de baixo custo, que atendam às necessidades dos animais e sejam ambientalmente corretas. Nesse sentido, reforça-se a necessidade de avaliar diversas possibilidades de utilização de coprodutos e resíduos agroindustriais. O mercado consumidor e organizações mundiais exercem pressão cada vez maior por um sistema de produção mais limpa, sem a geração de resíduos e que priorizem a redução das emissões de carbono. A utilização dos mesmos pode contribuir para isso, uma vez que existe uma melhora da flora ruminal pela inclusão nas dietas, com potencial diminuição da flora metanogênica. Apresentam grande potencial de inclusão na alimentação dos ruminantes, porém deverão ser realizados estudos sobre seu potencial de produção de gases, principalmente o gás metano.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por maior eficiência nos sistemas de produção animal, especialmente sob condições de restrição alimentar associadas à sazonalidade das pastagens, demanda o emprego de estratégias nutricionais que conciliem sustentabilidade, viabilidade econômica e estabilidade produtiva. A utilização de coprodutos agroindustriais na formulação de dietas e na composição de rações totalmente misturadas (TMR) representa um avanço nesse sentido, contribuindo para a redução de custos, o aproveitamento racional de resíduos e a manutenção do ambiente ruminal estável.

Perspectivas futuras apontam para a intensificação do uso de tecnologias de monitoramento nutricional em tempo real, com potencial para aumentar

a precisão na formulação e no fornecimento das dietas, promovendo melhor desempenho animal e menor impacto ambiental. Simultaneamente, o progresso em programas de melhoramento genético voltados à seleção de ruminantes mais eficientes na conversão alimentar e mais adaptados a condições de escassez nutricional constitui uma frente estratégica para garantir resiliência dos sistemas produtivos.

Ademais, a consolidação dessas práticas depende da atuação articulada de políticas públicas que incentivem a utilização segura e eficiente de coprodutos, com ênfase na criação de marcos legais, linhas de financiamento e estímulos à pesquisa aplicada. A convergência entre ciência, inovação tecnológica e instrumentos de apoio institucional é crucial para a construção de sistemas pecuários sustentáveis, adaptados às demandas contemporâneas de produtividade, segurança alimentar e conservação dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAS

BARRETO, H. F. M.; LIMA, P.O.; SOUZA, C.M.S.; MOURA, A.A.C.; ALENCAR, R.D.; CHAGAS, F.P.T. Uso de Coprodutos de Frutas Tropicais na Alimentação de Ovinos no Semiárido do Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 63, p. 117-131, 2014.

BEZERRA, H.F.C.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; CARVALHO, G.G.P.; CASSUCE, M.R.; PERAZZO, A.F.; FREITAS, D.S.S.; SANTOS, V.S. Degradabilidade ruminal in situ de silagens de capim-elefante aditivadas com farelo de milho e inoculante da microbiota autóctone. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.16, n.2, p.265-277, 2015.

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; FRIGO, K. D. A.; FEIDEN, A.; TELEKEN, J. G.; FRIGO, E. P. Subprodutos gerados na produção de bioetanol: bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 3, p. 1-12, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5380/rber.v4i3.44075>.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, p. 3, 3 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 4 maio 2025.

CARVALHO, G. G. P.; REBOUÇAS, R. A.; CAMPOS, F. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; GOIS, G. C.; OLIVEIRA, J. S.; OLIVEIRA, R. L.; RUFINO, L. M. A.; AZEVEDO, J. A. G.; *et al.* Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. **Animal Feed Science and Technology**, v. 228, p. 140-148, 2017.

COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; CASTILHOS, A. M.; FIALHO, C. A.; PARIZ, C. M.; SARTO, J. R. W.; BARBOSA, C. R. Tecnologia para produção de silagens de capins tropicais. In: RIBASKI, N. (org.). **Agricultural innovation: techniques and knowledge in the field** [livro eletrônico]. 1. ed. São José dos Pinhais, PR: Editora Foco, 2024. Cap. 3, p. 38-62.

DANIEL, J. L. P.; BERNARDES, T. F.; JOBIM, C. C.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L. G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 2, p. 188-200, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12417>.

DE VECCHI, L. B. Avaliação de coprodutos agroindustriais associados à *Tithonia diversifolia* na alimentação de ruminantes sobre parâmetros de degradabilidade ruminal, cinética fermentativa e produção de metano in vitro. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; VALLE, C. B. do; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. Grazing intensity affects forage accumulation and persistence of Marandu palisadegrass in the Brazilian savannah. **Grass and Forage Science**, v. 75, p. 1-13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12422>.

FERRARETO, L. F.; SHAVER, R. D.; LUCK, B. D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 3937-3951, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13728>.

FREITAS, A. B. Sistema de alimentação unifeed: rações completas. Notícias Limousine, n. 17, p. 33–36, 2008.

GUSMÃO, J. O. **Silagens de dieta completa contendo o capim-elefante como fonte de forragem**. 48 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

KAMPHAYAE, S.; KUMAGAI, H.; BUREENOK, S.; NARMSEELEE, R.; BUTCHA, P. Effects of graded levels of liquid brewer's yeast on chemical composition and fermentation quality in cassava plus and rice straw-based total mixed ration silage. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 4, 618-624, 2017.

LAVEZZO, W. Silagem de capim-elefante. **Informe Agropecuário**. v.11, n.132, p.50-57, 1985.

LUCATTO JUNIOR, A.J.; MELLO, S. de P. Avaliação da silagem de capim-elefante cv. napier (*Pennisetum purpureum*) com diferentes tipos de aditivos. **Nucleus**, v.5, n.2, p. 319-332, 2008.

McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. Marlow Bucks: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

MONÇÃO, F. P.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; LEAL, D. B.; RIGUEIRA, J. P. S.; CALDEIRA, L. A.; SILVA, R. K. O. J.; ANTUNES, A. B.; CARVALHO, C. C. S.; SANTOS, A. S.; D'ANGELO, M. F. S. V. Impact of mixed forage silage with BRS Capião grass, ground corn, and varying forage palm levels on aerobic stability, fermentation profile, chemical composition, and digestibility. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 53, e20240122, 2024. DOI: <https://doi.org/10.37496/rbz5320240122>.

OLIVEIRA, V. C. D.; MENDES, F. Q. Formulação de novos produtos a partir do aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma revisão narrativa. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**, v. 2, p. 98-115, 2021.

OWEN, J. B. Complete diets for ruminants. *Agriculture* (London), v. 78, p. 331–333, 1971.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300002>.

PEREIRA, L.G.R.; AZEVEDO, J.A.G.; PINA, D.S.; BRANDÃO, L.G.N.; ARAÚJO, G.G.L. E VOLYOLINI, T.V. Aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e de polpa de frutas na alimentação de ruminantes. Embrapa Semiárido, Petrolina. (Embrapa Semiárido. Documentos, 220). 30 p, 2009.

POMPEU, R.C.F.F.; NEIVA, J.N.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; OLIVEIRA FILHO, G.S.; AQUINO, D.C.; LÔBO, R.N.B. Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.77-83, 2006.

REZENDE, H.; OLIVEIRA, J.S.E.; MIRANDA, J.E. de; LEITE, J.L. Tecnologia e custo da silagem de milho, Juiz de Fora: Minas Gerais; Embrapa, 2017. 11p. (Circular Técnica – Embrapa, n.114).

RICARDINO, I. E. F.; SOUZA, M. N. C.; SILVA NETO, I. F. Vantagens e possibilidades do reaproveitamento de resíduos agroindustriais. Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, v1, n.8, p.1-12, 2020. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/1651>.

SANTANA, J. C. S.; COSTA, A. B. G.; COSTA, C. M.; GURGEL, A. L. C.; CAMARGO, F. C.; MACHADO, W. K. R.; SILVA, M. G. P.; DIAS, A. M. Densidade e tamanho de partículas na qualidade de silagens de forrageiras tropicais: uma revisão. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 2, p. 310–324, 2020. DOI: <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3138>.

SANTOS, E. F.; MIRANDA, E. S.; FONSECA, A. R.; SANTOS, L. R. A.; PEREIRA, T. B.; MARQUES, E. C. S.; LUCAS, M. F.; CABRAL, L. S.; NEGRÃO, F. M. Perdas e composição química da silagem de capim-marandu com inclusão de farelo de arroz. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 12, p. 1–12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-042>.

SILVA, F. F.; AGUIAR, M. S. M. A.; VELOSO, C. M.; PIRES, A. J. V.; BONOMO, P.; DUTRA, G. S.; ALMEIDA, V. S.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, R. R.; DIAS, A. M.; ÍTAVO, L. C. V. Bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 719–729, 2007.

SILVA, S. C.; SBRISIA, A. F.; PEREIRA, L. E. Ecophysiology of C4 forage grasses—Understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture**, v. 5, p. 598–625, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>.

SILVA, V. L. da; FREITAS, P. V. D. X. de; CAETANO, G. A. de O.; FRANÇA, A. F. de S. Cana energia e produção de silagem como estratégia para alimentação animal. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 27, p. 1–13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35172/rvz.2020.v27.507>.

SILVA, V. F. da; SOUZA, F. J. A. de; SILVA, J. R. da; SILVA FILHO, A. S.; MIRANDA, E. S.; OLIVEIRA, J. C. A. de; MESQUITA, A. A.; NEGRÃO, F. de M. Uso de aditivos nas silagens de capins tropicais: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. 1–17, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-002>.

SOLLENBERGER, L. E.; VENDRAMINI, J. B.; NEWMAN, Y. C.; BLANCO, H.; JIANG, Y. Warm-season grasses for humid areas. In: MOORE, K. J.; et al. **Forages: The science of grassland agriculture**. v. 2. 7. ed. Hoboken: Wiley, 2020. p. 31-345. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch18>.

SOUSA, S. V. Lipídios em dietas para ruminantes e seus efeitos sobre a qualidade da carne. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 29, p. 1–12, 2022. DOI: 10.35172/rvz.2022.v29.692. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/692>.

TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V. Viabilidade do uso de DDGS e DDG de milho na alimentação de frangos e suínos em Santa Catarina. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022. 11 p. (Comunicado Técnico, 594). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1149447/1/final10026.pdf>.

TEIXEIRA, F. A.; VELOSO, C. M.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; NASCIMENTO, P. V. N.; CARVALHO, G. G. P. Degradação ruminal da silagem de capim-elefante aditivado com cana-de-açúcar e farelo de cacau. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 948-954, 2008.

HOSCHEID WERLE, C.; ZAMBOM, M. A.; SYPPERECK, M.A.; FORNARI, J.L.; GRUNEVALD, D. G.; TININI, R.C. dos R.; DESSBESELL, J.G. grãos secos de destilaria com solúveis de milho: uma alternativa na alimentação de ruminantes – Revisão de Literatura. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, [S. l.], v. 21, n. 3, 2019. DOI: 10.25110/arqvet.v21i3.6384. Disponível em: <https://www.revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/6384>.

WOOLFORD, M. K.; PAHLOW, G. The silage fermentation. In: WOOD, B. J. B. (ed.). **Microbiology of fermented foods**. Boston: Springer, 1998. p. 73-102. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1_3).

YUAN, X.; GUO, G.; WEN, A.; DESTA, S.T.; WANG, J.; WANG, Y.; SHAO, T. The effect of different additives on the fermentation quality *in vitro* digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 41-50, 2015.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M; DÓREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O.G. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2611-2616, 2010.

## **MECANISMOS DE CONTAMINAÇÃO DO LEITE POR MICOTOXINAS NOCIVAS A SAÚDE**

**Abnner Josué Costa Clementino**  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

**Erika Cristina Ramos da Silva**  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

**Everton Vinícius Leite**  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

**José Henrique da Silva Taveira**  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

**Diogo Alves da Costa Ferro**  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

# RESUMO

As micotoxinas são metabólicos secundários, gerados por fungos, podendo aparecer em todos os processos desde o plantio, quanto colheita, transporte, secagem e armazenamento dos grãos, sendo altamente tóxicos para os seres humanos e animais, a seleção e integridade dos alimentos é essencial para evitar contaminação por micotoxinas. Os principais fungos produtores de micotoxinas são: *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium*, causam contaminação nos alimentos, principalmente, durante o processo de produção e armazenamento dos grãos. Sendo resistentes ao calor as micotoxinas pode passar em todos processo alimentar, rações, carne, ovos, leite e derivados lácteos. O objetivo desta revisão literária é o levantamento dos mecanismos de contaminação do leite com micotoxinas nocivas a saúde. Descreve-se como as micotoxinas, são prejudiciais para os alimentos como silagens de milho, grão inteiros com por exemplo, milho, soja, algodão afetando a saúde dos animais que podem correr o risco de contaminação por fungos gerando impactos na produção de leite, onde pode haver resquícios de contaminação do leite por micotoxinas, sendo prejudiciais à saúde dos seres humanos podendo causar doenças. Deve-se atentar no cuidado da integridade dos grãos, desde o plantio até o armazenamento, e todas as etapas de beneficiamento e processamento para evitar a contaminação por fungos, evitando a disseminação de doenças e toxidade nos animais.

**Palavras-chave:** alimentos; contaminação; fungos; grãos; leite.

## INTRODUÇÃO

As micotoxinas tem impactos cruciais em culturas no mundo inteiro, dentre elas podemos citar: trigo, milho, amendoim, café, algodão, castanhas e uvas, acarretando prejuízos incalculáveis para os produtores. Estima-se que 25% da produção de culturas no mundo anualmente tem sido contaminada, resultando em perdas de 1 bilhão de toneladas de alimentos e derivados dados da FAO (FAO, 2018).

Esses compostos são produzidos por fungos filamentosos, sendo considerados metabólicos secundários, ao serem ingeridos por animais e seres humanos ocasiona-se toxicidade. Os principais fungos produtores de micotoxinas são: *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium*, causam contaminação nos alimentos, principalmente, durante o processo de produção e armazenamento dos grãos. Ocorre redução da palatabilidade dietética, na qual reduz a ingestão da matéria seca e o desempenho na produção animal. Como por exemplo dietas para vacas em lactação podem provocar disfunção hepática, afetando o sistema imunológico e aumento a suscetibilidade a doenças (FINK-GREMMELS, 2008; HASHEMINYA e DEGHANNYA, 2013).

A contaminação pode ocorrer durante o plantio das culturas de grãos no campo e prosseguindo no processo de colheita, no armazenamento e após o processamento, sendo susceptível risco em todos os setores envolvidos na produção de alimentos. Essa contaminação dos grãos por fungos causa perdas econômicas significativas, devido à baixa qualidade e produtividade dos grãos, onde o mesmo gera descontos para os produtores, tendo seus rendimentos abatidos de acordo com o grau de contaminação, no momento da entrega dos mesmos na unidade de secagem e armazenamento (BERTHILLER *et al.*, 2007; OLDENBURG *et al.*, 2017).

Instáveis ao calor e resistentes em todas as condições de processamento, as micotoxinas são sempre persistentes repassando por todo o processo da cadeia alimentar onde ocasiona a contaminação do produto final como: rações, carne, ovos, leite e derivados lácteos. Gerando uma série de problemas crônicos de saúde, tanto em animais como também nos seres humanos (ALIM *et al.*, 2018; MARTINS *et al.*, 2018).

Este estudo é um levantamento bibliográfico para discutir os mecanismos de contaminação do leite com micotoxinas nocivas à saúde.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Micotoxinas**

Os cereais são ricos em carboidratos, substrato favorável ao desenvolvimento dos fungos, que produzem micotoxinas, as quais são metabólitos secundários produzidos por fungos de baixa massa molar e não possuem imunogenicidade, que causam sérios riscos a saúde humana e dos animais (MISTURA; LINDINO, 2020; VEDOVATTO *et al.*, 2020; XIONG *et al.*, 2021).

Esses microrganismos podem se desenvolver em diferentes substratos e produzir micotoxinas, se estiverem em condições favoráveis, estando em sua maioria envolvidos no processo de invasão e colonização dos tecidos dos produtos agrícolas de origem vegetal, os quais são suscetíveis a contaminação por fungos durante a produção, processamento, transporte e armazenamento (BAPTISTA; HORII; BAPTISTA, 2004).

Os fungos se encontram no meio ambiente, e sementes durante e após os processos de produção e colheita, e durante a armazenagem, os fungos são responsáveis pelo aquecimento dos grãos, levando a diminuição do poder germinativo, descoloração, redução do valor nutritivos, alteração no odor, podendo alterar a qualidade dos produtos a serem comercializados (CARRANZA *et al.*, 2022).

Os fungos produtores de micotoxinas podem ser divididos em dois grupos, sendo os fungos de campo, que contaminam o produto no campo, e fungos de armazenamento, que invade os grãos antes e durante o armazenamento. Os fungos de campo requerem uma umidade relativa entre 90 e 100% para se desenvolverem, os quais não desenvolvem em grão armazenados, exceto em milho com alto teor de umidade (ROCHA *et al.*, 2020). Apesar dos efeitos observados da temperatura serem maiores e mais determinantes na qualidade físico-química dos grãos armazenados (DOS SANTOS BILHALVA *et al.*, 2023), a umidade relativa ideal para o desenvolvimento dos microrganismos durante o processo de armazenamento está acima de 75% (WEN *et al.*, 2020).

A temperatura é um dos principais fatores que favorece o desenvolvimento dos fungos, uma vez que para o crescimento e desenvolvimento da maioria dos fungos de armazenamentos, a temperatura ótima está entre 28 e 35°C, podendo desenvolver entre 0 e 55°C, porém diminuindo o seu desenvolvimento conforme a redução da temperatura (FILHO *et al.*, 2021).

A atividade de água (AW) é uma medida que mensura a água disponível para o metabolismo de microrganismos. A água de um alimento pode ser dividida em água ligada, água adsorvida e água livre, sendo esta última disponível ao crescimento e desenvolvimento metabólico dos microrganismos. A AW pode ser definida em uma escala de 0 a 1, onde quanto mais próximo de 1, maior a possibilidade do desenvolvimento de fungos e bactérias (DA CUNHA, 2018; DANTAS *et al.*, 2022). Durante o armazenamento, os fungos toxicogênicos como *Aspergillus* e *Penicillium*, podem se desenvolver em AW a partir de 0,85 (SOARES *et al.*, 2017).

O principal alimento para vacas leiteiras é a silagem, apresenta aw de 0,50 a 0,94, que é a principal fonte de contaminação por micotoxinas, as quais são produzidas por fungos que se desenvolvem principalmente em cereais, como o milho (GEHL *et al.*, 2022).

As substâncias mais conhecidas na nutrição animal, são as aflatoxinas (*Aspergillus*), as ocratoxinas (*Aspergillus* e *Penicillium*) e as fusariotoxinas (*Fusarium*), que tem como os principais representantes a zearalenona e as fumosinas. Os não ruminantes são os mais susceptíveis as reações causadas pelas micotoxinas se comparados aos ruminantes, uma vez que estes possuem microrganismos ruminais capazes de degradar e metabolizar algumas dessas substâncias oriundas do metabolismo dos fungos. Todavia, mesmo apresentando maior resistência, as vacas de leite de alta produção podem sofrer danos quando alimentadas com dietas contaminadas com essas substâncias (MAIA *et al.*, 2022).

## **Ocratoxinas**

As ocratoxinas são produzidas por fungos do gênero *Aspergillus*, especialmente pelas espécies *A. ochraceus*, *A. Carboanius* e *A. niger* (PÉRICAS *et al.*, 2021). O grupo das ocratoxinas são divididos em ocratoxina A, que apresenta fluorescência verde, e uma molécula de cloro responsável pela sua alta toxicidade. A ocratoxina B por sua vez, apresenta fluorescência azulada e ausência

da molécula de cloro, sendo não tóxica. A ocratoxina C apresenta fluorescência verde e a presença de um grupo etil éter de ocratoxina A, tornando-a menos tóxica que a primeira (SIMIONATO; MENEZES, 2007).

O principal órgão afetado por essas toxinas é o rim, perdendo a eficiência de filtração glomerular e a perda da capacidade de concentração da urina, apresentando efeitos imunossupressores, teratogênicos, mutagênicos, carcinogênicos e podendo levar a inibição da fertilidade. Além disso, em suínos, pode ocorrer sede intensa, produção excessiva de urina, túbulos contorcidos proximais, levando a baixa eficiência alimentar diminuição da ingestão e do ganho de peso, menor qualidade de sêmen, diarreia e urina com presença de sangue (OLIVER *et al.*, 2020).

Em um estudo realizado por LAUTERT *et al.*, (2014) para avaliar a viabilidade celular e desenvolvimento de linfócitos de frango de corte submetidos a ocratoxina A, observou que esse composto induziu a proliferação linfocitária e baixa atividade enzimática. Essa redução da atividade, levaria a interação da adenosina com os seus receptores, que existem em muitos tipos celulares com efeitos anti-inflamatórios.

## **Fusariotoxinas**

As fusariotoxinas são produzidas em sua maioria por fungos do gênero *Fusarium*, e com incidência muito menor o gênero *Aspergillus*, sendo a espécie de maior frequência a *F. moniliforme* (SANTIN *et al.*, 2001). As fusariotoxinas podem ser divididas em vários grupos, que são os tricotecenos, as fumonisinas e seus grupos, e a zearalenona (GÓMEZ VERDUZCO *et al.*, 2024).

Essas toxinas prejudicam consideravelmente o desempenho dos animais, presença de edema pulmonar, carcinogenicidade, genotoxicidade, toxicidade reprodutiva, efeitos endócrinos e imunotoxicidade. As fêmeas suínas contaminadas apresentam vários sintomas, como perca embrionária e fetal, dilatação vulvar, ausência de leite, e prolapso retal. Os machos apresentam diminuição nos níveis de testosterona, diminuição do peso dos testículos, e espermatogênese, indução a feminização e baixo libido (SOUTO *et al.*, 2017)

ANDRETTA *et al.*, (2010), ao fornecer alimentação contendo zearalenona para leitões jovens, observou que a zearalenona não alterou o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e peso vivo dos animais, todavia,

aumentou o trato reprodutivo em 180% em relação ao peso e 30% em relação ao comprimento, além de apresentar hiperestrogenismo. Segundo o autor, essas alterações são resultadas da competição da zearalenona com os produtos da bio-transformação hepática do estradiol por receptores estrogênicos celulares.

## **Aflatoxinas**

As aflatoxinas são metabólitos dos fungos do gênero *Aspergillus*, produzidos principalmente pelas espécies *A. flavus*, *A. parasiticus* (FARIAS *et al.*, 2000; MAGALHÃES; SOLA, 2021). Esses microrganismos produzem uma grande variedade desses metabólitos, destacando-se B1 e B2, que apresentam fluorescência azul violeta e G1 e G2, com fluorescência azul esverdeada quando analisadas a cromatografia delgada à luz ultravioleta a 365 nm. A aflatoxina B1 é a mais tóxica delas, podendo ser letal. As aflatoxinas M1 e M2 são compostos hidroxilados das aflotoxinas B1 e B2, que podem estar presentes em produtos de origem animal (IAMANAKA; DE OLIVEIRA; TANIWAKI, 2013).

A ingestão de materiais contaminados pode causar aflatoxicose nos animais, podendo apresentar quadro clínico agudo, se ingeridos em grandes quantidades. Em fêmeas bovinas, pode acarretar diversos problemas, como a redução no consumo de ração, ganho de peso, motilidade ruminal, menor produção de leite e capacidade reprodutiva, resultando em imunossupressão, hepatotoxicidade, nefratoxicidade, podendo chegar a morte. Apesar dos problemas causados pelo alto consumo, quando os animais ingerem alimentos com menor carga de contaminação, ocorre a intoxicação crônica, causando problemas reprodutivos que podem ser erroneamente associados a infecções comuns do rebanho ou alterações subclínicas no metabolismo dos animais (PICHARDO-MATAMOROS; ELIZONDO-SALAZAR, 2020).

HAUSCHILD *et al.*, (2006) ao analisar os balanços metabólicos de suínos alimentados com dietas contendo micotoxinas, observaram que a intoxicação por aflotoxinas em doses elevadas altera o metabolismo energético e proteico dos animais. Não obstante, observou-se que a excreção de N urinário aumentou 52% e a retenção se comparado a absorção diminuiu em 32% nos animais expostos a uma dieta com aflotoxinas, que pode estar relacionado com a ligação dos metabólitos da aflotoxina B a cadeia do RNA e DNA, comprometendo a síntese proteica no organismo dos animais.

## Fisiologia da Glândula Mamária

As aflatoxinas são metabólitos dos fungos do gênero *Aspergillus*, produzidos principalmente pelas espécies *A. flavus*, *A. parasiticus* (FARIAS *et al.*, 2000; MAGALHÃES; SOLA, 2021). Esses microrganismos produzem uma grande variedade desses metabólitos, destacando-se B1 e B2, que apresentam fluorescência azul violeta e G1 e G2, com fluorescência azul esverdeada quando analisadas a cromatografia delgada à luz ultravioleta a 365 nm. A aflatoxina B1 é a mais tóxica delas, podendo ser letal. As aflatoxinas M1 e M2 são compostos hidroxilados das aflotoxinas B1 e B2, que podem estar presentes em produtos de origem animal (IAMANAKA; DE OLIVEIRA; TANIWAKI, 2013).

A ingestão de materiais contaminados pode causar aflatoxicose nos animais, podendo apresentar quadro clínico agudo, se ingeridos em grandes quantidades. Em fêmeas bovinas, pode acarretar diversos problemas, como a redução no consumo de ração, ganho de peso, motilidade ruminal, menor produção de leite e capacidade reprodutiva, resultando em imunossupressão, hepatotoxicidade, nefrotoxicidade, podendo chegar a morte. Apesar dos problemas causados pelo alto consumo, quando os animais ingerem alimentos com menor carga de contaminação, ocorre a intoxicação crônica, causando problemas reprodutivos que podem ser erroneamente associados a infecções comuns do rebanho ou alterações subclínicas no metabolismo dos animais (PICHARDO-MATAMOROS; ELIZONDO-SALAZAR, 2020).

HAUSCHILD *et al.*, (2006) ao analisar os balanços metabólicos de suínos alimentados com dietas contendo micotoxinas, observaram que a intoxicação por aflotoxinas em doses elevadas altera o metabolismo energético e proteico dos animais. Não obstante, observou-se que a excreção de N urinário aumentou 52% e a retenção se comparado a absorção diminuiu em 32% nos animais expostos a uma dieta com aflotoxinas, que pode estar relacionado com a ligação dos metabólitos da aflatoxina B a cadeia do RNA e DNA, comprometendo a síntese proteica no organismo dos animais.

## Impactos na produção de leite

As principais micotoxinas encontradas nos alimentos são: aflatoxinas B1, zearalenona, toxina T-2, desoxinivalenol, ocratoxina A, fumonisina e patulina,

sendo as mais importantes encontradas nos alimentos, apresentando grande importância secundária: nivalenol, citrinina. Esterigmatocistina, nivalenon, ácido fumário, ácido penicílio. As demais toxinas: hepatotóxicas, nefrotóxicas, hematotóxicas, neurotóxicas, dematotóxicas, cancerígenas e gastrotóxicas, são classificadas conforme a especificidade aos órgãos, sendo prejudiciais a mais de um órgão (OKUMA *et al.*, 2018).

A aflatoxina B1 é considerada como cancerígena uma das mais potentes, dentre as demais aflatoxinas onde 6% é utilizada na dieta de vacas em lactação e pode ser transferida para o leite (UPADHAYA *et al.*, 2010). Já no leite in natura a aflatoxina M1, apresenta potencial cancerígena gerando riscos na segurança do leite e seus derivados lácteos. A quantidade máxima permitida de aflatoxinas M1 no leite é 0,5 µg/kg, regulamentado pela Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos, da mesma forma são aplicados no Brasil (AVISA, 2011).

A contaminação por alguns tipos de micotoxinas está associada a contaminação das forragens no momento do pastejo dos bovinos leiteiros (O'BRIEN *et al.*, 2006). Estudos mostram que a contaminação por micotoxinas em feno e silagem é muito baixa, comparada com a contaminação de micotoxinas em cereais. Entretanto existem metabólitos secundários, distintos das micotoxinas, são detectados, constante em forragens (O'BRIEN *et al.*, 2006; GALLO *et al.*, 2015).

As desoxinivalenol são toxinas que afetam significativamente a produtividade de bovinos de leite. Estudos realizados em novilhos, nutridos com dietas contaminadas com toxinas dentre 0 e 22ppm, não resultaram aspectos negativos no consumo do alimento. Agora já em pesquisas com células epiteliais humanas, observou-se aspectos negativos na absorção de nutrientes de forma gradativamente (MARESCA *et al.*, 2002; SHASE e STONE, 2003).

O monitoramento das toxinas do gênero a-zearalenol, β-zearalenol e zearalenona em carnes, ovos, leite, pescado e mel é realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), descrito no Plano de Controle de Resíduos e Contaminantes de Carnes (PCRC), onde a mesma apresenta destaque em atividades anabolizantes dentre outras ações prejudiciais à saúde do homem (BRASIL, 2010). O leite in natura e derivados tem limites de aflatoxinas M1 de 0,05 µg/l, dados relacionados a União Europeia (DOCE, 2006).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os temas abordados neste estudo referente os mecanismos de contaminação do leite com micotoxinas nocivas à saúde, é importante ficar atento aos cuidados na produção dos grãos desde o campo, nos processos de colheita, transporte, secagem e armazenamento, uma vez que em todas essas etapas pode haver contaminação. Estar atento a integridade dos grãos, previne perdas e garante a qualidade dos mesmos, evitando a contaminação por fungos indesejáveis prejudiciais para os animais e seres humanos, evitando a disseminação de doenças e toxidade.

## REFERÊNCIAS

AMPOFO, J. A.; CLERK, G. C. Diversity of bacteria contaminants in tissues of fish cultured in organic waste-fertilized ponds: health implications. **Open Fish Science Journal**, v.3, p.142-146. 2010. Available at <https://doi.org/10.2174/1874401X01003010142>> Accessed: 18 feb 2018.

BAE, D.; CHENG, C. M.; KHAN, A. A. Characterization of extended-spectrum  $\beta$ -lactamase (ESBL) producing non-typhoidal Salmonella (NTS) from imported food products. **International Journal of Food Microbiology**, v.214, p. 12-17. 2015. Available at <<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.07.017>> Accessed: 18 feb2018.

BASTI, A. A. *et al.* Bacterial pathogens in fresh, smoked and salted Iranian fish. **Food control**, v. 17, p.183-188. 2006. Available at<<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.10.001>> Accessed: 18 feb 2018.

BIBI, F. *et al.* Occurrence of Salmonella in freshwater fishes: A review. **Journal of Animal and Plant Sciences** v.25, p.303-310. 2015. Available at <<https://pdfs.semanticscholar.org/046a/133ec70484cbec13f1c7868debb86efadd5e.pdf>>Accessed: 18 feb 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. Ofício Circular GAB/DIPOA nº 25/2009, de 13 de novembro de 2009. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA. Procedimentos de Verificação dos Programas de Autocontrole em Estabelecimentos de Pescado e Derivados. Brasília –DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. 2011. Manual técnico de diagnóstico laboratorial de Salmonella spp.: diagnóstico laboratorial do gênero Salmonella / Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. Laboratório de Referência Nacional de Enteroinfecções Bacterianas, Instituto Adolfo Lutz. – Brasília. Available at <<http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/dezembro/15/manual-diagnostico-salmonella-spp-web.pdf>> Accessed on 18/02/18.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). 2001. nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. Brasília –DF. Available at<[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_12\\_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b)>Accessed on 18/02/18.

- BUDIATI, T. *et al.* Prevalence, antibiotic resistance and plasmid profiling of *Salmonella* in catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapia (*Tilapia mossambica*) obtained from wet markets and ponds in Malaysia. **Aquaculture** v.372, p.127-132. 2013. Available at <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.11.003>> Accessed:18 feb/18.
- BUJJAMMA, P. *et al.* Incidence of *Salmonella* species in fish and shellfish of Guntur domestic fish market, Andhra Pradesh, India. **International Journal of Current Research Academic Review** v.3, p.177-185. 2015. Available at <<http://www.ijcrar.com/vol-3-5/P.%20Bujjamma,%20et%20al.pdf>>Accessed on 18/02/18.
- CARRASCO, E. *et al.* Cross-contamination and recontamination by *Salmonella* in foods: a review. **Food Research International**, v.45, p.545-556. 2012. Available at <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.004>> Accessed: 18 feb.2018.
- CDC. Center Diseases Control. 2016. **Foodborne Diseases**. Available in <<https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/65/wr/mm6514a2.htm>>Accessed in 29 July 2017.
- COSBY, D. E. *et al.* *Salmonella* and antimicrobial resistance in broilers: A review. **J. Appl. Poult. Res.**, v.24, p.408–426. 2015. Available at <<http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfv038>>Accessed in 29 July 2017.
- COSTA, T. D. *et al.* Qualidade microbiológica de tilápias obtidas de pescueiros no interior do estado de São Paulo, Brasil. **Ciência & Tecnologia**, v.8. 2016. Available in <<http://www.citec.fatecjab.edu.br/index.php/files/article/viewFile/705/pdf>> Accessed: 29 July 2017.
- CRUMP, J. A.; Heyderman, R. S. A Perspective on Invasive *Salmonella* Disease in Africa. **Clinical Infectious Diseases**, v.61, p.235–240. 2015. Available:< <https://doi.org/10.1093/cid/civ709>>Accessed: 18 feb2018.
- DEKKER, J. P.; FRANK, K. M. *Salmonella*, *Shigella*, and *Yersinia*. **Clinics in laboratory medicine**, v.35, p.225-246. 2015. Available at <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4443274/>>Accessed in 29 July 2017.
- DUARTE, D. A. M. *et al.* Ocorrência de *Salmonella* spp. e *Staphylococcus coagulase positiva* em pescado no Nordeste, Brasil. **Arquivo do Instituto Biológico**, v.77, p.711-713. 2010. Available at <[http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v77\\_4/duarte.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v77_4/duarte.pdf)>Accessed in 29 July 2017.
- EL-OLEMY, G. M. *et al.* Detection of some bacterial zoonosis in market fish in Qalyoubia province and their control. **Benha Veterinary Medical Journal**, v.2, p.5. 2014.
- EFSA. European Food Safety Authority. 2016. Guidelines for reporting data on zoonoses, antimicrobial resistance and foodborne outbreaks using the EFSA data models for the data collection framework (DCF) to be used in 2017 for 2016 data, ISSN 2397-8325. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/sp.efsa.2017.EN-1178/pdf>> access: 05 Feb. 2017.
- ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control), EFSA (European Food Safety Authority), and EMA(European Medicines Agency), 2017. ECDC/EFSA/EMA second joint report on the integrated analysis of the consumption of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from humans and food-producing animals – Joint Interagency Antimicrobial Consumption and Resistance Analysis (JIACRA) Report. **EFSA Journal**, v15, n.7, p.48-72. 2017. 135p. Available At <[doi:10.2903/j.efsa.2017.4872](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4872)> access 22 Jan. 2018.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200p.<<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>> access 22 Jan. 2018.
- FARIAS, M. D. C. A.; FREITAS, J. D. A. Qualidade microbiológica de pescado beneficiado em indústrias paraenses. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.67, p.113-117. 2008.

GAL-MOR, O. *et al.* Same species, different diseases: how and why typhoidal and non-typhoidal *Salmonella enterica* serovars differ. **Frontiers in Microbiology** v.5, n.391, p.1-10, 2014. Available at <<https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00391>>.Access: 22 Jan. 2018.

GOSSNER C. M. *et al.* Event-based surveillance of food- and waterborne diseases in Europe: 'urgent inquiries' (outbreak alerts) during 2008 to 2013. **Euro Surveill.** v.20,n.25, p.211-266, 2015; Available at <<http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=21166>>. Access: 22 Jan. 2018.

GRIMONT P. A. D.; WEILL, F. X. Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars, 9th edn. WHO Collaborating Center for Reference and Research on *Salmonella*. 2007. Institut Pasteur Paris, France.

HEINITZ, M. L. *et al.* Incidence of *Salmonella* in fish and seafood. **Journal of Food Protection**, v.63, p.579-592. 2000. Available at <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10826714>>Access: 22 Jan. 2018.

HOLT, K. E. *et al.* Pseudogene accumulation in the evolutionary histories of *Salmonella enterica* serovars Paratyphi A and Typhi. **BMC Genomics** v.10, p.36. 2009. Available at <10.1186/1471-2164-10-36> Access: 22 Jan. 2018

ISSENHUTH-JEANJEAN, S. *et al.* Supplement 2008e2010 (no. 48) to the WhiteeKauffmanLe Minor scheme. **Research in Microbiology** v.165, p.526-530, 2014. Available at <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resmic.2014.07.004>>Access: 22 Jan. 2018

JARVIS, N. A. *et al.* An overview of *Salmonella* thermal destruction during food processing and preparation. **Food Control**, v.68, p.280-290. 2016. Available at <<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.006>> Access: 22 Jan. 2018

LI, K., G. *et al.* *Salmonella* Weltevreden in integrated and non-integrated tilapia aquaculture systems in Guangdong, China. **Food Microbiology**, v.65, p.19-24. 2017. Available at <10.1016/j.fm.2017.01.014> Access: 22 Jan. 2018

MACHADO, T. R. M. *et al.* Avaliação da resistência de *Salmonella* à ação de desinfetantes ácido peracético, quaternário de amônio e hipoclorito de sódio. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.69, p.475-481. 2010.

MADIGAN, M. *et al.* Microbiologia De Brock. 12ª edição. 2010. editora Artmed.Porto Alegre.

NWIYI, P., ONYEABOR, A. Occurrence of *Salmonella* spp. from fresh fish (*Tilapia nilotica* Linn) using improved isolation methods. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v.2, p.475-478. 2012. Available at <<http://www.thejaps.org.pk/docs/Supplementary/v-25-sup-2/03.pdf>> Access: 22 Jan. 2018

OLIVEIRA, A. P., *et al.* *Salmonella enterica*: genes de virulência e ilhas de patogenicidade. **Enciclopédia Biosfera**, v.3, p.12.2013. Available at <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/salmonella.pdf>> Access: 22 Jan. 2018.

PAUDYAL, N. V. *et al.* Prevalence of foodborne pathogens in food from selected African countries–A meta-analysis. **International Journal of Food Microbiology**, v.249, p.35-43. 2017. Available at <10.1016/j.ijfoodmicro.2017.03.002> Access: 22 Jan. 2018.

RAUFU, I. A.; *et al.* Occurrence and antimicrobial susceptibility profiles of *Salmonella* serovars from fish in Maiduguri, sub-Saharan, Nigeria. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v.40, p.59-63. 2014. Available at <<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2014.01.003>> Access: 22 Jan. 2018.

SIRICHOTE, P. *et al.* Molecular characterization of extended-spectrum cephalosporinase-producing *Salmonella enterica* serovar Choleraesuis isolates from patients in Thailand and Denmark. **Journal Clinical Microbiology** v.48, p.883-888. 2010. Available at <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20032253>> Access: 22 Jan. 2018.

THIENNIMITR, P. *et al.* Salmonella, the host and its microbiota. **Current Opinion in Microbiology**, v.15, p.108-114. 2012. Available at < <https://doi.org/10.1016/j.mib.2011.10.002>> Access: 22 Jan. 2018.

THOMPSON, C.K. *et al.* Epidemiology and whole genome sequencing of an ongoing point-source Salmonella Agona outbreak associated with sushi consumption in western Sydney, Australia 2015. **Epidemiol. Infect.**, v.41, p.1-10. 2017. Available at <<https://doi.org/10.1017/S0950268817000693>> Access: 22 Jan. 2018

TRAORÉ, O., *et al.* Prevalence and diversity of Salmonella enterica in water, fish and lettuce in Ouagadougou, Burkina Faso. **BMC Microbiology**, v.15, p.151. 2015. Available at <<https://doi.org/10.1186/s12866-015-0484-7>> Access: 22 Jan. 2018.

WOTZKA, S, Y. *et al.* Salmonella Typhimurium Diarrhea Reveals Basic Principles of Enteropathogen Infection and Disease-Promoted DNA Exchange. **Cell Host & Microbe** v.21, n.12, p.443-454, 2017. Available at <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chom.2017.03.009>> Access: 22 Jan. 2018.

ZHANG, J., *et al.* Prevalence of antimicrobial resistance of non-typhoidal Salmonella serovars in retail aquaculture products. **International Journal of Food Microbiology** v.210, p.47-52. 2015. Available at <[10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.019](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.019)> Access: 22 Jan. 2018.

## **METABOLISMO DA COLINA E SUA IMPORTÂNCIA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS**

**Letícia Galvão Matoso**

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

**Fernando Bittarello**

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

**Cheila Roberta Lehen**

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

# RESUMO

A colina tem sido classificada como vitamina do complexo B, podendo ser sintetizada pelo fígado e requerida em grandes quantidades pois faz parte da estrutura dos fosfolipídeos, das membranas animais e de neurotransmissores como a acetilcolina. A colina participa das funções de transporte, de estrutura de membranas, das lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), além de possuir ação lipotrópica no fígado e carcaça. Já os principais sinais de deficiência de colina incluem baixo crescimento, lipidose hepática, hemorragia no rim e nas articulações e hipertensão. Poucos estudos exploram a ação da colina sobre o metabolismo e desempenho de suínos indicando resultados variáveis e contraditórios. Esta revisão visa explorar o mecanismo de ação da colina, compreender sua relação com a metionina além dos reflexos no desempenho de suínos em crescimento e terminação.

**Palavras-chave:** desempenho; carcaça; metionina; terminação.

## INTRODUÇÃO

A suinocultura desempenha um papel importante na segurança alimentar, contribuindo com uma fonte de proteína acessível e de alta qualidade para a dieta humana. Globalmente, países como China, Estados Unidos, Brasil e Alemanha são líderes na produção de suínos, com sistemas de criação variados. No Brasil, a suinocultura também é um setor significativo, com uma produção que atende tanto ao mercado interno quanto à exportação, impulsionada pela eficiência produtiva e pela qualidade da carne suína brasileira.

A alimentação adequada dos suínos é essencial para garantir seu crescimento, saúde e bem-estar, além de influenciar diretamente a qualidade da carne produzida. A formulação de dietas balanceadas, que atendam às necessidades nutricionais específicas desses animais em diferentes estágios de crescimento, é um aspecto crítico na produção suína. A compreensão dos princípios de nutrição, incluindo o equilíbrio de proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais, é fundamental para otimizar o desempenho e a rentabilidade da criação.

As vitaminas são componentes vitais para o funcionamento adequado do metabolismo dos suínos, desempenhando papéis críticos no sistema imunológico, no desenvolvimento ósseo, na reprodução e na conversão eficiente dos nutrientes da dieta em crescimento muscular. Os suínos têm necessidades específicas de vitaminas em diferentes estágios de crescimento, e a suplementação adequada é crucial para prevenir deficiências que podem levar a problemas de saúde, como raquitismo, distúrbios reprodutivos e doenças. Portanto, a formulação de dietas balanceadas que atendam às exigências de vitaminas dos suínos é fundamental para a produção suína bem-sucedida e economicamente viável.

## CARACTERIZAÇÃO DAS VITAMINAS

Vitaminas são substâncias essenciais ao metabolismo normal dos seres vivos e contribuem para o crescimento e manutenção da saúde. Esses nutrientes devem estar presentes na dieta, já que grande parte das vitaminas não são sintetizadas pelo organismo (MORENO *et al.*, 2012). De uma forma ampla pode ser afirmado que as vitaminas são precursoras de coenzimas, assim como hormônios, ou apresentam ação antioxidante (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014). Ainda segundo Rutz *et al.* (2014) o papel metabólico desses nutrientes é

mais complexo que o de outros. As vitaminas não são unidades estruturais ou fontes de energia, mas mediadoras, ou participantes de reações bioquímicas fundamentais. Além disso, são um grupo de compostos orgânicos que não se ajustam à classificação de macronutrientes. As vitaminas não são quimicamente relacionadas entre si, estando distribuídas nos reinos vegetal e animal.

As vitaminas são classificadas em lipossolúveis (solúveis em lipídios e solventes orgânicos – vitaminas A, D, E e K) e hidrossolúveis (solúveis em água – vitaminas do complexo B e vitamina C). A presença e concentração dessas substâncias variam entre os alimentos, e a disponibilidade é afetada por diversos fatores, como a interação com outros compostos. As exigências dos suínos também são afetadas por diversos fatores, como o potencial genético, fase de criação e presença de doenças (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014). A deficiência de vitaminas não se manifesta imediatamente, podendo levar semanas e até meses para serem observados sinais de carência (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014).

As vitaminas lipossolúveis são compostos constituídos de unidades de isopreno e desempenham papéis essenciais no metabolismo ou na fisiologia dos animais. São encontradas na fase lipídica nos alimentos e sua absorção intestinal está regulada pelos mesmos mecanismos de absorção de lipídeos. Exceto pela vitamina K, as vitaminas lipossolúveis podem ser armazenadas, principalmente no fígado. A vitamina A fornece o pigmento fotossensível dos olhos dos vertebrados e é um regulador de expressão gênica durante o crescimento das células epiteliais. A vitamina D é precursora de um hormônio que regula o metabolismo do Ca. A vitamina E funciona na proteção dos lipídeos de membrana contra o dano oxidativo, e a vitamina K é essencial no processo de coagulação sanguínea. Estas vitaminas podem se acumular e, ocasionalmente em casos de excesso, podem causar desordens metabólicas (GONZALES; SILVA, 2019).

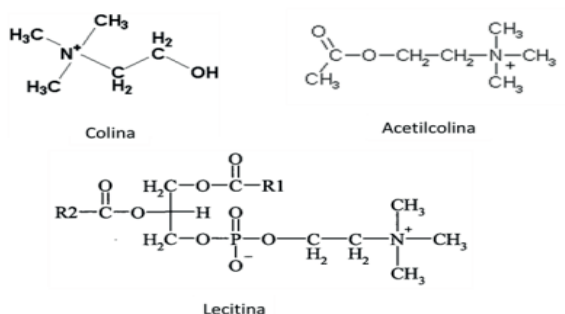
As vitaminas hidrossolúveis constituem um grupo de compostos estruturais e funcionalmente independentes que compartilham a característica de serem essenciais para o metabolismo animal, participando como coenzimas. De maneira geral (salvo a cianocobalamina), não são armazenadas em quantidades significativas no organismo, sendo o excesso rapidamente excretado via urinária, o que leva muitas vezes a necessidade de um suprimento diário dessas vitaminas (MCDOWELL, 2014).

A colina tem sido classificada como vitamina do complexo B. Pode ser sintetizada pelo fígado e é requerida em grandes quantidades, uma vez que faz parte da estrutura da maior parte dos fosfolípidos (> 50%) das membranas animais e do neurotransmissor acetilcolina. Diferente das demais vitaminas, a colina não participa de processos no organismo como coenzima. A colina foi isolada por Streker, em 1849, na bile de porcos a partir da lecitina (fosfatidil-colina). Mais tarde, em 1867, foi estabelecida a sua estrutura química por Bayer e em 1929 foi determinado o seu papel essencial na formação da acetilcolina. Na década de 1920 foi observado o potencial da colina na prevenção de lipidose hepática em cães, com privação de insulina, atribuindo desde então sua característica como “fator lipotrópico” (GRACIANO *et al.*, 2010).

### Bioquímica e metabolismo da colina

A estrutura da colina é uma amônia ligada a 3 grupos metila, que confirmam sua capacidade como doadora de grupos metila, além de estar unida a um grupo hidroxietila. A acetilcolina é um ácido acético com ligação éster de colina e a lecitina é um fosfoglicerídeo com uma colina ligada no C3. É um cristal branco muito solúvel em água e em álcool. A colina pura é um líquido viscoso e fortemente alcalina, com estabilidade higroscópica (MCDOWELL, 2014).

**Figura 1.** Estrutura da colina, acetilcolina e fosfatidilcolina (lecitina).



**Fonte:** Adaptado de Assumpção; Machado Filho, 2005.

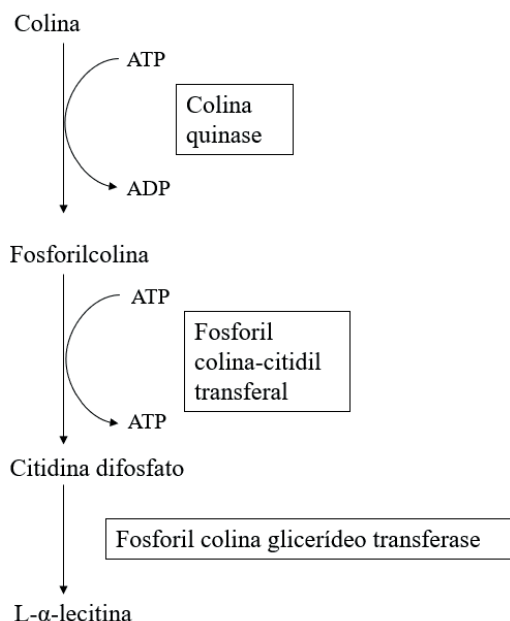
A colina pode ser obtida na dieta a partir do consumo de fosfolípidos que a contenham. Os requerimentos são bem maiores do que a maioria das

vitaminas, estando em torno de 2.000 ppm na dieta. A colina está presente em todos os tecidos como componente dos fosfolipídeos de membrana e sua liberação nas células ocorre por ação da fosfolipase C, que quebra a lecitina para render diacilglicerol e fosfocolina (MCDOWELL, 2014).

Apesar da síntese de colina ocorrer na maioria dos tecidos animais, principalmente no fígado, é deficitária para atender aos processos do organismo, sobretudo quando seus precursores (metionina, vitamina B12 e folacina) forem deficitários. A colina é sintetizada como lecitina nos tecidos, porém, antes deve ser convertida em colina Ativa. A molécula de colina é fosforilada pela enzima colina quinase utilizando um ATP como doador de fosfato. Este é o primeiro processo para síntese de fosfadilcolina (lecitina) que ocorre em vários tecidos (COMBS JUNIOR, 2008).

A fosfadilcolina é um elemento estrutural nas membranas, necessária para a formação da estrutura celular. Participa da absorção e transporte de lipídeos ao fígado e mobilização das gorduras hepáticas. A maior parte da fosfatidilcolina ingerida é absorvida como lisolecitina (produto da ação da lipase pancreática), através da reciclagem no enterócito pelo metabolismo microbiano (COMBS JUNIOR, 2008).

**Figura 2.** Processo de formação da fosfatidilcolina.

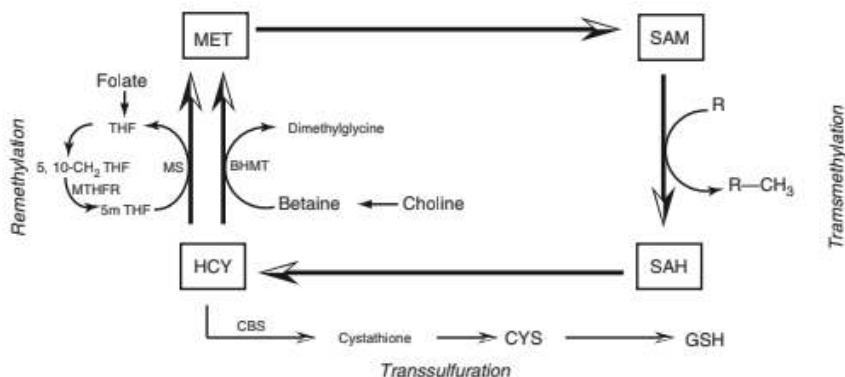


**Fonte:** COMBS JUNIOR, 2008.

Apenas uma pequena quantidade da colina é acetilada com acetil-CoA para produzir acetilcolina. A acetilcolina é um importante neurotransmissor mediador da atividade nervosa, produzido a partir do ácido acético e colina. Através da reação enzima colina-acetiltransferase (coenzima A) com o ácido acético é gerado a acetil-CoA. A acetil-CoA acetila a colina formando a acetilcolina. O processo inverso pode ocorrer facilmente no organismo através da ação da acetilcolinesterase (CRONJE, 2016).

A colina em si não pode ser utilizada como doadora de grupos metil. Primeiramente ela deve ser oxidada em betaína, para então ser uma fonte de grupos metílicos para processos de transmetilação como a síntese de metionina (CRONJE, 2016).

**Figura 3.** Esquema ilustrando o ciclo da metionina. BHMT: betaína-homocisteína metiltransferase; CBS: cistationina b-sintase; HCY: homocisteína; CYS: cisteína; GSH: glutatona; MET: metionina; MS: metionina sintase; MTHFR: 5,10-metilenotetrahidrofolato redutase.



Fonte: CRONJE, 2016.

A absorção de colina ocorre no jejuno e íleo por três sistemas de transporte: (1) transportador de alta afinidade Na<sup>+</sup>- dependente que também fornece colina para a síntese de acetilcolina em neurônios colinérgicos; (2) por transportadores de baixa afinidade Na<sup>+</sup> independente da família dos transportadores de cátions orgânicos e por (3) difusão passiva (COMBS JUNIOR, 2008). Apenas um terço da colina ingerida é absorvida de forma livre. O restante é transformado em trimetilamina pelos microrganismos intestinais, sendo absorvida, depositada na carne e ovos ou excretada via urina em aproximadamente 6 a 12 horas após o consumo (LEESON; SUMMERS, 2001; COMBS JUNIOR, 2008; RUTZ *et al.*, 2008).

## Funções da colina

A colina participa das seguintes funções: (1) na forma de lecitina faz parte da estrutura das membranas celulares e das lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), que transportam triglicerídeos no sangue, além de ser fator essencial no amadurecimento da cartilagem óssea; (2) é um “fator lipotrópico” evitando a esteatose hepática mediante a promoção do transporte de ácidos graxos na forma de lecitina ou a utilização dos ácidos graxos no próprio fígado; (3) é precursora da acetilcolina, neurotransmissor do sistema nervoso parassimpático; e (4) é fonte de grupos metila participando da síntese de metionina e creatina (SMITH; AKINBAMIJO, 2000).

## Exigências e deficiências

Antigamente, a colina era classificada como vitagênio, ou seja, tem todas as características funcionais das vitaminas, diferindo delas por fornecer energia e participar como unidade estrutural das células. Além disso, a colina se diferencia pela quantidade requerida pelos animais, chegando a ser até 20 vezes superior as demais (MORENO *et al.*, 2012).

**Tabela 1.** Níveis de suplementação de vitaminas para rações de suínos (quantidade por kg de ração).

| Nutriente       | Unidade   | Pré-Inicial | Inicial    | Crescimento | Terminação | Reprodução |
|-----------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
| <b>Colina</b>   | <b>mg</b> | <b>340</b>  | <b>262</b> | <b>195</b>  | <b>135</b> | <b>780</b> |
| Vitamina A      | UI        | 11617       | 10931      | 6644        | 4600       | 10400      |
| Vitamina D      | UI        | 1476        | 2405       | 1461        | 1012       | 1560       |
| Vitamina E      | UI        | 70          | 65,6       | 39,8        | 33         | 58,5       |
| Vitamina K      | mg        | 5,03        | 3,87       | 3,05        | 2,38       | 2,6        |
| Vitamina B1     | mg        | 1,704       | 1,31       | 0,97        | 0,675      | 1,3        |
| Vitamina B2     | mg        | 6,35        | 4,89       | 3,63        | 2,51       | 5,2        |
| Ac. Nicotínico  | mg        | 50,35       | 38,8       | 24          | 19,9       | 32,5       |
| Ac. Pantotênico | mg        | 25,5        | 19,7       | 12          | 10,1       | 20,8       |
| Vitamina B6     | mg        | 3,45        | 2,62       | 1,61        | 1,35       | 1,95       |
| Vitamina B12    | mg        | 0,035       | 0,027      | 0,02        | 0,014      | 0,026      |
| Ácido Fólico    | mg        | 0,542       | 0,418      | 0,31        | 0,215      | 1,3        |
| Biotina         | mg        | 0,170       | 0,131      | 0,097       | 0,067      | 0,325      |

**Fonte:** Adaptada de ROSTAGNO, H. S. *et al.*, 2017.

Os principais sinais de deficiência de colina incluem baixo crescimento, lipidose hepática, perose em aves, hemorragia no rim e nas articulações e

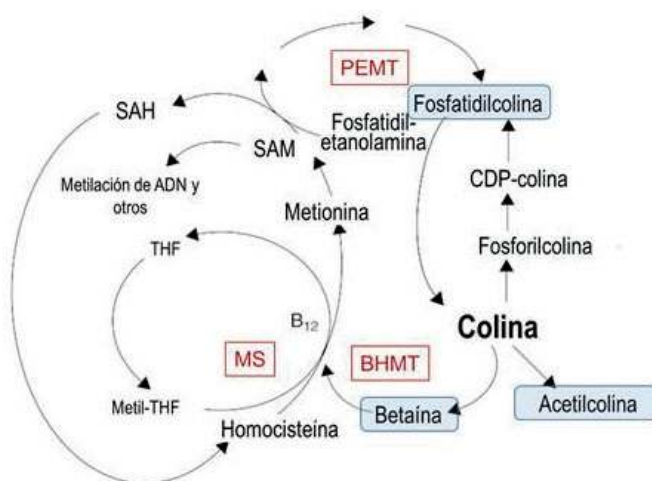
hipertensão. A severidade dos sinais clínicos está influenciada por outros nutrientes como metionina, vitamina B12, folacina e gordura (MORENO *et al.*, 2012).

Em suínos, a deficiência de colina produz leitões de conformação alterada (pernas curtas e barrigudos), incoordenação de movimentos, lipidose hepática, oclusão renal e, em recém-nascidos, uma condição de pernas estendidas que pode ser prevenida com suplementação de colina nas fêmeas gestantes. Esta última condição aumenta quando é reduzida a quantidade de alimento fornecido às porcas gestantes (de 3,2 a 1,5 kg/dia), o que resulta em menor consumo de colina e metionina. A deficiência de colina também se manifesta nas porcas por baixa taxa de concepção e diminuição da leitegada (MORENO *et al.*, 2012).

### Relação entre colina e metionina

Visto anteriormente, a colina e a metionina são dependentes, pois ambas são necessárias em vários processos metabólicos. A biossíntese de colina no organismo animal acontece nos tecidos, e para isso tem a participação da metionina através da doação de grupos metil. A serina é descarboxilada a etanolamina e posteriormente metilada a monometilenanolamina que é metilado a colina (LÓPEZ-SOBALER *et al.*, 2020).

**Figura 4.** Esquema do metabolismo da colina. B12: vitamina B12; BHMT: betaína-homocisteína S-metiltransferase; CDP-colina: citidina difosfolcolina; MS: metionina sintetase; PEMT: fosfatidiletanolamina metiltransferase; HAS: S-adenosil-homocisteína; SAM: S-adenosil.



Fonte: LÓPEZ-SOBALER *et al.*, 2020.

O envolvimento das vitaminas folacina e B12, bem como da metionina, no metabolismo dos grupos metila, faz com que estas substâncias possam substituir parcialmente as necessidades de colina. Esta última função (doador de grupos metila) constitui o principal fator que determina a patologia em casos de deficiência de colina, o metabolismo insuficiente de colina/metionina está associado a problemas hepáticos, diminuição da secreção de lipoproteínas, hipoglicemia, retardo no crescimento etc. (LÓPEZ-SOBALER *et al.*, 2020).

### **Estudos de desempenho em suínos**

O efeito da colina no desempenho de suínos em crescimento e terminação é pouco explorado. Na abordagem sistêmica identificamos que em dietas onde há redução de teor de PB não há reflexo positivo do uso de colina em animais de crescimento e terminação (Tabela 2). O estudo de Matoso (2024) identificou que mesmo quando a metionina na dieta é deficiente, a suplementação de colina não é capaz de melhorar as características de ganho de peso e conversão alimentar. A principal função da colina no organismo animal é ser fonte de grupos metil, os quais participam do processo de formação da metionina. No entanto, a utilização de cloreto de colina indicou uma diminuição no peso corporal de leitões, quando fornecido para porcas e leitões, sendo associado pelo autor as variações na composição das dietas basais (HE *et al.*, 2021).

A participação da colina no metabolismo da metionina sugere que pode ter ação importante na deposição muscular, indicando uma melhora no ganho de peso. Estudos recentes em suínos relataram que a suplementação de 0,05% de cloreto de colina por 96 dias aumentou significativamente o ganho de peso corporal (ZHAN *et al.*, 2023). Além disso é esperado que a colina tenha efeito positivo nas características de carcaça, sendo aumento da carne magra e redução da espessura de gordura. A alta concentração da vitamina pode diminuir o substrato disponível para síntese de ácidos graxos e consequente deposição. A suplementação de dietas livres ou deficientes em metionina, pode melhorar o desempenho de crescimento dos suínos, devido a melhora na retenção do nitrogênio e acúmulo de proteína muscular (ZIMMERMANN *et al.*, 2005). O que pode explicar em parte os resultados na melhora na conversão alimentar de suínos alimentados com colina (MILLER *et al.*, 2022).

A resposta da suplementação de colina também pode depender da fase animal e do período de avaliação. Na terminação a colina pode ser benéfica na redução da deposição de gordura, algo preconizado pelas indústrias. Em características de carcaça observa-se uma maior relação de carne magra e menor quantidade de gordura intramuscular em suínos alimentados com dietas contendo colina (GARCIA *et al.*, 2023). Entretanto, a inclusão de colina na dieta deve considerar o custo-benefício e a interação com outros nutrientes metiladores. O uso de colina também pode reduzir a necessidade de proteínas de origem animal e contribuir para formulações mais sustentáveis.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A colina é um nutriente multifuncional de importância estratégica na nutrição de suínos. Sua suplementação adequada promove saúde hepática, desempenho produtivo e eficiência alimentar. Pesquisas contínuas são necessárias para ajustar níveis ótimos de inclusão conforme o genótipo, fase produtiva e desafios ambientais.

**Tabela 2.** Efeito das fontes de colina sobre o desempenho de leitões em creche e suínos em crescimento e terminação.

| Artigo                     | Fonte <sup>1</sup> | Nível, ppm      | Aditivo         | Nº Animais | Categoria | Padrão Dieta <sup>2</sup> | Nutriente Limitante <sup>3</sup> | Peso Inicial, kg | Peso final, kg | Desempenho |           |                            |                   |
|----------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------|---------------------------|----------------------------------|------------------|----------------|------------|-----------|----------------------------|-------------------|
|                            |                    |                 |                 |            |           |                           |                                  |                  |                | GMD, g/dia | CA        | Digestibilidade Nutrientes | Espessura Gordura |
| Siljander-Rasi, 2003       | CC                 | 578;1155;2310;  | Betaina         | 70         | C/T       | M+FS                      | -                                | 30,0             | 98,4           | •          | •         | -                          | •                 |
| Siljander-Rasi, 2016       | CC                 | 578;1155;2310;  | Betaina         | 70         | Cres/Term | M+FS                      | -                                | 29,6             | 98,0           | •          | •         | -                          | •                 |
| Soto <i>et al.</i> , 2017  | CC                 | 300             | Potássio        | 284        | T         | M+FS                      | PB↓                              | 112              | 133            | •          | •         | -                          | •                 |
| Smith <i>et al.</i> , 1994 | CC                 | 100             | Betaina         | 80         | T         | M+FS                      | -                                | 60,0             | 104            | ▼ (1,7%)   | ▲ (7,14%) | -                          | •                 |
| He <i>et al.</i> , 2021    | CC                 | 597; 500; 1097; | Acidos Biliares | 128        | Cr        | -                         | -                                | 8,21             | 25,2           | ▲ (8,4%)   | •         | ▲ (8,4%)                   | •                 |
| Jiao <i>et al.</i> , 2019  | CC; B;             | 500             |                 | 90         | T         | M+FS                      | -                                | 82,2             | 111            | ▲ (4,29%)  | •         | ▲ (4,29%)                  | ▲ (3,32%)         |
| Ochoa <i>et al.</i> , 2018 | CC                 | 500             | Lisina          | 1190       | C/T       | -                         | PB↓                              | 31,0             | 128            | •          | •         | -                          | •                 |
| Jakob <i>et al.</i> , 1998 | CC                 | 855             |                 | 6          | Term      | -                         | -                                | -                | -              | -          | -         | -                          | -                 |

**Legenda:** ▲: Aumento (p<0,05), ▼: Redução (p<0,05), •: Não alterado (p>0,05), (variação, %).<sup>1</sup> Fonte de colina, CC: cloreto de colina, B: biocolina; <sup>2</sup>Padrão da dieta, M+FS: milho e farelo de soja; <sup>3</sup>PB: proteína bruta. – não informado. Cr – creche; C – crescimento; T - terminação

## REFERÊNCIAS

- ASSUMPÇÃO, R. T. M. D.; MACHADO FILHO, C. D. S. Uso dermatológico da fosfatidilcolina. **Arquivo Medicina Abc**, v. 1, n. 31, p. 41-45, 2005.
- COMBS JUNIOR, G. F. **The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health**. Cornell University, Division of Nutritional Sciences – 3 ed, p.583, 2008.
- CRONJE, P. B. Essential role of methyl donors in animal productivity. **Animal Production Science**, v. 58, n. 4, p. 655-665, 2016.
- GARCIA, T. *et al.* The Impact of Nutritional Additives on Carcass Composition of Pigs. **Meat Science Research**, v. 15, n. 1, p. 92-101, 2023.
- GRACIANO, T. S. *et al.* Desempenho e morfologia hepática de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dietas suplementadas com metionina e colina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p.737- 743, 2010.
- GONZALES, F.H.D, SILVA, S. C. **Minerais e vitaminas no metabolismo animal** – Porto Alegre: Laboratório de Análises Clínicas, Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, p. 135, 2019.
- HE. *et al.* Methyl-Donor micronutrient for gestating sows: effects on gut microbiota and metabolome in offspring piglets. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, p. 1-15, 2021.
- JAKOB, S. *et al.* Diurnal pattern of choline concentrations in serum of pigs as influenced by dietary choline or lecithin intake. **Z Ernährungswiss**, v. 37, p. 353–357, 1998.
- JIAO, Y.; LEE, S. I.; KIM, I. H. Effect of choline chloride with propylene glycol on growth performance and meat quality in finishing pigs. **Agricultural Research Communication Centre**, p. 1349-1353, 2019.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. **Commercial poultry nutrition**. Guelph: University Books – 4 ed., 2001.
- LÓPEZ-SOBALER, A. M. *et al.* Importancia de la colina em la función cognitiva. **Nutrição Hospitalar**, v. 37, p. 18-23, 2020.
- LOVATTO, P.A. *et al.*, Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 36, p. 285-294 2007.
- MATOSO, L. G. **Uso de colina para suínos em crescimento e terminação**. Orientadora: Profa. Dra. Cheila Roberta Lehen. Dissertação (Mestrado) – Zootecnia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2024.
- MCDOWELL, L. R. **Vitamins in animal and human nutrition** – 2 ed. New Dehli: Wiley India, 2014.
- MORENO, A.M. *et al.* **Doenças dos suínos** – 2 ed. p.611-626, 2012.
- MILLER, R. *et al.* Choline's Role in Feed Conversion Efficiency in Swine. **Animal Nutrition Science**, v. 12, n. 3, p. 789-798, 2022.
- RUTZ, F. *et al.* Absorção de vitaminas. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L., GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte** – 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p. 149-166, 2008.
- OCHOA, L. *et al.* Evaluation of supplementation of potassium chloride and choline chloride in high feed grade amino acid finishing diets. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 185-186, 2018.
- ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV / DZO, 2011.

- RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C. Digestão, absorção e metabolismo das vitaminas. *In*: SAKOMURA, N. K. *et al.* **Nutrição de Não Ruminantes**. São Paulo: FUNEP, p. 145-165, 2014.
- SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J.J.; ST-PIERRE, N.R. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v.2, n.8, p. 1203-1214, 2008.
- SILJANDER-RASI, H. *et al.* The effect of equi-molar dietary betaine and choline addition on performance and carcass quality of pigs. **Proceedings of the British Society of Animal Science**, v. 2001, p. 7, 2016.
- SILJANDER-RASI, H. *et al.* Effect of equi-molar dietary betaine and choline addition on performance, carcass quality and physiological parameters of pigs. **Animal Science**, v.76, p.55-62, 2003.
- SMITH, O. B.; AKINBAMIJO, O. O. Micronutrients and reproduction in farm animals. **Animal Reproductive Science**, v. 60-61, p. 549-560, 2000.
- SMITH, J.W. *et al.* The effects of supplementing growing finishing swine diets with betaine and (or) choline on growth and carcass characteristics. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v. 0, n. 10, p. 158-160, 1994.
- SOTO, J.A. *et al.* Dietary supplementation of choline or potassium in low crude protein diets on growth and carcass performance of finishing pigs from 245 to 295 lb. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v. 3, n. 7, p. 1-7, 2017.
- XIE, Z. *et al.* Short-term dietary choline supplementation alters the gut microbiota and liver metabolism of finishing pigs. **Frontiers In Microbiology**, v. 14, art. 1266042, 2023.
- ZIMMERMANN, B. *et al.* Comparative Studies on the Relative Efficacy of DL-methionine and Liquid Methionine Hydroxy Analogue in Growing Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v 18, n. 7, p. 1003-1010, 2005.
- ZHAN, X. *et al.* Choline supplementation regulates gut microbiome diversity, gut epithelial activity, and the cytokine gene expression in gilts. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, art. 1101519, 2023.

## **METABOLISMO DO ZINCO E O USO DO ÓXIDO DE ZINCO NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES EM CRECHE**

Guilherme Beber Jasluk  
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

Cheila Roberta Lehnem  
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

# RESUMO

Os leitões na fase da creche continuamente são desafiados principalmente por alterações no ambiente, dieta e hierarquias sociais. O Zinco (Zn) é responsável pela síntese de mais de 300 enzimas, que estão relacionadas com o crescimento animal. A suplementação de Zn aos suínos pode ser feita através do óxido de zinco (ZnO), que teve um aumento significativo nas últimas décadas. Esta fonte ao ser utilizada em doses farmacológicas, com suplementação entre 2000-4000 ppm melhoram os resultados de desempenho, de ação antibacteriana e em nível intestinal, o sistema imunológico e antioxidante. Nos leitões, o ZnO é absorvido normalmente em pequenas quantidades no estômago e em maiores quantidades nos intestinos, principalmente no delgado. Por outro lado, os altos níveis de ZnO nas dietas dos suínos, acarretam aumento na poluição ambiental, devido a grande quantidade de Zn excretada nos solos. Recentemente a União Europeia limitou a utilização de ZnO a 150 ppm entretanto, os resultados de desempenho anteriormente observados foram limitados. Atualmente, outros análogos ao ZnO estão sendo utilizados em dietas para leitões, com o intuito de se utilizar doses baixas, mas que proporcionem resultados semelhantes às doses farmacológicas. Neste sentido, a revisão tem como objetivo abordar de forma sistêmica o processo de absorção e metabolismo do Zn, suas interrelações entre minerais em nível luminal e metabólico e uma ampla discussão quanto ao uso do óxido de zinco e seus análogos como aditivo promotor de crescimento em leitões na fase de creche.

**Palavras-chave:** suínos; aditivos; análogos; desempenho; pós-desmame.

## INTRODUÇÃO

O período mais desafiador da fase de creche ocorre no pós-desmame dos leitões devido à grande quantidade de fatores estressores como ambiental, social e alimentar. Nesse período os animais estão mais suscetíveis a desordens intestinais e vulneráveis imunologicamente. Este cenário favorece o surgimento de infecções bacterianas causando diarreias nos leitões, a principal doença que acomete esses animais no período de creche (ZHENG *et al.*, 2021; TANG *et al.*, 2024). Entre as alternativas destaca-se o óxido de zinco (ZnO) responsável por promover o desempenho dos lotes e minimizar o impacto das diarreias em leitões em creche (BONETTI *et al.*, 2021). A utilização em doses farmacológicas de ZnO proporciona ao animal resultados excelentes em níveis de desempenho zootécnico, efeito antibacteriano e em nível intestinal, especialmente associadas a redução da diarreia, melhora no status imunológico e capacidade oxidativa e além da modulação da microflora intestinal (JANCZYK *et al.*, 2013; SUN *et al.*, 2019; BECKER *et al.*, 2022; WANG; YU; KIM, 2023).

Entretanto grande parte do Zn presente nas dietas, especialmente em doses farmacológicas é excretado pelos suínos e lançado ao meio ambiente. Entende-se que cerca de 80% do ZnO ingerido pelos leitões não é aproveitado e passa ser um contaminante em potencial. Devido ao grande impacto ambiental causado pelo Zn a União Europeia limitou sua utilização a 150 ppm ou mg/kg (LIU *et al.*, 2018). Neste sentido, é essencial compreender o metabolismo do Zn, seus mecanismos de absorção e transporte, sua aplicabilidade com potencial farmacológico para leitões em creche, além de um foco sustentável por meio de estudos com fontes análogas de óxido de zinco.

A aplicação de dejetos dos suínos no solo pode levar ao acúmulo de metais pesados no solo, como o Zn. Quando utilizados em quantidades excessivas esses metais podem se tornar prejudiciais aos organismos (AMPOFO; AWORTWE., 2017). No entanto, há uma correlação muito forte entre o uso excessivo do ZnO nas granjas e o acúmulo de Zn no meio ambiente (LIU *et al.*, 2018; LUISE *et al.*, 2024). O principal problema está no grande volume de dejetos produzidos e na sustentabilidade da atividade de criação. Os dejetos oriundos da produção de suínos são um importante ponto relacionado a poluição do solo, da água e do ar. No entanto, os dejetos dos suínos, quando aplicado em terras agrícolas com

o objetivo de melhorar a fertilidade do solo e o conteúdo de matéria orgânica pode resultar em contaminação de águas superficiais e subterrâneas, devido a presença de nitrato e fosfato (ROSA *et al.*, 2017; AMPOFO; AWORTWE., 2017).

## **ZINCO E SEU PAPEL NO METABOLISMO ANIMAL**

Os minerais são divididos em dois grupos, os macros minerais e micro-minerais. Os macrosminerais são requeridos em maiores quantidades pelo organismo do animal, e suas funções são principalmente de origem fisiológica e metabólica (MARQUES *et al.*, 2016). Como exemplos de macro minerais, há: enxofre, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, sódio e cloro. Os microminerais, oligoelementos são o ferro, cobre, manganês, zinco, níquel, cobalto, selênio, cromo, molibdênio, estanho, flúor, iodo, sílica, vanádio e arsênio (HORACIO; ROSTAGNO; GOMES, 2017). Os microminerais são de extrema importância ao organismo, possuem funções metabólicas, reprodutivas e de crescimento, sendo essenciais para ação catalítica de enzimas, agem em associações com elementos de origem proteica melhorando a atividade enzimática (AO *et al.*, 2017). Os oligoelementos possuem uma baixa biodisponibilidade no organismo apresentando uma absorção pequena pois são formados por complexos com outras substâncias que podem interferir negativamente nos processos digestivos (EINHORN; HAASE; MAARES., 2024).

O Zinco (Zn) apresenta número atômico 30, é um elemento de cor branco azulada e apresenta propriedades brilhantes e diamagnéticas sendo sua estrutura cristalina hexagonal. Este mineral é considerado o 24º elemento mais abundante na crosta terrestre. É um mineral com vasta importância biológica e de saúde pública, seja humana ou animal (WANI *et al.*, 2017). Dentro do organismo, o Zn é fundamental para processos moleculares, celulares, metabólicos e imunológicos, como respostas anti-inflamatórias, antioxidantes e antiapoptóticas (ATTAR., 2020). Em suínos, o Zn atua em diversas reações e como ativador de diversas enzimas (WU, 2017). Apresenta como sua maior funcionalidade dentro do organismo a produção e secreção de hormônios, estabilidade genômica, auxilia na ativação de diversas metaloenzimas, metabolismo de proteínas (síntese e degradação), metabolismo de ácidos nucleicos, carboidratos, lipídeos e energia, síntese de mais de 300 enzimas relacionadas ao crescimento animal. Além disso,

tem papel na cicatrização da epiderme, como também na integridade do sistema imunológico, transporte de vitaminas A e E e ainda, processos relacionados à reprodução (WU., 2017). Os leitões na fase de creche apresentam uma exigência de 80 a 100 mg/kg de Zn. Em nível intestinal, o Zn é importante na manutenção da barreira intestinal e sua funcionalidade, proporcionando a regeneração do tecido epitelial e estimulando o crescimento de enzimas de borda em escova (LUISE *et al.*, 2024) e na prevenção de diarreias (WU., 2017).

A deficiência do Zn pode acarretar retardo de crescimento, perda de apetite, anormalidades esqueléticas e paraqueratose, condição associada a hiperqueratização da pele dos suínos (LIU *et al.*, 2018; LUISE *et al.*, 2024; WU., 2017). Em nível intestinal, a sua deficiência pode acarretar sérios problemas. A diminuição da absorção de nutrientes da dieta e redução da secreção de enzimas digestivas, ocorre devido a atrofia das vilosidades intestinais, principalmente no jejuno, reduzindo o número de vilos por unidade de área (LUISE *et al.*, 2024). Por outro lado, ocorre a toxicidade pelo Zn que pode resultar em estresse oxidativo e apoptose celular. No entanto, o Zn em excesso prejudica a absorção de outros minerais, como ferro, cobre e níquel pelo intestino delgado. Em relação ao desempenho animal, influencia na ingestão reduzida de ração, prejudicando o crescimento, risco de incidência de doenças, danos ao trato reprodutivos dos machos e aumento de doenças infecciosas (WU., 2017).

Na Tabela 1 são apresentadas as principais enzimas relacionadas ao Zn e suas funcionalidades. Anidrase carbônica, fosfatase alcalina, carboxipeptidases, álcool desidrogenase, superóxido dismutase, proteína C quinase, ácido ribonucleico polimerase e transcriptase reversa são enzimas ligadas ao metabolismo intermediário e de resposta imune (MAFRA., 2004; ATTAR., 2020; WU., 2017). Neste contexto, destacam-se enzimas com funções estruturais, como na participação na estabilização de proteínas que interagem com o DNA, com proteínas que apresentam papel estrutural ou de sinalização. As ligadas ao sistema imune são responsáveis pela maturação de células de defesas, os linfócitos, auxilia na sinalização de células invasoras, como bactérias e vírus, participa nas sínteses e replicação do DNA das células, na transcrição do RNA e na síntese da proteína gustina (KOURY; DONANGELO., 2003). Como por exemplo o Zn liga-se a albumina, é armazenado e transferido em metaloproteína, apresentando função estrutural em fatores de transcrição (WANI *et al.*, 2017). A deficiência deste

mineral ocasiona diminuição na função imunológica e resistência a infecções (JANCZYK *et al.*, 2013; WANG; YU; KIM, 2023).

**Tabela 1.** Enzimas influenciadas pelo Zinco e suas funções.

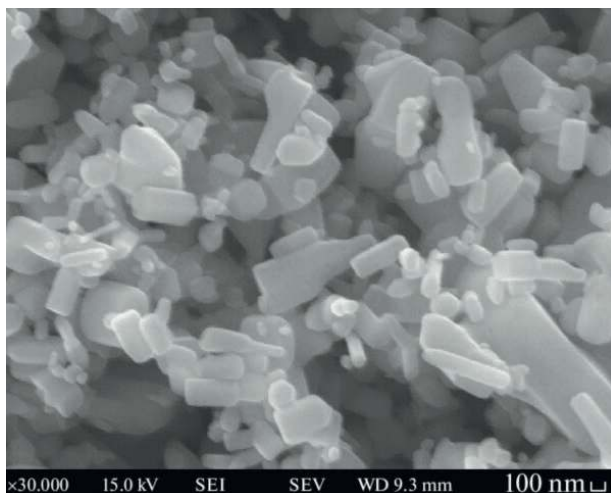
| Enzimas                             | Funções                                        |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|
| Anidrase Carbônica                  | Transporte de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> |
| Fosfatase Alcalina                  | Hidrolisa monoésteres de fosfato               |
| Carboxipeptidases                   | Digestão de proteínas dietéticas               |
| Álcool desidrogenase                | Catabolismo de álcool                          |
| Superóxido dismutase                | Neutraliza os radicais livres                  |
| Ácido ribonucleico polimerase       | Transcreve DNA em RNA                          |
| Transcriptase reversa               | Sintetiza DNA a partir do RNA                  |
| Proteína C quinase                  | Regula processos celulares essenciais          |
| Fosfolipase C                       | Sintetização e regulação celular               |
| Componente 9 do Sistema Complemento | Sistema Imunológico                            |
| Metalotioneína                      | Regula concentração de Zn                      |
| Timulina                            | Hormônio do Sistema Imunológico                |

**Fonte:** WU (2017, p 587).

A suplementação de óxido de zinco (ZnO) (Figura 1) na produção animal, especialmente para suínos, teve um aumento significativo nas últimas décadas. Especialmente após 2006 quando o uso de antibióticos como promotores de crescimento nas rações de suínos e aves foram banidos na União Europeia (UE) devido à resistência microbiana e seu efeito residual na carne (BECKER *et al.*, 2022; WANG; YU; KIM, 2023). O ZnO apresenta diversas funções no metabolismo dos leitões em creche. Dentro da indústria suinícola, o ZnO é suplementado em doses farmacológicas (2000-4000 ppm), normalmente nas duas primeiras semanas pós-desmame (WANG *et al.*, 2018; DAHMER; JONES; FERREYRA, 2023). O uso em ampla escala do ZnO deve-se ao seu baixo custo de fabricação e mistura em dietas dos animais. A utilização em doses farmacológicas proporciona ao animal resultados excelentes em níveis de desempenho, efeito antibacteriano e em nível intestinal, especialmente associadas a redução da diarreia, melhora no status imunológico e capacidade oxidativa e auxilia na modulação da microflora intestinal (JANCZYK *et al.*, 2013; SUN *et al.*, 2019; BECKER *et al.*, 2022; WANG; YU; KIM, 2023). No entanto, a absorção do ZnO pelos suínos é baixa, grande parte do ZnO ingerido é excretado nas fezes e não é absorvido pelo animal, ou

seja, a inclusão de altos níveis de ZnO nas dietas dos leitões e suínos é grande problema ao meio ambiente (BONETTI *et al.*, 2021).

**Figura 1.** Micrografia do óxido de zinco.



**Fonte:** NIKITAEV *et al.*, 2022.

Em 2016 uma ampla discussão na União Europeia sobre os níveis acumulados de Zn no solo culminou em diretrizes banindo a utilização em doses farmacológicas, a partir de 2022, os níveis máximos de inclusão do ZnO nas dietas de suínos. Em vista do impacto ambiental o uso autorizado na UE é de 150 ppm de ZnO nas dietas dos leitões em período de creche (BONETTI *et al.*, 2021). Entretanto, países da Ásia e América ainda utilizam doses farmacológicas na suinocultura (DAHMER; JONES; FERREYRA, 2023).

As principais fontes de Zn nos solos são oriundas dos processos presentes nas indústrias, devido as extensas atividades de mineração e fundição. Outra fonte de poluição são as práticas agrícolas, no qual o esterco suíno é utilizado posteriormente como fertilizante. A utilização excessiva e imprópria deste fertilizante pode ocasionar o acúmulo das fontes de Zn, principalmente do ZnO. A limitação de doses farmacológicas do ZnO na produção animal, principalmente na suinocultura, aconteceu devido ao grande aporte poluidor do mineral. Devido ser um composto com baixa absorção e alta excreção no meio ambiente, é prejudicial ao equilíbrio dos ecossistemas do solo e aquáticos (VAN *et al.*, 2024). Nos solos, a poluição pelo ZnO tende a afetar o equilíbrio

biológico do solo e dos microrganismos, prejudicar o ciclo dos nutrientes e a fertilidade do solo, além de interferir na absorção e transporte de nutrientes essenciais, como do ferro e manganês nas plantas (KOAGOUW *et al.*, 2022). Porventura, nos ecossistemas aquáticos, o ZnO prejudica o crescimento e a sobrevivência de certos organismos, devido a toxicidade a eles, diminui níveis de oxigênio (VAN *et al.*, 2024).

O ZnO pode contribuir para resistência microbiana, o uso de ZnO em leitões pós-desmame favorece a seleção e desenvolvimento de *E.coli* resistente a alguns antimicrobianos (EKHLAS *et al.*, 2023). Experimentos *in vitro* com bactérias submetidos a condições de estresse, como exposição a metais pesados, induz a aquisição de genes resistentes (CIARAMELLANO *et al.*, 2024). A utilização profilática de antibióticos e/ou ZnO no desmame de leitões, favoreceu a seleção de cepas resistentes a medicamentos que carregam elementos genéticos móveis (MGEs) sendo observada a associação da suplementação de ZnO e um maior número de *E.coli* multirresistentes a medicamentos. Tal fenômeno pode estar ligado a alterações intestinais, imunológicas, no proteoma hepático, nas mucinas e na metilação afetando a diversidade de *E.coli* nos intestinos (EKHLAS *et al.*, 2023).

### **Funções do ZnO no organismo**

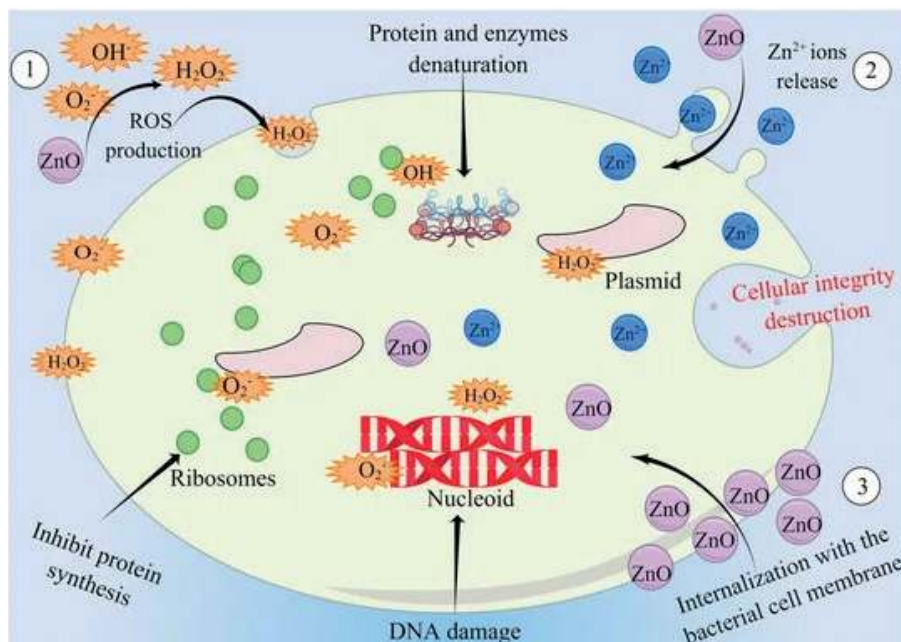
O ZnO é uma molécula anfotérica, ou seja, é quase insolúvel em água, mas apresenta alta solubilidade em pH ácido. No ambiente gástrico dos leitões, onde o pH é baixo, em torno de 2,33-3,99, a maior parte do ZnO solúvel é absorvida, por volta de 90% (YOUN; CHOI., 2022). Portanto, apenas uma pequena quantidade de ZnO não é absorvida, e nos intestinos poderá atuar, onde é o principal local de ação do ZnO (LEI; KIM, 2018). Em dietas de leitões na fase de creche, o óxido de zinco é muito utilizado, principalmente em doses farmacológicas, que variam de 2000 a 4000 ppm ou mg/kg. A suplementação de ZnO nas dietas de leitões na creche reduz a incidência de diarreia e a mortalidade dos animais, melhorando o desempenho zootécnico, além de auxiliar na melhora da ingestão e digestão da dieta em período de pós-desmame dos leitões, podendo melhorar de 14%-17% (LEI; KIM, 2018; LIU *et al.*, 2018; LUISE *et al.*, 2024).

O período pós-desmame é crítico, devido à grande carga de estresse, sendo ambiental, social e alimentar que esses animais passam, proporcionando

com que esses animais possam desenvolver infecções bacterianas causando diarreias nos leitões (ZHENG *et al.*, 2021; TANG *et al.*, 2024). No desmame os leitões enfrentam múltiplos estressores, como mudança da dieta líquida para a sólida, separação das suas mães e ninhadas, misturas de leitegadas e nova hierarquia dentro da baia (WIJTEN; MEULEN; VERSTEGEN., 2011; TANG *et al.*, 2022). O aumento de incidência de diarreias nas granjas causa perdas econômicas e pode levar à morte dos animais (ZHENG *et al.*, 2021; CANIBE *et al.*, 2022). A inibição do desenvolvimento desses patógenos é uma estratégia bastante utilizada para diminuição das diarreias. A utilização do ZnO como controle é eficiente para os leitões (CANIBE *et al.*, 2022; ZHANG *et al.*, 2025). O ZnO tem se mostrado ativo ao combate à bactéria gram-positivas e gram-negativas, como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Bacillus subtilis* (MENDES *et al.*, 2022; TANG *et al.*, 2024).

O efeito antibacteriano do ZnO pode ocorrer de duas formas, os primeiros mecanismos ocorrem quando o ZnO se liga à parede celular bacteriana, a partir disso o ZnO se dissolve na solução e então libera íons  $Zn^{2+}$ . Com isso, a liberação desses íons, que subsequentemente penetram no citoplasma bacteriano, exerce atividade antibacteriana, resultando na morte celular. Isto sugere que o efeito antibacteriano do ZnO está associado à produção de ROS (espécies reativas de oxigênio) do que a própria liberação de íons  $Zn^{2+}$ . O outro mecanismo acontece com o contato direto do mineral com o tecido bacteriano, onde por meio de forças eletrostáticas, o ZnO vai interferir na cadeia de transporte de elétrons ligada à parede celular da bactéria, assim, dificultando o metabolismo celular e ocasionando a ruptura da membrana celular bacteriana (TANG *et al.*, 2024) (Figura 2).

**Figura 2.** Mecanismo de ação do óxido de zinco devido ação bacteriana. (1) A geração de ROS, que pode destruir os componentes celulares de patógenos, como DNA, proteínas e lipídios; (2) o ZnO libera íons  $Zn^{2+}$ , que podem afetar a atividade enzimática, a síntese de ácidos nucleicos e a síntese de proteínas bacterianas; e (3) a internalização na célula bacteriana por meio de forças eletrostáticas, destruindo a integridade das células bacterianas.  $H_2O_2$ : peróxido de hidrogênio; ROS: espécies reativas de oxigênio.



Fonte: TANG *et al.*, 2024.

A manutenção da integridade da barreira intestinal é de extrema importância para os leitões. No período pós desmame, onde há grande carga de estresse sobre esses animais, resulta em danos na mucosa intestinal (WIJTEN; MEULEN; VERSTEGEN., 2011; ZHENG *et al.*, 2021). O dano causado é ocasionado pelo aumento da permeabilidade da mucosa e diminuição da expressão de proteínas da junção estreita nas células epiteliais do intestino dos leitões (WIJTEN; MEULEN; VERSTEGEN., 2011; TANG *et al.*, 2024). As proteínas de junção estreita entre as células apresentam a função de formar as barreiras, fechando espaço paracelular, regulando a permeabilidade do epitélio (ZHENG *et al.*, 2021). Este comprometimento da mucosa, é a primeira causa relacionada ao aparecimento de diarreias pós-desmame (ZHENG *et al.*, 2021; TANG *et al.*, 2024).

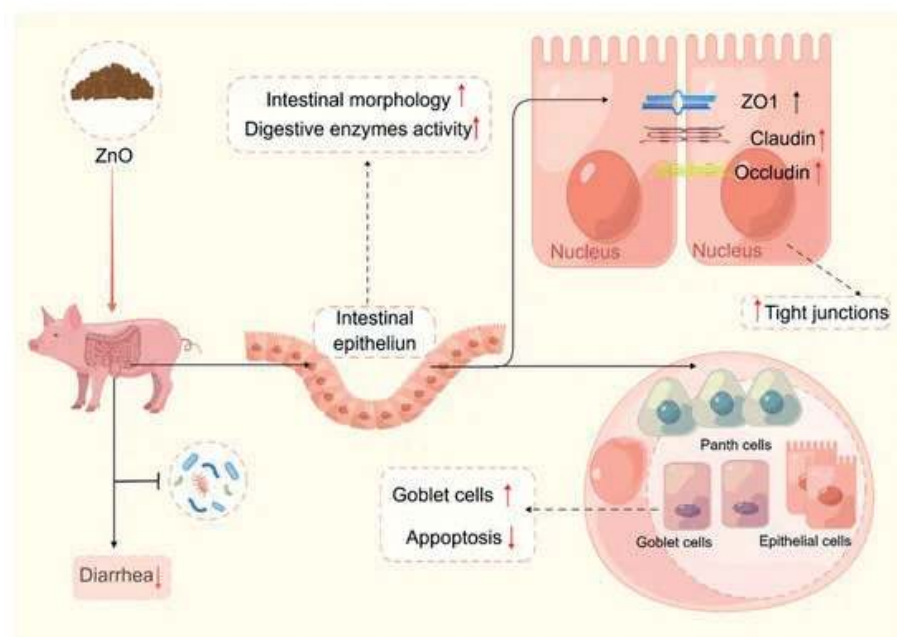
A adição do ZnO nas dietas de leitões em pós-desmame proporciona benefícios em nível intestinal, auxiliando na redução de diarreias (SHEN *et al.*,

2014; SCHOKKER *et al.*, 2023). A morfometria está atrelada a funcionalidade intestinal, sendo que quando há a atrofia das vilosidades acarreta diminuição da absorção dos nutrientes. Doses farmacológicas de 3000 ppm ZnO aumentam a altura das vilosidades com diminuição das criptas intestinais e maior relação vilos: criptas (LI *et al.*, 2006; TANG *et al.*, 2024).

Outro papel importante do ZnO em nível intestinal é o aumento das células caliciformes e o aumento das atividades das células intestinais digestivas nos leitões. As células caliciformes são secretoras de glicoproteínas ácidas do tipo mucina, ao serem hidratadas, essas proteínas formam ligações fortes formando o muco intestinal, responsável pela homeostase e integridade do epitélio intestinal (TANG *et al.*, 2024). Como consequência do estresse pós-desmame, a taxa de proliferação e diferenciação celular diminui, comprometendo a produção de muco e de células caliciformes culminando em doenças entéricas nos leitões (WANG *et al.*, 2020; YANG *et al.*, 2016; TANG *et al.*, 2024). No entanto, o ZnO auxilia justamente nisso, no aumento da população das células caliciformes. Com a suplementação do ZnO nas dietas dos leitões, a digestão e absorção de nutrientes melhora devido ao aumento das atividades das funções digestivas (BONETTI *et al.*, 2021). Em estudos com suplementação de ZnO observou-se o aumento de quimiotripsinas, lipases, proteases, amilases e tripsinas no intestino dos leitões (TANG *et al.*, 2024).

A suplementação de doses farmacológicas de ZnO aos leitões em pós-desmame, contribui para a expressão de proteínas associadas a funcionalidade da barreira intestinal (WANG *et al.*, 2013). Sendo elas, as proteínas de junção estreita TJ (tight junctions), a zonula occludens-1 (ZO-1), claudina 1 e ocludina. As proteínas TJ, as concentrações de diamina oxidase (DAO) e ácido D-lático no sangue, são indicadores confiáveis da funcionalidade da barreira intestinal (ZHU *et al.*, 2017). O período do desmame causa distribuição desordenada das proteínas TJ e aumento da permeabilidade intestinal. O ZnO reduz o DAO e o ácido lático no sangue, auxilia no processo de regulação das proteínas TJ e reduz permeabilidade intestinal e aumento das enzimas digestivas, diminuindo a diarreia nos leitões (ZHU *et al.*, 2017; TANG *et al.*, 2024; SHURSON; URRIOLOA; HUNG., 2022) (Figura 3).

**Figura 3.** Ação intestinal do óxido de zinco no alívio da diarreia em leitões.



Fonte: TANG *et al.*, 2024.

O intestino serve como um órgão imunológico nos animais, pois apresenta papel crucial na distinção de estímulos antigênicos exógena e antígenos inofensivos. Outro papel importante é a de barreira, onde previne a infiltração de bactérias no epitélio intestinal (WANG *et al.*, 2013). No período de pós-desmame, onde os leitões passam por uma série de dificuldades, ocorre a ativação do sistema imunológico intestinal e uma resposta inflamatória, podendo desencadear uma disfunção intestinal (BONETTI *et al.*, 2021). A suplementação farmacológica de ZnO aumenta a concentração de imunoglobulina sérica (IgA e IgM), e estimula negativamente as citocinas pró-inflamatórias (PEI *et al.*, 2018; TANG *et al.*, 2024). Esta redução do estresse ocorre devido ao fato do Zn ser um cofator da superóxido dismutase, que é responsável por neutralizar e converter radicais superóxido prejudiciais em hidrogênio e peróxido de hidrogênio. É importante uma suplementação adequada de ZnO aos leitões com o objetivo de apoiar seu papel nas funções antioxidantes e aliviar os danos celulares induzidos pelo estresse oxidativo (SHURSON; URRIOLA; HUNG., 2022).

## Absorção e Transporte pelo organismo

Nos animais monogástricos, o Zn é absorvido normalmente em pequenas quantidades no estômago e em maiores quantidades nos intestinos, principalmente no delgado (GOFF, 2018). Mas somente a ingestão pela dieta não garante a correta absorção e utilização do Zn. Vários fatores podem vir a prejudicar a biodisponibilidade do Zn. A absorção do Zn pode ser potencializada quando há diferentes aminoácidos na dieta e prejudicada quando há a interação com alguns minerais, como cálcio, cobre e ferro, ou seja, é inversamente proporcional (MAARES; HAASE, 2020). Outros componentes que pode vir a prejudicar a absorção do Zn são os oxalatos, taninos e polifenóis, mas principalmente os fitatos, ou também conhecido como ácidos fíticos, devido a capacidade de ligação com o mineral. Esta ligação forma complexos indigestíveis ao animal (CONY *et al.*, 2021).

Após a ingestão do Zn, a sua absorção ocorre no intestino onde se liga à gastroferrina, que tem como objetivo aumentar sua solubilidade (WU., 2017). A maior absorção ocorre no jejuno (KONDAIAH *et al.*, 2019), ao entrar na corrente sanguínea o Zn se liga aos aminoácidos e proteínas, sendo armazenado posteriormente no fígado e demais órgãos. Outros locais como, ossos, rins, músculos, pâncreas, pele, pelo e próstata são locais armazenadores (CONY *et al.*, 2021).

A absorção e retenção do Zn é considerada um sistema homeostático, onde é rigorosamente regulado, sendo que a quantidade absorvida e retida é semelhante. Isto ocorre independentemente da quantidade Zn consumida na ração. A absorção de Zn é reduzida por alguns minerais, como cálcio e cobre, e pelo fitato (WU., 2017) A quantidade retida normalmente é de 5-40% e em torno de 90-95% são excretados. A digestão do Zn dietético pelos suínos, apresenta grande influência do pH do trato gastrointestinal e pela interação com outros componentes, como fitato, ácido oxálico e polissacarídeos. Devido a isso, a sua solubilidade é afetada, em pH maiores a sua solubilidade é maior (SHURSON; URRIOLOA; HUNG., 2022).

A capacidade absorptiva do Zn nos intestinos é realizada através da presença da família de transportadores como SLC30 (ZnT) e SLC39 (ZIP). O transportador ZIP4 desempenha papel importante na absorção do Zn pelo fígado, pois auxilia

no aumento do Zn citoplasmático, e é estimulado pela ingestão de Zn na dieta (WU., 2017). Enquanto os transportadores ZnT1 e ZnT2 atuam na membrana basolateral, com objetivo de diminuir o zinco citoplasmático (KONDAIAH *et al.*, 2019). A expressão dos transportadores é influenciada pela quantidade dietética do Zn, a fim de manter a homeostase dentro da célula. Ao entrar no enterócito, o Zn irá se ligar a uma proteína citosólica, nomeada como proteína intracelular rica em cisteína e a uma proteína de ligação não específica, com objetivo de transporte para membrana basolateral (WU., 2017). Outro responsável pelo Zn após ingestão, são as metalotioneínas (Mts), proteínas responsáveis pelo transporte e armazenamento de metais no corpo, e com o Zn atuam como reservatório, com finalidade de regular os níveis intercelulares de Zn e prevenir toxicidade do mineral (KONDAIAH *et al.*, 2019; SHURSON; URRIOLA; HUNG., 2022; WU., 2017).

A deficiência do Zn ou ingestão limitada do Zn, o Zn excretado reduz com o aumento da absorção intestinal, ou seja, há a maior conservação do mineral nos tecidos e no plasma (DEVARSHI *et al.*, 2024). Mas porventura, quando há o excesso de Zn, a excreção é aumentada, mas a absorção não é comprometida. Ou seja, a homeostase de Zn dentro é mantida e fica estável, exceto quando há uma deficiência grave, onde não se consegue suprir as exigências (KONDAIAH *et al.*, 2019).

### **Exigências nutricionais para suínos**

As concentrações de Zn nos ingredientes comuns da dieta, atendem facilmente as exigências de Zn dos suínos. Geralmente isto é ignorado, devido à falta de dados sobre a digestibilidade e biodisponibilidade do Zn nos ingredientes. Devido a isso há a alta suplementação de Zn nas dietas, principalmente atuando como promotores de crescimento. Em relação as exigências de Zn aos leitões, de acordo com o NRC (2012), se recomendam de 26,6 a 46,8 mg de Zn/dia, mas esta informação não atualizada desde 1979 (Tabela 2). Esta exigência é para leitões com peso corporal de 5 a 11 kg. Acredita-se que estas exigências são sejam mais as mesmas, devido aos avanços genéticos e sistemas intensivos de criação desde aquela época (SHURSON; URRIOLA; HUNG., 2022).

**Tabela 2.** Exigência Nutricional dos leitões em período de creche.

| Categoria Animal    | Exigência Nutricional                     |                                  |                                 |                            |
|---------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|                     | Legislação UE <sup>1</sup><br>mg/kg dieta | EFSA <sup>2</sup><br>mg/kg dieta | NRC <sup>3</sup><br>mg/kg dieta | NRC <sup>3</sup><br>mg/dia |
| Leitões pós desmame | 150                                       | 150                              | 100                             | 26,6-46,8                  |

<sup>1</sup>Legislação UE – Legislação da União Europeia; <sup>2</sup>EFSA- Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar; <sup>3</sup>NRC- National Research Council 2012.

**Fonte:** BLAABJERB; POULSEN., 2017.

## Interações-relações nutricionais entre Zinco e Cobre

Além de apresentarem função nutricional, os minerais traço como zinco (Zn) e cobre (Cu) também são usados em níveis farmacológicos nas dietas de suínos devido às suas ações bacteriostáticas (DALTO; AUDET; MATTE., 2019). Em suínos, a absorção dietética de Zn e Cu pode variar de 30% a 50% em níveis nutricionais (LEBEL *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2014) e é inversamente proporcional à sua ingestão, ou seja, quanto maior a ingestão, tende apresentar menor absorção. Esses minerais não se ligam aos principais receptores comuns na mucosa intestinal, mas compartilham pelo menos um transportador intracelular, chamado metalotioneína, que é conhecido por ser responsivo aos níveis de Zn da dieta e preferencialmente saturado por Cu (DALTO; AUDET; MATTE., 2019).

Os efeitos negativos conhecidos devido aos altos níveis de Zn na dieta sobre a disponibilidade de Cu, enfatizam o risco potencial de deficiência de Cu devido à alta suplementação de Zn a longo prazo (DALTO; AUDET; MATTE., 2019; DALTO *et al.*, 2023). De fato, a inclusão de 3.000 ppm de Zn promovem o aprisionamento intracelular de Cu na mucosa intestinal e nos rins de leitões pós-desmame, reduzindo as concentrações sistêmicas (fígado e soro) e disponibilidade de Cu (DALTO *et al.*, 2023). Quando níveis supranutricionais de CuSO<sub>4</sub> são adicionados à dieta de leitões, a captação intestinal de Cu aparentemente não foi impactada pelo aumento dos níveis de Zn na dieta. Mas o aumento do sequestro intracelular intestinal (VILLINEUVE *et al.*, 2025), redução do influxo hepático de Cu e reabsorção renal prejudicada de Cu foram observados em leitões alimentados com 3.000 mg de ZnO por kg de dieta, o que impactou negativamente as concentrações séricas sistêmicas de Cu. Esses resultados mostram o risco potencial de deficiência de Cu sob suplementação supranutricional de ZnO na dieta a longo prazo durante o período pós-desmame,

podendo prejudicar o crescimento dos leitões (DALTO *et al.*, 2023). Os altos níveis dietéticos de Zn induziram uma deposição excessiva de Zn e com isso à privação de Cu nas mitocôndrias hepáticas. O desequilíbrio entre esses dois minerais causou disfunção mitocondrial e perturbou o sistema antioxidante hepático. Em nível sistêmico, altos níveis de Zn na dieta prejudicaram a atividade Cu/Zn e promoveram estresse oxidativo (VILLINEUVE *et al.*, 2025).

Um efeito positivo inesperado dos níveis de Cu na dieta sobre a disponibilidade de Zn foi encontrado, destacando a importância de um equilíbrio dietético entre ambos os minerais dentro da nutrição dos leitões. Nesse sentido, uma proporção ótima entre Zn e Cu demonstrou melhorar a absorção de ambos os minerais. Dentro dos níveis nutricionais, a proporção 120:8, que corresponde à recomendação do NRC (2012), parece otimizar a disponibilidade pós-absortiva líquida de Zn e Cu (DALTO; AUDET; MATTE., 2019).

### **Interações-relações nutricionais entre Zinco e Calcio**

O Ca é um macro mineral antagonico ao Zn. Sabe-se que esses dois minerais interagem fisiologicamente, podendo ser benéfico ou prejudiciais ao animal (JOHSON; IORLIAM, 2020). A interação entre os minerais benéfica ou sinérgica é quando um mineral está em prol do outro, mas já quando apresenta efeito negativo ou antagonico, um mineral prejudica o outro para se sobressair. A interação entre esses dois minerais seria de metal-íon. Outra possível forma de interação seria pelos componentes da fibra dietética das dietas fornecidas aos suínos. Sendo que este fator apresenta a capacidade de diminuir a biodisponibilidade do Zn e pode ser ainda maior pelo fitato. Os mecanismos das fibras que induzem a interação do Zn e Ca leva a indisponibilidade do Zn (MAARES; HAASE., 2020). Isto pode também estar relacionado ao movimento físico dos minerais dentro do trato gastrointestinal dos suínos. Outro fator que pode impactar é adsorção física ou química dos minerais com os componentes presente nas fibras (JHONSON; IORLIAM., 2020).

### **Interações-relações nutricionais entre Zinco e Fitato**

O fitato, que está naturalmente presente em ingredientes de ração, principalmente nas sementes de oleaginosas e cereais, pode ligar-se a alguns minerais,

como Zn, Cu, Fe e Mn, reduzindo assim sua biodisponibilidade ao animal (BOHN; MEYER; RASMUSSEN., 2008). O fitato se dissocia em ambiente de baixo pH e pode formar um novo complexo de fitato com cátions divalentes, como Zn e Cu no intestino, limitando assim a absorção de Zn. O fitato não é digerível pelos suínos, ele possui ação de quelar os minerais, tornando-os inabsorvíveis. A utilização da enzima fitase, auxilia na hidrólise do fitato, liberando os minerais para serem absorvidos (JHONSON; IORLIAM., 2020). Além do fitato, vários fatores relacionados à dieta afetam as necessidades de Zn dos suínos, incluindo Ca, Cu, Cd, Co, histidina e concentrações e fontes de proteína. Os resultados de vários estudos mostraram que a biodisponibilidade e retenção de Zn são melhoradas quando a fitase é adicionada às dietas de leitões desmamados (SHURSON; URRIOLOA; HUNG., 2022). A suplementação de ZnO em níveis farmacológicos em dietas de leitões, tende a reduzir a digestibilidade de cálcio (Ca) e fósforo (P) e de reduzir a eficiência da enzima fitase nas dietas (LIU *et al.*, 2018).

## **ZnO: DOS BENEFÍCIOS AO USO SUSTENTÁVEL**

### **Desempenho e saúde intestinal de leitões**

Na suinocultura, os períodos críticos para o desenvolvimento intestinal em leitões ocorrem particularmente durante a fase neonatal e no período do desmame (TANG *et al.*, 2022). Isto ocorre, pois durante essas fases, o trato gastrointestinal do leitão passa por rápidas mudanças em tamanho, composição microbiana, funções digestivas e imunológicas. Esses estágios são cruciais para o desenvolvimento adequado do intestino e o crescimento geral do animal jovem (ADEWOLE; KIM; NYACHOT., 2016).

Dentre os desafios relacionados a saúde intestinal dos leitões. Primeiramente, a imaturidade da mucosa, onde o epitélio do intestino delgado, formado por três porções de extrema importância, o duodeno, jejuno e íleo não estão totalmente desenvolvidos. Isto acarreta um órgão não totalmente funcional e anatomicamente imaturo, proporcionando problemas quanto a saúde intestinal e geral dos leitões, prejudicando a digestão e absorção de nutrientes (KIM, 2023). Outro ponto relacionado a imaturidade intestinal, é a transição da dieta líquida para sólida, onde a introdução desta nova dieta junto com novos microrganismos pode proporcionar estresse, dificultando manutenção da saúde intestinal. Com a

imaturidade e estresse neste período, os leitões ficam vulneráveis a infecções e desenvolvimento de diarreias. O influxo de novos microrganismos, proporciona perturbação ao equilíbrio da microbiota (ADEWOLE; KIM; NYACHOT., 2016).

As diarreias são comuns em leitões no período de pós-desmame, devido a vários pontos, como fatores estressantes, imaturidade, agentes e mudanças e deficiência nutricional e desequilíbrio microbiano que acometem os leitões (TANG *et al.*, 2024). Como agentes infecciosos, pode haver bactérias, vírus e parasitas. Um dos principais patógenos é a *Escherichia coli* enterotoxigênica (ETEC), que fixa na mucosa intestinal e interrompe sua função, prejudicando a absorção e desenvolvendo a diarreia (ADEWOLE; KIM; NYACHOT., 2016).

Para proporcionar uma boa saúde intestinal, o ZnO é um importante aditivo alimentar, especialmente aos leitões (BAHOLET *et al.*, 2022). Dentre os seus benefícios, temos as propriedades antibacterianas, seu objetivo é mitigar a diarreia, principal problema entre os leitões desmamados. Outro ponto importante é a promoção do crescimento, onde estimula as taxas de crescimento, melhora a ingestão de ração e auxilia no maior ganho de peso diário (ADEWOLE; KIM; NYACHOT., 2016). O ZnO auxilia na melhor saúde gastrointestinal, pois age na manutenção da mucosa do intestino, local importante para a absorção e digestão de nutrientes. Ajuda na função e desenvolvimento do epitélio, melhorando as respostas imunológicas e estabelecendo uma microbiota saudável. A modulação das respostas inflamatórias, há influência sobre a função da barreira intestinal e estado imunológico (BAHOLET *et al.*, 2022; ADEWOLE; KIM; NYACHOT., 2016).

## **Disponibilidade e impacto ambiental do ZnO**

De acordo com Jongbloed (2008), atualmente, há uma conscientização crescente sobre o impacto dos sistemas de produção pecuária no meio ambiente. No passado, os animais de produção eram alimentados com rações caseiras. O esterco produzido por esses animais era considerado uma mercadoria escassa e valiosa para manter a fertilidade do solo. Isso garantia a reciclagem de nutrientes, exceto pelas perdas associadas ao armazenamento, transporte e nutrientes depositados no leite, carne e ovos. A produção pecuária por hectare aumentou com o uso de nitrogênio (N) e fósforo (P) em criações de suínos meio de rações industrializadas. Devido a isso, grandes quantidades de nutrientes

excretados no esterco animal não são totalmente utilizadas no sistema solo-planta-animal e proporcionando em acúmulo no solo (JONGBLOED., 2008).

Em 2003, a União Europeia autorizou novos níveis máximos de microminerais nas rações animais, que para os suínos são apresentados apenas para cobre e zinco. Os requisitos fisiológicos mencionados neste documento devem ser a base para os níveis dietéticos máximos autorizados na UE e não doses farmacológicas como aquelas para Cu e Zn. Uma das razões foi que Cu e Zn no esterco animal podem formar um risco ambiental considerável (GRABER *et al.*, 2014).

As granjas suinícolas utilizam extensivamente metais pesados como o Zn como aditivos alimentares para promoção do crescimento e prevenção de infecções como alternativa aos antibióticos (GARCIAS *et al.*, 2025). No entanto, esse uso excessivo de metais nas dietas dos suínos, resulta na transferência ao esterco, devido a não total absorção dos metais pelos animais. Isto resulta em aumento da poluição do ambiente. Normalmente, os solos aplicados com esterco frequentemente excedem os limites de Zn (SHI *et al.*, 2011). A criação intensiva de suínos depende de doses mais altas de Zn em comparação com ruminantes devido à maior tolerância dos suínos a esses elementos. A poluição do solo por metais pesados por esterco animal também é uma ameaça potencial aos ecossistemas e à saúde humana (LI *et al.*, 2022). Os impactos ambientais relacionados à suinocultura incluem um alto consumo de recursos hídricos e a emissão de produtos residuais líquidos e gasosos (SAMARIN *et al.*, 2021).

No entanto, a suinocultura tem grande potencial poluidor devido ao grande volume de dejetos produzidos por cada animal e pela concentração das atividades agropecuárias em pequenas áreas (HA *et al.*, 2020). O problema crucial está no grande volume de dejetos produzidos e na sustentabilidade da atividade de criação. A destinação indevida de dejetos sem tratamento em rios, lagos e solo pode provocar doenças, como verminoses, alergias, hepatites, desconforto à população (proliferação de insetos e mau cheiro) e impactos ambientais (morte da fauna, toxicidade de plantas e eutrofização de cursos d'água) (BRITO *et al.*, 2022).

Os resíduos oriundos da produção de suínos são um importante ponto relacionado a poluição do solo, da água e do ar (HA *et al.*, 2020). Observaram que os dejetos dos suínos, quando aplicado em terras agrícolas com o objetivo de melhorar a fertilidade do solo e o conteúdo de matéria orgânica pode resultar

em contaminação de águas superficiais e subterrâneas, devido a presença de nitrato e fosfato (ROSA *et al.*, 2017; AMPOFO; AWORTWE., 2017). A aplicação de dejetos dos suínos no solo pode levar ao acúmulo de metais pesados no solo. A deposição de resíduos de suínos, como fezes e ração em solos é uma importante fonte de poluição do solo. Os metais pesados são elementos que são caracterizados por apresentar uma densidade relativamente alta e alto peso atômico relativo com número atômico maior que 20. Alguns metais pesados, como cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn), são requeridos em quantidades mínimas pelos organismos. Mas quando utilizados em quantidades excessivas desses metais podem se tornar prejudiciais aos organismos. Embora as plantas exijam certos metais pesados para seu crescimento e manutenção, quantidades excessivas desses metais podem se tornar tóxicas para as plantas (AMPOFO; AWORTWE., 2017).

No entanto, há uma correlação muito forte entre o uso excessivo do ZnO nas granjas e o acúmulo de Zn no ambiente (LIU *et al.*, 2018; LUISE *et al.*, 2024). Entende-se que cerca de 80% do ZnO ingerido pelos leitões é excretado pelas fezes e vai para o meio ambiente, através dos dejetos que são utilizados como fertilizantes. Devido ao grande impacto ambiental causado por este mineral, a União Europeia limitou sua utilização a 150 ppm ou mg/kg. Entretanto em muitos países do mundo a sua utilização é livre (LIU *et al.*, 2018).

## **ANÁLAGOS DO ZnO**

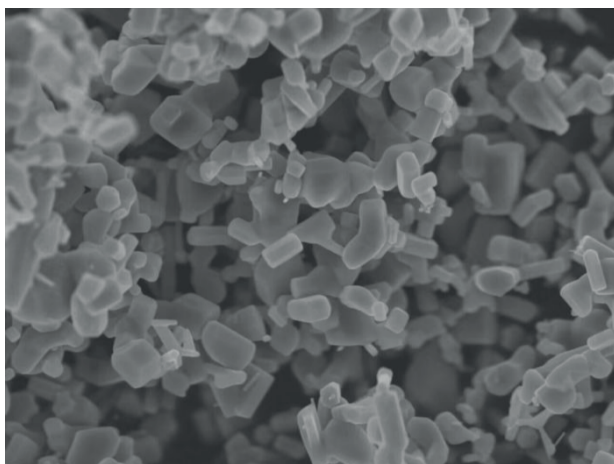
### **ZnO Nanopartículas**

O rápido e contínuo crescimento de nanotecnologias faz com que se desenvolva novas oportunidades, principalmente na área animal. O óxido de zinco nanopartículas (ZnO-NPs) é um exemplo dentro da criação animal. As nanotecnologias apresentam menor tamanho de partícula (1-100nm) (WANG *et al.*, 2018), grande área de superfície, alta biodisponibilidade e apresentam novas propriedades de transporte e de absorção, sendo mais eficiente (Figura 4). Alguns estudos indicam que a suplementação do ZnO-NPs proporciona boas propriedades antibacterianas, habilidades de melhorar a utilização dos nutrientes da dieta, melhora no desempenho dos leitões e minimiza o impacto da diarreia pós-desmame (XIAO *et al.*, 2024). Quando comparado com o tradicional ZnO

em uma dosagem de 2000 ppm, estudos apontam que a redução da diarreia foi eficiente com uma dosagem de 400-800 ppm, auxiliando também no desempenho animal e regulação da microbiota intestinal (ZHOU *et al.*, 2022). O ZnO-NPs apresenta eficiência quanto a promoção de crescimento, melhora da capacidade antioxidante e inibição da colonização de bactérias intestinais em leitões (TANG *et al.*, 2024). Ou seja, a suplementação de ZnO-NPs é promissora na substituição de doses farmacológicas de ZnO (WANG *et al.*, 2018; ZHOU *et al.*, 2022; TANG *et al.*, 2024).

As doses de ZnO-NPs utilizadas são bem menores quando comparada as doses farmacológicas do ZnO (WANG *et al.*, 2018; ZHOU *et al.*, 2022; TANG *et al.*, 2024) mesmo assim, possuem toxicidade em humanos por produzir ROS em células, e ativar as enzimas caspases-3, que são responsáveis pelo apoptose celular.

**Figura 4.** Micrografia do ZnO nanopartículas.



**Fonte:** HASSAN *et al.*, 2019.

## **ZnO Revestido**

O ZnO revestido é a nova forma de ZnO, onde este revestimento previne a dissolução do ZnO prematuramente dentro do organismo, especificadamente no estômago, proporcionando que seja liberado somente nos intestinos (DONG *et al.*, 2019; TANG *et al.*, 2024). O ZnO revestido é encapsulado por ácido esteárico, óleo de farelo de arroz de cadeia longa, ácido metassilícico, carboximetilcelulose

sódica e outros componentes. Devido a este revestimento a dissociação do ZnO revestido no estômago é baixa, em torno de 1,20%, já o ZnO tradicional possui dissociação próxima de 79,17 %. Ou seja, pouco será absorvido nos intestinos dos suínos (DONG *et al.*, 2019). Com a proteção da camada de revestimento entérico, o núcleo interno do ZnO permanece intacto até alcançar o intestino, onde por meio da lipase o ZnO será liberado para desempenhar suas funções (SUN *et al.*, 2022; LEI; KIM., 2020).

A suplementação de pequenas doses de ZnO revestido (380-570 ppm) apresentaram uma redução significativa da diarreia nos leitões (DONG *et al.*, 2019; TANG *et al.*, 2024). O efeito antidiarreico do ZnO revestido é o mesmo quando comparado com a doses farmacológicas de 2250 ppm de ZnO tradicional. De acordo com alguns estudos, a suplementação de apenas 100 ppm de ZnO revestido poderia ter promovido o desempenho, melhora na estrutura e morfometria intestinal e consistência fecal em leitões infectados com *Escherichia coli* (TANG *et al.*, 2024). Ainda há a necessidade de mais estudos sobre a suplementação de ZnO revestido para leitões.

## **ZnO Poroso**

O ZnO poroso é uma nova forma de ZnO que têm apresentado resultados promissores em leitões em creche (MING *et al.*, 2024; TANG *et al.*, 2024). Primeiramente, vale destacar que o efeito bacteriano é melhor quando comparado ao ZnO tradicional (PENG *et al.*, 2019). Isto ocorre devido as propriedades físicas as quais destacam-se a alta pureza, alta área de superfície específica, tamanho de partícula específico e excelente fluidez (TANG *et al.*, 2024). O ZnO poroso é composto por partículas agregadas com diâmetro inferior a 1 µm (MING *et al.*, 2024). Embora seja suplementado em baixas dosagens (150 ppm), seu efeito sobre a redução da diarreia é eficiente, melhorando o desempenho e a saúde dos leitões (TANG *et al.*, 2024). Em vista do seu uso recente na pecuária são necessários mais estudos para validar sua efetividade como uma forma sustentável de uso do ZnO na suinocultura.

## Outros análogos de ZnO

Atualmente, há a utilização de outras formas de ZnO, como ZnO-MMT, ZnO-zeolita e ZnO-diosmectita. Essas outras formas apresentam grande potencial para substituir as doses farmacológicas de ZnO. A suplementação em doses baixas dessas outras formas de ZnO, apresentam resultados equivalente a doses altas de ZnO. Mesmo em quantidades baixas nas dietas dos leitões, houve a diminuição da incidência de diarreias, melhora do desempenho, da integridade intestinal e da atividade de enzimas digestivas (TANG *et al.*, 2024).

A argila montmorilonita (MMT) é basicamente composta por folhas tetraédricas de sílica com folhas octaédricas de alumínio. Este composto apresenta propriedades físico-químicas específicas (YAGHMAEIYAN; MIRZAEI; DELGHAVI, 2022). Dentre elas, alta área de superfície, alta capacidade de troca catiônica, de transporte de fármacos, capacidade adesiva e de adsorção. O MMT apresenta como vantagem a capacidade de agir como um transportador e de liberar nutrientes em sistemas de administração controlada de fármacos (JAYRAJSINH *et al.*, 2017). Nos últimos anos, o MMT tem sido utilizado para retardar ou direcionar a liberação de fármacos, melhorar a dissolução, aumentar a estabilidade e modificar os padrões de administração (HU *et al.*, 2012). O ZnO-MMT pode ser usado como uma alternativa potencial para altas doses de ZnO farmacológico na prevenção de diarreia em leitões desmamados (HUANG *et al.*, 2023).

O Óxido de zinco/zeolita (SR-ZnO) é considerado uma nova forma de ZnO, este composto é formado por aluminossilicatos microporoso cristalinos (VERONICA *et al.*, 2024). A sua funcionalidade está ligada em dar suporte do ZnO, fazendo com que a degradação dele seja menor no estômago, e chegue até os intestinos, e aí sim seja absorvido corretamente (WANG *et al.*, 2020). De acordo com Wang *et al.* (2020), o SR-ZnO apresentou uma melhor biodisponibilidade ao ser comparado com o ZnO tradicional e auxiliou na redução da diarreia pós-desmame. Assim, sendo considerada uma forma promissora para diminuição da suplementação e menor excreção de ZnO.

A diosmectita é um mineral de argila aluminossilicato, este mineral é composto por duas camadas interna de silício tetraédrico com alumínio octaédrico. Este mineral reforça a barreira da mucosa intestinal dos leitões e auxilia na regeneração epitelial, e proporciona efeito anti-inflamatório e antidiarreico (DA

SILVA *et al.*, 2022). Ao sintetizar o composto de ZnO junto com a diosmectita e suplementar nas dietas dos suínos, apresentou o alívio da diarreia pós-desmame e melhorou a integridade intestinal (HU *et al.*, 2013).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista dos benefícios, o óxido de zinco tem sido amplamente utilizado como promotor de crescimento na dieta de suínos, especialmente leitões em creche. Neste sentido, destacam-se as doses farmacológicas superiores a 1000 ppm de ZnO que controlam diarreias e melhoram o desempenho zootécnico dos leitões. Entretanto, para bons resultados é importante observar os demais nutrientes fornecido na dieta a fim de evitar interações nutricionais que podem comprometer sua efetividade. Altas dosagens de ZnO estão associadas a um maior potencial poluente dos dejetos. Nesse sentido cabem análises sistêmicas para definir níveis adequados bem como uso de tecnologias em análogos do zinco.

## REFERÊNCIAS

- ADEWOLE, D. I.; KIM, I. H.; NYACHOTI, C. M. Gut health of pigs: Challenge models and response criteria with a critical analysis of the effectiveness of selected feed additives - A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 2016.
- AMPOFO, E. A.; AWORTWE, D. Heavy Metal (Cu, Fe and Zn) Pollution in Soils: Pig Waste Contribution in the Central Region of Ghana. **Pelagia Research Library**, v. 8, p. 1–10, 2017.
- AO, T. *et al.* Effects of dietary supplementation of organic minerals on the performance of broiler chicks fed oxidised soybean oil. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 5, p. 1–5, 2017.
- ATTAR, T. A mini review on importance and role of trace elements in the human organism. **Chemical Review and Letters**, v. 3, p. 117–130, 2020.
- BECKER, L. L. *et al.* Effects of Folic Acid and Zinc Oxide on Nursery Pig Growth Performance. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v. 8, n. 10, 2022.
- BLAABJERG, K.; PULSEN, D. The use of zinc and copper in pig production. **Nationalt Center for Jordbrug og Fodevarer**, 2017.
- BONETTI, A. *et al.* Towards zero zinc oxide: Feeding strategies to manage post-weaning diarrhea in piglets. **Animals**, 2021.
- BONH, L.; MEYER, A. S.; RASMUSSEN, S. K. Phytate: impact on environment and human nutrition. A challenge for molecular breeding. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, 2008.

- BRITO, S. A. P., *et al.* Enviromental impacts of swine farming. **Enviromental Smoke**, v. 5, p. 1-6, 2022.
- CANIBE, N. *et al.* Review on Preventive Measures to Reduce Post-Weaning Diarrhoea in Piglets. **Animals**, 2022.
- CIARAMELLANO, F. *et al.* Combination of Hydrolysable Tannins and Zinc Oxide on Enterocyte Functionality: In Vitro Insights. **Biomolecules**, v. 14, n. 6, 2024.
- CONY, B. S. L., *et al.* Utilização de Zinco na alimentação de matrizes suínas: Uma revisão. **Editora Científica Digital**, 2021.
- DAHMER, P. L.; JONES, C. K.; FERREYRA, F. M. Evaluation of a microencapsulated form of zinc oxide on weanling pig growth performance, fecal zinc excretion, and small intestinal morphology. **Translational Animal Science**, v. 8, 2024.
- DALTO, D. B.; AUDET, I.; JACQUES MATTE, J. Impact of dietary zinc:copper ratio on the postprandial net portal appearance of these minerals in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 9, p. 3938–3946, 2019.
- DALTO, D. B., *et al.* Effects of dietary zinc oxide levels on the metabolism of zinc and copper in weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 101, 2023.
- DALTO, D. B., *et al.* Effects of dietary zinc/copper ratios on the metabolism of zinc and copper in weaned pigs. **Revista da Ciência Animal**, v. 101, 2023.
- DA SILVA, K., *et al.* Long-term diosmectite use does not alter the gut microbiota in adults with chronic diarrhea. **BMC Microbial**, 2022.
- DEVARSHI, P. P. *et al.* Comparative Absorption and Bioavailability of Various Chemical Forms of Zinc in Humans: A Narrative Review. **Nutrients**, 2024.
- DONG, X. *et al.* Supplemental-coated zinc oxide relieves diarrhoea by decreasing intestinal permeability in weanling pigs. **Journal of Applied Animal Research**, v. 47, n. 1, 2019.
- EINHORN, V.; HAASE, H.; MAARES, M. Interaction and competition for intestinal absorption by zinc, iron, cooper, and manganese at the intestinal mucus layer. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 84, 2024.
- EKHLAS, D. *et al.* Comparison of antimicrobial resistant Escherichia coli isolated from Irish commercial pig farms with and without zinc oxide and antimicrobial usage. **Gut Pathogens**, v. 15, n. 1, 2023.
- GARCIAS, B. *et al.* Characterization of antibiotic deternnants and heavy metal resistance genes in Escherichia coli from pigs in Catalonia. **Microb Genom.**, 2025.
- GOFF, J. P. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. **Journal of Dairy Science**, v. 101, 2018.
- GRABER, I. *et al.* Accumulation of Cooper and Zinc in Danish Agricultural Soils in Intensive Pigs Production Areas. **Danish Journal of Geography**, 2014.
- HA, D. H., *et al.* Influence of Pig Farms on the Environment in Northern Vietnam Effect of Some Solutions – A Review. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, 2020.
- HASSAN, I., *et al.* Ameliorative effect of zinc oxide nanoparticles against potassium bromate-mediated toxicity in Swiss albino rats. **Environmental Science and Pollution Research**, 2019.

HILL, G. M.; SHANNON, M. C. Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. **Biol. Trace Elem. Res.**, 2019, p. 48–159.

HORACIO, A.; ROSTAGNO, S.; GOMES, P. C. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, **Universidade Federal de Viçosa**, p. 488, 2017.

HUANG, M. *et al.* Dietary Zinc-Loaded Montmorillonite Supplementation Improves Growth Performance, Diarrhea, Intestinal Barrier Function and Regulating Gut Microbiota in Weaned Piglets. **Animals**, 2023.

HU, C. *et al.* Diosmectite-zinc oxide composite improves intestinal barrier function, modulates expression of pro-inflammatory cytokines and tight junction protein in early weaned pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 110, n. 4, 2013.

JANCZYK, P. *et al.* No protective effects of high-dosage dietary zinc oxide on weaned pigs infected with *Salmonella enterica* serovar typhimurium DT104. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 79, n. 9, 2013.

JAYRAJSINH, S. *et al.* Montmorillonite nanoclay as a multifaceted drug-delivery carrier: A review. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, 2017.

JONGBLOED, A. W. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 215–229, 2008.

JOHNSON, N. C.; IORLIAM, B. International Journal of Advanced Research and Publications Defining The Interactions Between Calcium (Ca) And Zinc (Zn) And Dietary Strategies For Improving Their Availabilities In The Nourishment Of The Growing Swine-A Review. **International Journal of Advanced Research and Publications**, v. 4, p. 152–154, 2020.

KIM, H. B. Gut Health and Influencing Factors in Pigs. **Animals**, 2023.

KOAGOUW, W. *et al.* Metals in green mussels: Is there any effect on their reproduction? A preliminary study of Muara Angke, Jakarta Bay. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **Institute of Physics**, 2022.

KONDAIAH, P. *et al.* Iron and zinc homeostasis and interactions: Does enteric zinc excretion cross-talk with intestinal iron absorption? **Nutrients** MDPI AG, 2019.

KOURY, J.; DONANGELO, C. Zinc, oxidative stress and physical activity. **Revista de Nutrição**, 2003.

LEBEL, A., MATTE, J. J.; GUAY, F. Effect of mineral source and mannan oligosaccharide supplements on zinc and copper digestibility in growing pigs. **Arch. Anim. Nutr.**, 2014.

LEI, X. J.; KIM, I. H. Low dose of coated zinc oxide is as effective as pharmacological zinc oxide in promoting growth performance, reducing fecal scores, and improving nutrient digestibility and intestinal morphology in weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 245, 2018.

LI, N. *et al.* Heavy metal distribution profiles in soil and groundwater near pig farms in China. **Chemosphere**, v. 294, 2022.

LI, X. *et al.* Dietary supplementation with zinc oxide increases IGF-I and IGF-I receptor gene expression in the small intestine of weanling piglets. **Journal of Nutrition**, v. 136, 2006.

LIU, Y. *et al.* Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. **Animal Nutrition**, 2018.

LIU, Y. *et al.* Digestibility and retention of zinc, copper, manganese, iron, calcium, and phosphorus in pigs fed diets containing inorganic or organic minerals. **J. Anim. Sci.**, 2014.

LOVATTO, P. A. *et al.* Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

LUISE, D. *et al.* Effect and mode of action of different doses and sources of zinc in weaning pigs using a meta-analytical and systematic review approach. **Italian Journal of Animal Science**, 2024.

MAFRA, D.; MARIA, S.; COZZOLINO, F. The importance of zinc in human nutrition. **Rev. Nutr.**, Campinas. 2004.

MARQUES, R. S. *et al.* Effects of organic or inorganic cobalt, copper, manganese, and zinc supplementation to late-gestating beef cows on productive and physiological responses of the offspring. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 3, p. 1215–1226, 2016.

MAARES, M.; HAASE, H. A Guide to Human Zinc Absorption: General Overview and Recent Advances of in Vitro Intestinal Models. **Nutrients**, 2020.

MENDES, C. R. *et al.* Antibacterial action and target mechanisms of zinc oxide nanoparticles against bacterial pathogens. **Scientific Reports**, 2022.

MING, D. *et al.* Porous Zinc Oxide and Plant Polyphenols as a Replacement for High-Dose Zinc Oxide on Growth Performance, Diarrhea Incidence, Intestinal Morphology and Microbial Diversity of Weaned Piglets. **Animals**, v. 14, n. 3, 2024.

National Research Council (NRC). **Nutrient requirements of swine**, 11th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC., 2012.

NIKITAEV, Y. A., *et al.* A Heterogeneous Photosensitizer Based on Zinc Oxide for Photo Cleaning of Aquatic Media. **Technical Science**, v. 66, p.88-91, 2022.

PEI, X., *et al.* Effects of dietary zinc oxide nanoparticles supplementation on growth performance, zinc status, intestinal morphology, microflora population, and immune response in weaned pigs. **Journal of The Science of Fod and Agriculture**, 2018.

PENG, P. *et al.* The effects of dietary supplementation with porous zinc oxide on growth performance, intestinal microbiota, morphology, and permeability in weaned piglets. **Animal Science Journal**, v. 90, n. 9, 2019.

ROSA, D. M., *et al.* Swine Wastewater: Impacts on soil, plant and leachate. **Journal of the Brazilian Association of Agriculture Engineering**, 2017.

ROSCOE, D. D.; JENKINS, S. A meta-analysis of campaign contributions' impact on roll call voting. **Social Science Quarterly**, v. 86, n. 1, p. 52–68, 2005.

SAMARIN, G. *et al.* The environmental impact of pig farming. **International Research Conference on Challenges and Advances in Farming, Food Manufacturing, Agricultural Research and Education**, 2021.

SCHOKKER, D. *et al.* Dietary supplementation of zinc oxide modulates intestinal functionality during the post-weaning period in clinically healthy piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 14, n. 1, 2023.

SHEN, J. *et al.* Coated zinc oxide improves intestinal immunity function and regulates microbiota composition in weaned piglets. **British Journal of Nutrition**, v. 111, n. 12, p. 2123–2134, 2014.

SHI, J. *et al.* Potential Risks of Copper, Zinc, and Cadmium Pollution due to Pig Manure Application in a Soil-Rice System under Intensive Farming: A Case Study of Nanhu, China. *Journal of Environmental Quality*, 2011.

SHURSON, G. C.; URRIOLOA, P. E.; HUNG, Y. T. Too Much of a Good Thing: Rethinking Feed Formulation and Feeding Practices for Zinc in Swine Diets to Achieve One Health and Environmental Sustainability. *Animals*, 2022.

ST-PIERRE, N. R. Meta-analyses of experimental data in the animal sciences. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 343–358, 2007.

SUN, Y. B. *et al.* Effects of nano zinc oxide as an alternative to pharmacological dose of zinc oxide on growth performance, diarrhea, immune responses, and intestinal microflora profile in weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, v. 258, 2019.

TANG, Q. *et al.* Nutrition strategies to control post-weaning diarrhea of piglets: From the perspective of feeds. *Animal Nutrition*, v. 17, 2024.

TANG, X. *et al.* The Mechanism of Zinc Oxide in Alleviating Diarrhea in Piglets after Weaning: A Review from the Perspective of Intestinal Barrier Function. *International Journal of Molecular Sciences Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, 2024.

VAN, H. T. *et al.* Effects of Zn pollution on soil: Pollution sources, impacts and solutions. *Results in Surfaces and Interfaces Elsevier B.V.*, 2024.

VERONICA, J., *et al.* Synthesis of Composite ZnO-Zeolite and Its Application as Adsorbent: A Systematic Review. *Journal Kartika Kimia*, 2024.

VILLENEUVE, G. *et al.* Effects of increasing dietary zinc oxide levels on the hepatic mitochondrial energy metabolism, oxidative balance and antioxidant system in weaned piglets. *Revista da Ciência Animal*, v. 103, 2025.

WANG, C. *et al.* Effects of Dietary Zinc Oxide Nanoparticles on Growth, Diarrhea, Mineral Deposition, Intestinal Morphology, and Barrier of Weaned Piglets. *Biological Trace Element Research*, v. 185, n. 2, p. 364–374, 2018.

WANG, H.; YU, S. J.; KIM, I. H. Evaluation on the Growth Performance, Nutrient Digestibility, Faecal Microbiota, Noxious Gas Emission, and Faecal Score on Weaning Pigs Supplement with and without Probiotics Complex Supplementation in Different Level of Zinc Oxide. *Animals*, v. 13, n. 3, 2023.

WANG, L. X., *et al.* Epidermal growth factor promotes intestinal secretory cell differentiation in weaning piglets via Wnt/  $\beta$ -catenin signalling. *Animal*, 2020.

WANG, X. *et al.* Zinc supplementation modifies tight junctions and alters barrier function of CACO-2 human intestinal epithelial layers. *Digestive Diseases and Sciences*, v. 58, n. 1, p. 77–87, 2013.

WANI, A. L. *et al.* Zinc: An element of extensive medical importance. *Current Medicine Research and Practice*, v. 7, n. 3, p. 90–98, 2017.

WIJTEN, P. J. A.; MEULEN, J. VAN DER; VERSTEGEN, M. W. A. Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning: A review. *British Journal of Nutrition*, 2011.

WU, G. Principles of Animal Nutrition. *Taylor & Francis Group*, 2017.

XIAO, X., *et al.* The Effect of Sodium Alginate-Coated Nano-Zinc Oxide on the Growth Performance, Serum Indexes and Fecal Microbial Structure of Weaned Piglets. *Animals*, 2024.

YAGHMAEIYAN, N.; MIRZAEI, M.; DELGHAVI, R. Montmorillonite clay: Introduction and evaluation of its applications in different organic syntheses as catalyst: A review. **Results in Chemistry**, 2022.

YANG, H., *et al.* Effects of Weaning on Intestinal Upper Villus Epithelial Cells of Piglets. **Journal Plos One**, 2016.

YOUN, S. M.; CHOI, S. J. Food Additive Zinc Oxide Nanoparticles: Dissolution, Interaction, Fate, Cytotoxicity, and Oral Toxicity. **International Journal of Molecular Sciences** MDPI, 2022.

ZHANG, Y. *et al.* Zinc Oxide Administration Relieves the Diarrhea of ETEC K88- Infected Piglets by Reducing Ileal Apoptosis and Maintaining Gut Microbial Balance. **Veterinarian Science**, 2025.

ZHOU, B. *et al.* Zinc Oxide Nanoparticle Improves the Intestinal Function of Intrauterine Growth Retardation Finishing Pigs via Regulating Intestinal Morphology, Inflammation, Antioxidant Status and Autophagy. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, 2022.

ZHENG, L. *et al.* Intestinal Health of Pigs Upon Weaning: Challenges and Nutritional Intervention. **Frontiers in Veterinary Science Frontiers Media S.A.**, 2021.

ZHU, C. *et al.* Dietary Zinc Oxide Modulates Antioxidant Capacity, Small Intestine Development, and Jejunal Gene Expression in Weaned Piglets. **Biological Trace Element Research**, v. 175, n. 2, p. 331–338, 2017.

## **NUTRIÇÃO INICIAL DE BEZERROS LEITEIROS E O DESENVOLVIMENTO RUMINAL**

**Lívia Argoud Lourenço**

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

**Victor Ionatan Fioreze**

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

**Giovani Fiorentini**

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

**Jorge Schafhauser Júnior**

Embrapa Clima Temperado (ETB)

**Fábio Antunes Rizzo**

Universidade de Caxias do Sul (UCS)

**Ana Paula Binato de Souza**

Instituto Federal Farroupilha (IFFar)

**Leila Cardozo Ott**

Universidade de Vassouras

**Patricia Pinto da Rosa**

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

# RESUMO

A alimentação dos bezerros é um assunto que segue sendo debatido, principalmente por ser uma fase pouco lucrativa para as propriedades leiteiras, mas que precisa de atenção porque serão esses animais os responsáveis pela produção futura da propriedade. Desta forma, ainda há muitas informações divergentes sobre o assunto. Compreender o desenvolvimento e crescimento dos pré-estômagos são de extrema importância para o entendimento e tomada de decisão sobre a correta nutrição fornecida nessa fase inicial a qual se sabe que influenciará na vida produtiva desses animais. Assim, esse capítulo tem por objetivo apresentar a influência do aleitamento e da dieta sólida com concentrado e volumosos no desenvolvimento dos pré-estômagos e desempenho dos animais.

**Palavras-chave:** aleitamento; crescimento; eficiência alimentar; abomaso.

## INTRODUÇÃO

Normalmente, nas propriedades leiteiras, os bezerros constituem uma das categorias mais delicadas e contraditoriamente, mais negligenciadas do rebanho (NUSSIO *et al.*, 2003). Apesar de os produtores primordialmente objetivarem a contenção de custos, as abrangências decisórias da criação de bezerros devem englobar outras questões como o sistema de alojamento, o período de aleitamento, a frequência de aleitamento, os equipamentos de aleitamento, a utilização de alimentos sólidos, a inserção ou não de volumosos, os tipos de volumosos a serem disponibilizados e como tudo isso interfere no desenvolvimento corporal e ruminal dos bezerros, bem como em seu desempenho futuro como integrante do rebanho (PIRLO *et al.*, 2000; MACHADO, 2008).

Os bezerros são considerados ruminantes não funcionais nas primeiras semanas de suas vidas e o leite é à base de sua alimentação e o principal responsável pelo crescimento. Alimentar bezerros com grandes volumes de leite, pelo menos 20% do seu peso corporal por dia, é recomendado à luz de evidências empíricas para melhor crescimento, saúde e potencial produtivo futuro dos bezerros (KHAN *et al.*, 2011; KIEZEBRINK *et al.*, 2015). Os bezerros são alimentados com grandes volumes de leite nas primeiras 4–6 semanas de vida, seguidos por um procedimento de desmame gradual para incentivar a ingestão inicial e promover ou manter o GMD pós-desmame (de PASSILLÉ *et al.*, 2011; ROSENBERGER *et al.*, 2017; DENNIS *et al.*, 2018). Sabe-se da importância do fornecimento de alimentação sólida desde a fase de aleitamento, pois estimula o desenvolvimento do rúmen, acelerando o processo fermentativo nesse compartimento, tornando os bezerros ruminantes funcionais mais cedo.

É imprescindível que a estratégia alimentar inicial utilizada promova bom desempenho sem prejuízos ao desenvolvimento ruminal, para que dessa forma não prejudique o crescimento nas idades subsequentes ao desaleitamento (SOBERON *et al.*, 2012). Nesta etapa o abomaso perfaz cerca de 60% da capacidade volumétrica estomacal, enquanto que o rúmen se resume a 25%. Com aproximadamente 4 meses essas proporções praticamente se invertem, com o rúmen atingindo 65% do volume total dos estômagos (HEINRICHS, 2005). As modificações na fisiologia ruminal ocorrem sobretudo por influência da dieta (CADY; SMITH, 1996). Isso incorre em uma ampla discussão acerca das

recomendações dietéticas, pois alimentos volumosos que causariam melhoras físicas no ambiente ruminal possuem baixa densidade energética e baixo consumo inicial, prejudicando o desempenho dos animais (FERREIRA; BITTAR, 2011). Por outro lado, alimentos concentrados através da ação de AGV's estimulariam o crescimento papilar. Como desvantagem, o ambiente ruminal poderia sofrer com desequilíbrio de pH causado pelo elevado consumo de concentrado, ou mesmo picos de consumo (SUÁREZ *et al.*, 2007). Aumentos no fornecimento de leite atuariam reduzindo a ingestão de alimentos sólidos, atrasando tanto o desenvolvimento físico ruminal, quanto o papilar. Apesar disso, o leite poderia ser a melhor opção quanto ao desempenho (BALDWIN *et al.*, 2004).

## DESENVOLVIMENTO

### Aleitamento de Bezerros

Para o bom desempenho de uma propriedade leiteira, o eficiente sistema de alimentação dos bezerros é crucial para determinar o desempenho dos animais durante a vida adulta. A quantidade e o método de aleitamento para o recém-nascido são conhecidos por terem efeito significativo nas características de desempenho, comportamento, saúde e bem-estar. Restringir o aleitamento dos bezerros, geralmente deprime seu crescimento (ECKERT *et al.*, 2015; BROUCEK *et al.*, 2020), principalmente por causa de um déficit em nutrientes fornecidos (KHAN *et al.*, 2007). Já o aleitamento *ad libitum* é conhecido por retardar o desenvolvimento e início da fermentação ruminal (BALDWIN *et al.*, 2004), devido a baixa ingestão de alimentação sólida (GHAFFARI *et al.*, 2025)

De acordo com (FISCHER *et al.*, 2019), as alterações da dieta líquida em função de diferentes níveis nutricionais podem provocar alterações estruturais no aparelho digestório, o que por sua vez, podem acarretar respostas fisiológicas diferenciadas as quais vem sendo investigadas por meio de avaliações anátomo-histológicas do tubo digestório (SZAREK *et al.*, 1992) e do desempenho do animal (ROCHA, 1997).

Alguns estudos investigam a utilização de sucedâneos lácteos, a fim de reduzir custos com a alimentação dos animais nesse período e destinar o leite a venda. Porém, essa prática nem sempre é a mais apropriada para o melhor desempenho pelos animais. Em 1969 (MARSHALL e SMITH, 1969) já

demonstravam que maiores ganhos de peso eram observados em bezerros que recebiam leite à vontade, comparado a outros recebendo o equivalente a 9% de seu peso vivo ao nascer (PVN), divididos em duas refeições. Em 3 semanas de avaliação, os animais do grupo com leite *ad libitum* adquiriram 14,6 Kg de peso vivo a mais do que aqueles do grupo com restrição. Os ganhos médios diários do período foram de 0,962 Kg (*ad libitum*) contra 0,267 Kg (9%). (VASCONCELOS *et al.*, 2009), comparando dois grupos de animais, um recebendo leite e outro recebendo sucedâneo lácteo (ambos 4 litros/animal/dia), chegaram a resultados mais positivos com os alimentados com leite, onde o peso vivo ao desaleitamento e o ganho médio diário (54,65kg e 0,358kg dia, respectivamente) foram 4,67% e 20,53% superiores ao peso vivo ao desaleitamento e ganho médio diário dos que receberam sucedâneo (52,21kg e 0,297kg dia).

O fornecimento restrito de leite frequentemente está associado ao baixo ganho de peso e baixa eficiência alimentar (ROSENBERGER *et al.*, 2017). Além disso, em revisão realizada por (KHAN *et al.*, 2011), concluíram que bezerros tem capacidade de ingerir cerca de 20% de leite de acordo com peso corporal/dia e o maior consumo de leite suporta maior ganho de peso vivo, ou seja, melhora a eficiência alimentar, reduz a incidência de doenças, além de fornecerem melhor bem-estar aos animais, pois os mesmos conseguem expressar melhor seus comportamentos naturais. Através do aumento da quantidade de leite fornecida, maior aporte de nutrientes parece melhorar a função imunológica e desempenho a longo prazo de bezerras, por exemplo, reduzindo a idade ao primeiro parto e aumentando a produção de leite na primeira lactação, no entanto, mais pesquisas são necessárias para confirmar esses efeitos.

Em pesquisa realizada com bezerros recebendo leite *ad libitum*, os animais ingeriram 89% a mais de leite do que o grupo que recebia 10% de leite e acordo com peso vivo ao nascer, durante o período pré-desmame. O ganho de peso e consumo de alimentação sólida após o desmame foram semelhantes para ambos os tratamentos, mas, o grupo recebendo leite *ad libitum* mantiveram a vantagem de peso durante várias semanas após desmame. A conclusão dos autores foi que o fornecimento de leite *ad libitum* permite maior ingestão de leite e maior ganho de peso, sem causar efeito prejudicial sobre consumo de alimentos sólidos após desmame (JASPER e WEARY, 2002).

Jasper e Weary (2002) também comprovaram os benefícios do fornecimento irrestrito de leite. Quando comparado ao aleitamento convencional (10% PVN) o aleitamento ad libitum promoveu ganho médio diário de 0,780 Kg contra 0,480 Kg. No período total de pré-desaleitamento essa diferença diária resultou em 10,5 Kg de peso vivo a mais nos animais sem restrição láctea. Esses autores também demonstraram que a diferença obtida nos bezerros lactentes se perpetua no período pós-desaleitamento.

O aleitamento intensificado proporcionou vantagens no peso vivo ao desaleitamento e no ganho médio diário em 24 bezerros holandeses recebendo dietas que variaram na quantidade de leite. Animais em aleitamento convencional atingiram 71,69 Kg de peso vivo na 8ª semana de vida, enquanto bezerros aleitados de forma intensificada pesaram 77,64 Kg. O peso foi reflexo do ganho médio diário de 0,734 e 0,613 no grupo intensivo e convencional respectivamente (GOMES *et al.*, 2014).

Ganhos de peso vivo até os 28 dias de idade, na ordem de 15%, foram obtidos por (HAMMON *et al.*, 2002) comparando aleitamento ad libitum ao convencional. A eficiência alimentar não foi alterada pelos tratamentos. Contrariando o comumente relatado pelas bibliográficas, o consumo de matéria seca foi maior no grupo de animais recebendo leite à vontade.

Os achados de (HAMMON *et al.*, 2002) contrariam os de (SILPER *et al.*, 2014) que atribuem como possíveis desvantagens ao desenvolvimento ruminal aos sistemas de aleitamento intensivos. Tais prejuízos seriam reflexos indiretos do baixo consumo de alimentos sólidos, responsáveis pela saúde e progressão ruminais (SILPER *et al.*, 2014). Além disso, grandes quantidades de leite podem exceder a capacidade digestiva abomasal, provocando problemas como diarreia (CONNELLY *et al.*, 2004).

Diaz *et al.* (2001) observaram fezes mais amolecidas em animais recebendo maior percentual de sucedâneo lácteo. Por outro lado, a incidência de diarreia foi maior em bezerros recebendo menor quantidade de leite (KHAN *et al.*, 2007). A variabilidade nos achados literários pode estar ligada a uma possível subnutrição e com isso baixa imunidade de animais com dietas restritivas. Enquanto que altas quantidades de sucedâneo poderiam provocar diarreia por não possuírem qualidade digestiva satisfatória.

Ao fornecerem elevadas quantidades de dieta líquida para bezerros, (KRISTENSEN *et al.*, 2007) observaram forte relação de proporcionalidade inversa entre a dieta líquida e o consumo de concentrado. Os mesmos autores demonstraram haver prejuízos ao desenvolvimento ruminal em decorrência das menores taxas de ingestão de concentrado.

Da mesma forma (JASPER e WEARY 2002), observaram redução no consumo de alimentos sólidos em animais recebendo aleitamento *ad libitum*. Segundo os autores esta redução acarretaria menor desenvolvimento ruminal e possivelmente atrasos de crescimento pós-desaleitamento. No entanto, os animais sob aleitamento à vontade tiveram maiores ganhos de peso no período de aleitamento, resultando em maior peso ao final do período de avaliação (63d).

Através dos resultados demonstrados por (KHAN *et al.*, 2007) é possível perceber que nem sempre a relação entre o consumo de leite e alimentos sólidos é tão clara. Esses autores forneceram níveis convencionais de leite (10 % do peso vivo) e altos níveis (20% do peso vivo), em um sistema de desaleitamento gradual. Os bezerros permaneceram sendo avaliados 50 dias após o fim do fornecimento de leite. No período total da investigação os indivíduos do grupo.

As vantagens de um maior ganho de peso precoce podem ser mantidas além do âmbito do aumento da alimentação, podendo essa vantagem reduzir idade ao primeiro de parto e os custos de produção (CADY & SMITH, 1996). Também, altas taxas de crescimento para bezerras com menos de 90 Kg não apresentam efeitos negativos sobre o desenvolvimento mamário, ao contrário do que ocorre com novilhas mais velhas (SJERSEN *et al.*, 2000).

Além disso, apesar do custo ao fornecer grandes quantidades de leite para bezerros no período de aleitamento, estudos demonstram que o crescimento rápido dos animais (maior que 700g/dia) em fases iniciais beneficiariam os resultados nas primeiras duas lactações, diluindo assim os custos iniciais (SOBERON *et al.*, 2012). Obter a duplicação do peso vivo ao nascer (PVN) até os 60 dias de idade embora ainda seja um desafio para alguns produtores, não são difíceis de serem atingidos e promovem grandes benefícios para o futuro do animal (SOBERON *et al.*, 2012).

## **Volumosos na dieta de bezerros**

Segundo Andriquetto (1984) o início da atividade de ruminação é dependente do tipo de dieta que o bezerro está recebendo. Embora o consumo de forragem contribua pouco para o desenvolvimento das papilas ruminais (TAMATE *et al.*, 1962), alimentos volumosos estimulam o aumento da musculatura lisa do rúmen, assim tendo por consequência um aumento da motilidade e capacidade volumétrica do mesmo. Além disso, o consumo de forragem promove a ruminação (HODGSON, 1971) e mantém a integridade e a saúde da parede do rúmen (SUAREZ *et al.*, 2007).

Apesar do fornecimento de feno a bezerros lactentes ser desejável, devido ao maior desenvolvimento dos músculos envolvidos no processo da ruminação e do maior pH do líquido ruminal, consequência da maior produção de saliva, o seu uso é passível de algumas críticas. Assim, existem autores favoráveis a utilização do feno a bezerros lactentes (ZITNAN *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2007) por acreditarem que o mesmo estimula o desenvolvimento muscular da parede do rúmen e outros desfavoráveis, como (SUÁREZ *et al.*, 2007; KHAN *et al.*, 2011), por não verificarem influência deste volumoso no desempenho de bezerros leiteiros.

As recomendações do fornecimento de alimentos sólidos durante a fase de aleitamento são bastante discordantes, principalmente no que tange ao fornecimento de volumosos. Por outro lado, o uso de concentrado já é bastante consolidado e assegurado pela literatura. De modo geral aconselha-se disponibilizar concentrado específico para a fase desde os primeiros dias de vida (KHAN *et al.*, 2011).

A ingestão de alimentos sólidos é necessária para estimular o desenvolvimento ruminal e diferentes tipos de sólidos tem efeitos distintos (DIAO *et al.*, 2019). O consumo de volumoso contribui pouco para o desenvolvimento das papilas ruminais, porém estimula a musculatura lisa, tendo como consequência um aumento da motilidade e capacidade volumétrica do órgão. Além disso, o consumo de forragem ou feno promove a salivação e a ruminação e mantém a integridade e a saúde da parede do rúmen (WEISS *et al.*, 2017).

Os benefícios do maior consumo de volumoso durante o período de aleitamento, podem se traduzir em maior ingestão de alimentos sólidos na fase

posterior ao desaleitamento, resultando em maior ganho de peso e melhora na funcionalidade ruminal (BALDWIN *et al.*, 2004). Em bezerros lactentes o feno pode beneficiar o ambiente ruminal a ponto de melhorar o desempenho e promover maior consumo de sólidos. O fornecimento de 5% ou 10% de feno de alfafa com base na matéria seca total da dieta para bezerros em aleitamento foi realizado por Beiranvand *et al.* (2014). Maiores níveis de feno elevaram o consumo de concentrado, o ganho médio diário de peso vivo e o peso vivo ao desmame. Ainda, foram observadas melhoras nas características das papilas ruminais quando comparados aos animais recebendo apenas concentrado. O feno também melhorou o pH ruminal e a produção de ácidos graxos voláteis. A associação de concentrado com diferentes forragens também melhorou o desempenho e parâmetros ruminais avaliados por Suárez *et al.* (2007).

No entanto, Martuscello *et al.* (2004) observaram alguns efeitos contrários. Esses autores testaram duas dietas idênticas com diferença apenas na disponibilidade de feno de capim-estrela (*Cynodon nlenfuensis*). O consumo de matéria seca, peso vivo e ganho médio diário de peso vivo não diferiram entre as dietas durante a fase de aleitamento. Ao contrário do esperado, os animais que receberam apenas concentrado como alimento sólido no período pré-desaleitamento, consumiram mais concentrado no pós-desaleitamento. Segundo os próprios autores o volume do ocupado pelo feno foi responsável por limitar a ingestão de concentrado.

Estes resultados demonstram que na prática, muitas vezes, o grande volume e baixa densidade energética intrínsecos a esses alimentos remetem prejuízos ao desempenho dos animais. Acabam, também, por não conferirem as esperadas vantagens fisiológicas ao rúmen, pois são consumidos em níveis insuficientes para tal (LIZIEIRE *et al.*, 2002). A dieta contendo somente concentrado proporcionou melhor desenvolvimento ruminal. Além disso, maior concentração de ácidos graxos voláteis foi resultado de dietas sem volumosos (CASTELLS *et al.*, 2013).

Reforçando as afirmações a respeito dos parâmetros biométricos, (MACHADO 2008) testaram a inclusão de feno nas dietas de bezerros com 15 ou 60 dias de idade não obtendo diferenças no consumo de concentrado. As diferenças encontradas foram apenas no consumo de matéria seca proveniente do feno e no consumo de fibra, o que era esperado em razão dos próprios

tratamentos. Os desempenhos foram estatisticamente iguais entre os grupos. Ainda, o fornecimento de feno em idades iniciais acarreta em mais mão-de-obra (tanto para fornecimento quanto para limpeza das instalações) e gastos com estrutura de armazenagem e fornecimento. Enquanto que, os bezerros por sua vez, acabam utilizando o feno mais como “cama” do que para alimentação. Com base nisso, Quigley (1998) postula que o feno deve ser disponibilizado apenas depois do desaleitamento.

O tipo de volumoso fornecido também exerce efeito no consumo e rendimento dos bezerros. Ao disponibilizarem livre acesso a pastagem de *Cynodon nhenfluensis*, Lizieire *et al.* (2002) observaram que os animais consumiram menor quantidade de concentrado comparado a animais recebendo feno de alfafa *ad libitum*. Apesar disso o desempenho não foi afetado pelas dietas. A eficiência alimentar dos animais consumindo pasto não foi calculada. Os autores não exerceram controle sobre o consumo de matéria seca proveniente do *Cynodon nhenfluensis*. (ZITNAN *et al.*, 1998) afirmam ainda, que o aumento do acetato, resultante da fermentação da fibra dos volumosos, pode prejudicar a atuação do propionato e do butirato e retardar o desenvolvimento das papilas ruminais.

### **Influência da dieta no desenvolvimento ruminal de bezerros**

Os bovinos nascem com seus pré-estômagos em estado rudimentar de desenvolvimento, apresentando-se fisiologicamente semelhante aos animais não-ruminantes, quanto ao processamento dos alimentos no trato gastrointestinal.

O retículo-rúmen ocupada cerca de 30% do total dos quatro pré-estômagos dos bovinos recém-nascidos. Por volta de 12 – 16 semanas de idade a participação destes órgãos já é majoritária dentre todos (PEREIRA, 2008). O abomaso é o compartimento predominante na fase inicial da vida dos bovinos.

A transição desse estado rudimentar para o estado funcional de ruminante, envolve uma série de mudanças anatômicas, fisiológicas e metabólicas (COSTA *et al.*, 2003).

Antes do desaleitamento a energia de crescimento dos bezerros provém da absorção intestinal dos componentes do leite. A ingestão precoce de alimentos sólidos, está conectada ao desenvolvimento de fermentação microbiana, desenvolvimento funcional e volumétrico dos pró-ventrículos (ZITNAN, *et al.* 1998).

O incentivo ao início da ruminação se dá majoritariamente pela ação física dos volumosos e pela ação metabólica dos ácidos graxos voláteis (AGVs) oriundos da fermentação glicídica (SUÁREZ *et al.*, 2007). Apesar de ainda haver intensa discussão literária quanto aos aspectos do fornecimento precoce de volumosos, se tem ampla convicção da importância do butirato e do propionato na maturação ruminal (FERREIRA; BITTAR, 2011).

O atrito entre os alimentos sólidos e a parede ruminal é necessário para gerar movimentação no rúmen, desenvolvimento das camadas musculares, incentivo a ruminação e salivação, mantendo a saúde do epitélio de modo geral (PEREIRA, 2008).

Os alimentos concentrados apesar de gerarem incremento da produção de AGVs podem fermentar muito rapidamente gerando produtos finais que diminuem o pH, reduzem a motilidade ruminal, promovem demasiado crescimento e hiperqueratinização das papilas ruminais e conseqüentemente decréscimo na absorção de AGVs, ocasionando assim prejuízos ao desenvolvimento do rúmen e limitando sua utilização e benefícios (SUÁREZ *et al.*, 2007).

Sander *et al.* (1959) indicaram inicialmente os benefícios do butirato e do propionato ao desenvolvimento ruminal, com aparente vantagem para o butirato. Desde então, eles, mas principalmente o butirato, vem sendo estudados e tendo seus efeitos, na maioria das vezes, confirmados. Os reais e detalhados mecanismos pelos quais os AGVs exercem seus efeitos permanecem desconhecidos.

Acredita-se que o butirato por ser metabolizado a corpos cetônicos (beta-Hidroxibutirato e acetoacetato) na própria parede ruminal e parece ter um efeito mais amplo e direto sobre os aspectos papilares, por servir de fonte energética direta para as células do próprio epitélio. No entanto, essa explicação permanece controversa, pois a capacidade de conversão desse AGV cetogênico é baixa nos animais jovens, sendo mais característica em animais adultos. A limitação de sua metabolização parece estar associada a fatores intrínsecos à idade e menos relacionada a dieta. Apesar disso, acredita-se que a enzima HMGCoA-sintetase tenha papel central nessa regulação e que seu receptor nuclear regulador da transcrição do mRNA seja o receptor- $\alpha$  ativado por proliferador de peroxissoma (PPAR- $\alpha$ ) que é estimulado por ácidos graxos, possivelmente butirato e outros (DANIELS e YOHE, 2014).

Para que o butirato consiga chegar ao núcleo celular ele inicialmente precisa adentrar à célula, o que se dá através de transporte facilitado ou por difusão passiva (ASCHENBACH *et al.*, 2019; BIONAZ *et al.*, 2020). A assimilação por transporte facilitado requer transportadores de membrana que no caso do butirato são da família dos carregadores de soluto. Nesta família estão inclusos down-regulated-in-adenoma (DRA; SLC26A3), transportador aniônico putativo 1 (PAT1; SLC26A6), transportadores de monocarboxilato 1, 2, e 4 (MCT-1, SLC16A1; MCT-2, SLC16A7; MCT-4, SLC26A3) (CONNOR *et al.* 2010; LAARMAN *et al.* 2012). A maior presença destes transportadores ocorre como resposta a seu produto de transporte, sendo importante sua quantificação para validar a captação do butirato.

Para os casos em que os AGVs são absorvidos por difusão passiva as células precisam estimular um mecanismo adaptativo de correção de seu pH interno que ocorre pela maior expressão dos trocadores de  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  (NHE). Acredita-se que a maior absorção dos AGVs possa ser monitorada através da expressão destes trocadores (DANIELS; YOHE, 2014).

O efeito do propionato parece menos intenso que o do butirato e ocorre de forma indireta (DIAO *et al.*, 2019). Segundo Shen *et al.* (2004) o propionato por ser gliconeogênico estimula a produção hepática de fator semelhante a insulina tipo 1 (IGF-1) que é um poderoso agente citoestimulante, que por sua vez, agiria nas células da parede ruminal. Embora o uso de propionato como estimulante do desenvolvimento ruminal não seja tão difundido e esclarecido, seu uso pode ser justificado pelo maior ganho de peso e eficiência alimentar atribuídos a essa substância (BEIRANVAND *et al.*, 2014).

O desenvolvimento papilar é extremamente desejável, pois amplia a área absorptiva. As modificações epiteliais refletem macroscopicamente na superfície ruminal, alterando a coloração e o tamanho das papilas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aleitamento nos primeiros 60 dias de vida de bezerras leiteiras é crucial para garantir o desenvolvimento saudável e produtivo desses animais. Essa fase inicial tem um impacto significativo em sua saúde futura, crescimento e produção de leite. A nutrição adequada nessa fase fortalece o sistema imunológico,

reduzindo a incidência de doenças e mortalidade. Como explanado, bezerras bem nutridas nos primeiros meses de vida têm maior potencial de produção de leite em suas futuras lactações, além de o desenvolvimento adequado das glândulas mamárias nessa fase contribuir para a capacidade de produção de leite na vida adulta. Além disso, bezerras bem nutridas nos primeiros meses de vida têm maior eficiência na conversão de alimentos em ganho de peso.

A introdução gradual de alimentos sólidos, como concentrado e feno, estimula o desenvolvimento ruminal, um rúmen bem desenvolvido permite que a bezerra aproveite ao máximo os alimentos sólidos, otimizando o crescimento e a produção de leite futura. A introdução precoce de concentrado e feno prepara a bezerra para a transição do leite para a dieta sólida, que ocorrerá após o desmame. Essa transição gradual evita problemas digestivos e garante que a bezerra continue recebendo os nutrientes necessários para o crescimento.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal**. São Paulo: Ed. Nobel, p.211-12, 1984.
- ASCHENBACH, J.R.; ZEBELI, Q.; PATRA, A. K.; GRECO, G.; AMASHEH S.; PENNER, G.B. Symposium review: The importance of the ruminal epithelial barrier for a healthy and productive cow\* **Journal of Dairy Science** Volume 102, Issue 2, February 2019, Pages 1866-1882.
- BALDWIN, R. L. VI, K. R. McLEOD, J. L.; KLOTZ; HEITMANN, R. N. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and post-weaning ruminant. **J. Dairy Sci.** 87:E55-E65. 2004.
- BEIRANVAND, H.; GHORBANI, G. R.; KHORVASH, M.; NABIPOUR, A.; DEGHANBANADAKY, M.; HOMAYOUNI, A.; KARGAR, S. Interactions of alfalfa hay and sodium propionate on dairy calf performance and rumen development. **Journal of Dairy Science**. v. 97, n. 4, p. 2270-2280, 2014.
- BIONAZ, M.; BELLO PÉREZ, E.V.; BUSATO, S. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. Volume 11, Article number: 110 (2020) Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00512-8>
- BROUCEK, J.; UHRINCAT, M.; KISACND, P.; HANUS, A. Effect of Different Rearing during the Milk-Feeding Period on Growth of Dairy Calves **Agriculture** 2020, 10(8), 346; <https://doi.org/10.3390/agriculture10080346>
- CADY, R. A. AND T. R. SMITH, 1996. Economics of heifer raising programs. Proc. Calves, Heifers, and Dairy Profitability National Conference. **North Regional Agricultural Engineering Service Pub.** n. 74, p. 7-24. Cornell University, Ithaca, New York, USA

CASTELLS, L.; BACH, A.; ARIS, A.; TERRÉ, M. Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. **Journal of Dairy Science**. v. 96, n. 8, p. 5226-5236, 2013.

CONNELLY, M.; BERRY, D. P.; MURPHY, J. P.; LORENZ, I.; DOHERTY, M. L.; KENNEDY, E. Effects of milk feeding volume and frequency on body weight and health of dairy heifer calves. **Livestock Science**. v. 161, p. 90 – 94, 2004.

CONNOR, E. E.; LI, R. W.; BALDWIN VI, R. L.; LI, C. Gene expression in the digestive tissues of ruminants and their relationships with feeding and digestive processes. **Animal**. v. 4, p. 993-1007, 2010.

COSTA, R. G.; RAMOS, J. L. F.; MEDEIROS, A. N. de; BRITO, L. H. R. de. Características morfológicas e volumétricas do estômago de caprinos submetidos a 22 diferentes períodos de aleitamento. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. n. 40, sup. p. 125 -188, 2003.

DANIELS, K. M.; YOHE, T. T. What do we know about rumen development? In.: Proceedings... Tri-State Dairy Nutrition Conference, p. 53-59, 2014.

DENNIS, T. S.; SUAREZ-MENA, F. X.; HILL, T. M.; QUIGLEY, J. D.; SCHLOTTERBECK, R. L.; HULBERT, L. Effect of milk replacer feeding rate, age at weaning, and method of reducing milk replacer to weaning on digestion, performance, rumination, and activity in dairy calves to 4 months of age. **Journal of Dairy Science**. 101, 268–278. doi: 10.3168/jds.2017-13692. 2018

de PASSILLÉ, A. M.; BORDERAS, T. F.; RUSHEN, J. (2011). Weaning age of calves fed a high milk allowance by automated feeders: effects on feed, water, and energy intake, behavioral signs of hunger, and weight gains. **Journal of Dairy Science**. 94, 1401–1408. doi: 10.3168/jds.2010-3441

DIAO, Q.; ZHANG, R.; FU, T. Review of Strategies to Promote Rumen Development in Calves. **Animals**, v.9, 490, 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9080490>

DIAZ, M. C.; VAN AMBURGH, M. E.; SMITH, J. M.; KELSEY, J. M.; HUTTEN, E. L. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. **Journal of Dairy Science**. v. 84, p. 830-842, 2001.

ECKERT, E.; BROWN, H.E; LESLIE, K.E.; DEVRIES, T.J.; STEELE, M.A. Weaning age affects growth, feed intake, gastrointestinal development, and behavior in Holstein calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning stage. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.9, p.6315-6326, 2015.<https://doi.org/10.3168/jds.2014-9062>.

FERREIRA, L. S.; BITTAR, C. M. M. Performance and plasma metabolites of dairy calves fed starter containing sodium butyrate, calcium propionate or sodium monensin. **Animal**. v. 5, n. 2, p. 239-245, 2011.

FISCHER, A. J.; VILLOT, C.; VAN NIEKERK, J.K.; YOHE, T.T.; RENAUD, D.L.; STEELE, M.A. Invited Review: Nutritional regulation of gut function in dairy calves: From colostrum to weaning. **Applied Animal Science**. 2019 Oct 9;35(5):498–510. doi:10.15232/aas.2019-01887

GHAFFARI, M.H.; HAMMON, H.M.; KOCH, C. Early Rumen Development in Calves: Biological Processes and Nutritional Strategies – A Mini Review. **JDS Communications**. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0702>

GOMES, I. P. de O.; NETO, A. T.; CÓRDOVA, H. de A.; FILHO, R. P.; FRANÇA, M.; SIMON, E. E. Aleitamento intensificado para bezerros da raça holandesa: desempenho, consumo, conversão alimentar e escore de consistência fecal. **Archives of Veterinary Science**. v. 19, n. 4, p. 65-71, 2014.

HAMMON, H. M.; SCHIESSLER, G.; NUSSBAUM, A.; BLUM, J. W. Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. **Journal of Dairy Science**. v. 85, p. 3352-3362, 2002.

HEINRICHS, A. J. Meta-Analysis to Assess Effect of Prepubertal Average Daily Gain of Holstein Heifers on First-Lactation Production. Department of Dairy and Animal Science, The Pennsylvania State University, University Park 16802 **J. Dairy Sci.** 88:3860–3867. American Dairy Science Association, 2005.

HODGSON, J. The development of solid food intake in calves. 5. The relationship between liquid and solid food intake. **Animal Production Sci.** 13:593-597, 1971.

JASPER, J.; WEARY, D.M.; Effects of ad-libitum intake on dairy calves. **Journal of Dairy Science.** v. 85, p. 3054–3058, 2002.

KHAN, M. A.; LEE, H. J.; LEE, W. S.; KIM, H. S.; KI, K. S.; HUR, T. Y.; SUH, G. H.; KANG, S. J.; CHOI, Y. J. Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. **Journal of Dairy Science.** v. 90, n. 7, p. 3376-3387, 2007.

KHAN, M. A.; WEARY, D. M.; KEYSERLINGK, M. A. G. von. Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifer. **Journal of Dairy Science.** v.94, n. 3, p. 1071-1081, 2011.

KRISTENSEN, N. B.; SEHESTED, J.; JENSEN, S. K.; VESTERGAARD, M. Effect of Milk Allowance on Concentrate Intake, Ruminant Environment, and Ruminant Development in Milk-Fed Holstein Calves. **Journal of Dairy Science.** v. 90, n. 9, p. 4346 – 4355, 2007.

KIEZEBRINK, D. J., EDWARDS, A. M., WRIGHT, T. C., CANT, J. P., OSBORNE, V. R. (2015). Effect of enhanced whole-milk feeding in calves on subsequent firstlactation performance. **Journal of Dairy Science.** 98, 349–356. doi: 10.3168/jds.2014-7959

LAARMAN, A. H.; RUIZ-SANCHEZ, A. L.; SUGINO, T.; GUAN, L. L.; OBA, M. Effects of feeding a calf starter on molecular adaptations in the ruminal epithelium and liver of Holstein dairy calves. **Journal of Dairy Science.** v. 95, p. 2585-2594, 2012.

LIZIEIRE, R. S.; CUNHA, D. N. F. V.; MARTUSCELLO, J. A.; CAMPOS, O. F. Fornecimento de volumoso para bezerros pré-ruminantes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 835 – 840, 2002.

MACHADO, H. V. N. Desempenho produtivo de bezerros holandeses submetidos a diferentes idades de desaleitamento e de fornecimento de feno. 2008. 36f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

MARSHALL, S. P.; SMITH, K. L. Effect of different milks and levels of intake upon growth of young dairy calves. **Journal of Dairy Science.** v. 53, n. 11, p. 1622-1626, 1969.

MARTUSCELLO, J. A.; LIZIEIRE, R. A.; CUNHA, D. de N. F. V. da; CAMPOS, O. F. de. Efeito da substituição parcial de concentrado inicial por feno de coastcross sobre a performance de bezerros desaleitados precocemente. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências da Vida, v. 24, n. 2, p. 119-124, 2004.

NUSSIO, C. M. B.; SANTOS, F. A. P.; ZOPOLLATTO, M.; PIRES, A. V.; MORAIS, J. B. de; FERNANDES, J. J. de R. Parâmetros de Fermentação e Medidas Morfométricas dos Compartimentos Ruminais de Bezerros Leiteiros Suplementados com Milho Processado (Floculado vs. Laminado a Vapor) e Monensina. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v. 32, n. 4, p. 1021 – 1031, 2003.

OLIVEIRA, J.S; ZANINE, A.M. E SANTOS, E.M. Fisiologia, manejo e alimentação de bezerros de corte. **Arq. Ciên. Vet. Zool.**, 10: 39-48, 2007.

PEREIRA, V. V. Aspectos macro e microscópicos do trato digestório e desempenho de bezerros lactentes alimentados com probióticos. 2008. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

PIRLO, G.; MIGLIOR, F.; SPERONI, M. Effect of Age at First Calving on Production Traits and on Difference Between Milk Yield Returns and Rearing Costs in Italian Holsteins. **Journal of Dairy Science**. v. 83, p. 603 – 608, 2000.

QUIGLEY, J. D. III. Does hay develop the rumen? (01 Feb. 1998). APCcalf. Acesso em: 01 Fev. 2016.

ROSENBERGER, K., COSTA, J.H.C., NEAVE, H.W.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; WEARY, D.M. The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves **Journal of Dairy Science** Volume 100, Issue 1, January 2017, Pages 504-512. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11195>

ROCHA, E. O. Sistemas de aleitamento artificial, exigências nutricionais e características produtivas de bovinos de origem leiteira. 1997. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997

SANDER, E. G.; WARNER, R. G.; HARRISON, H. N.; LOOSLI, J. K. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. **Journal of Dairy Science**. v. 42, p. 1600- 1605, 1959.

SHEN, Z.; SEYFERT, H. M.; LOHRKE, B.; SCHNEIDER, F.; ZITNAN, R.; CHUDY, A. KUHLA, S.; HAMMON, H. M.; BLUM, J. W.; MARTENS, H.; HAGEMEISTER, H.; VOIGT, J. An energy rich diet causes rumen papillae proliferation associated with more IGF type 1 receptors and increased plasma IGF-1 concentrations in young goats. **Journal of Nutrition**. v. 134, p. 11-17, 2004.

SZAREK, J. *et al.* Morphological structure of the mucous membrane and submucosa of rumen in calves receiving synthetic or natural  $\beta$ -carotene and vitamins AD3E\*. **Acta Vet.** Hung., Budapest, v. 40, n. 4, p. 303-309, 1992

SJERSEN, K., S. PURUP, M. VESTERGAARD; FOLDAGER, J. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield. **Domest. Anim. Endocrinol.** 19:93-104. 2000.

SOBERON, F.; RAFFEENATO, E.; EVERETT, R. W.; VAN AMBURGH, M. E. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. **J. Dairy Sci.**, v. 95, n. 2, p. 783-793, 2012.

SUÁREZ, B.J.; VANREENEN, C.G.; STOCKHOFF, N.; DIJKSTRA, J. and GERRITS, W.J.J. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. **J.Dairy Sci**, 90: 2390- 2403, 2007.

TAMATE, H., MCGILLIARD, A. D., JACOBSON, N. L., and GETTY, R. Effect of various diets on the anatomical development of the stomach in the calf. **J. Dairy Sci.** 45:408-420, 1962.

VASCONCELOS A.M. *et al.* Desempenho de bezerros leiteiros submetidos a diferentes dietas líquidas e instalações durante o período hibernar. **Acta Veterinaria Brasileira**, v.3, n.4, p.163-171, 2009.

WEISS, C.P.; GENTRY, W.W.; MEREDITH, C.M.; MEYER, B.E.; COLE, N.A.; TEDESCHI, L.O.; MCCOLLUM, F.T.; JENNINGS, J.S. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.95, n.4, p.1707-1714, 2017. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1330>

ZITNAN, R.; KUHLA, S.; SANFTLEBEN, P.; BILSKA, A.; SCHNEIDER, F.; ZUPCANOVA, M. and VOIGT, J. Diet induced ruminal papillae development in neonatal calves not related with rumen butyrate. **Vet. Med.-Czech**, 50: 472-479, 2005.

ZITNAN, R.; VOIGT, J.; SCHÖNHUSEN, U.; WEGNER, J.; KOKARDOVÁ, M.; HAGEMEISTER, H.; LEVKUT, M.; KUHLA, S.; SOMMER, A. Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. **Archiv für Tierernährung**. v. 51, p. 279 – 291, 1998.

## **QUALIDADE INTERNA DE OVOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO - SISTEMA CAIPIRA**

**Julia Carpes Rodrigues**

Instituto Federal Farroupilha (IFFar) – Campus Alegrete

**Maria Eduarda Mattive Jardim**

Instituto Federal Farroupilha (IFFar) – Campus Alegrete

**Paula Gabriela da Silva Pires**

Instituto Federal Catarinense - Concórdia

**Katia Maria Cardinal**

Instituto Federal Farroupilha (IFFar) – Campus Alegrete

# RESUMO

**Objetivo:** O estudo tem como objetivo avaliar o efeito da temperatura de armazenamento sobre as características de qualidade de ovos e estimar o tempo de prateleira dos ovos provenientes de sistema caipira. **Métodos:** Foram usando 70 ovos não férteis, postos em menos de 24 horas por galinhas das linhagens Embrapa 51 e Isa Brown, alojadas em sistema livre de gaiola e caipira de uma fazenda comercial de Passo Novo, Alegrete, Rio Grande Do Sul, Brasil e analisados os seguintes itens de qualidade: perda de peso, unidade de Haugh, pH e altura de gema e albúmen. Os dados obtidos foram verificados utilizando o teste de Shapiro-Wilk e as diferenças eventuais ( $P < 0,05$ ) foram avaliadas pelo teste de Tukey. **Resultados:** Observou-se que entre os tratamentos, o peso de ovo, peso de albúmen, peso de gema, pH de gema e albúmen não diferiram estatisticamente. Já a altura de albúmen e gema, bem como a unidade Haugh (HU), foram maiores nos ovos armazenados sob refrigeração, enquanto o pH do albúmen foi menor. Os ovos refrigerados conseguiram manter sua qualidade por mais tempo em relação aos ovos não refrigerados nas características de altura de albúmen e gema, pH de gema e HU. **Conclusão:** Conclui-se que os resultados obtidos neste estudo demonstram de forma clara que a refrigeração é a estratégia mais eficaz para a preservação da qualidade interna dos ovos.

**Palavras-chave:** refrigeração; qualidade dos ovos; armazenamento; unidade haugh; sistema caipira.

## INTRODUÇÃO

A produção brasileira de ovos vem crescendo ano após ano devido á cadeia avícola ser a mais organizada na produção animal, atingindo 52 bilhões de unidades em 2022, com consumo per capita de 242 unidades por ano (ABPA, 2024). O bem-estar é um dos assuntos mais discutidos atualmente na produção animal, pois há uma crescente pressão dos consumidores de que os animais utilizados para produção de alimentos devam ser bem tratados, resultando em uma necessidade de alteração nos sistemas de produção utilizados, por isso os modelos de produção, como sistema convencional de alojamento de poedeiras em gaiolas, estão sendo adaptados para atender a pressão do consumidor (DIRETIVA 1999/74/CE).

O consumo de ovos pela população está associado à diversificação e qualidade do produto oferecido, a qual é determinada por um conjunto de características que podem influenciar na aceitabilidade do produto no mercado (ALCÂNTARA, 2012). A qualidade é uma das características desejadas e valorizadas pelos consumidores, juntamente com outros fatores do tipo sensoriais, visuais, nutricionais, tecnológicos, sanitários, ausência de resíduos químicos, questões éticas e de preservação ambiental.

A qualidade interna e externa do ovo é de grande importância e pode ser influenciada por diversos fatores, como o tempo de estocagem, temperatura de armazenamento dos ovos, linhagem e idade da poedeira, o manejo nutricional e estado sanitário, os quais afetam a qualidade de albúmen e gema (BERARDI-NELLI *et al.*, 2003, PIRES *et al.*, 2021). Os aspectos externos referentes à qualidade do ovo estão relacionados à qualidade da casca, ao considerar sua estrutura e higiene. Os aspectos internos consideram características relativas ao albúmen, gema, câmara de ar, cor, odor, sabor e manchas de sangue (MENDES, 2010).

Um aspecto importante que contribui para a preservação da qualidade interna dos ovos é a sua refrigeração (SELEIM e EL-PRINCE, 2000; CARVALHO *et al.*, 2003). É de amplo conhecimento que, com o passar do tempo após a postura, as características de qualidade interna dos ovos são negativamente afetadas, chegando a um ponto de o ovo ser considerado impróprio para o consumo (POLETTI, 2017; PIRES *et al.*, 2022).

Na maioria dos países, o armazenamento refrigerado dos ovos comerciais não é obrigatório. Assim, desde o momento da postura até a distribuição final os ovos são frequentemente mantidos em temperatura ambiente, sendo em alguns casos refrigerados somente quando chegam à casa do consumidor final. De acordo com a legislação brasileira, a temperatura recomendada para o armazenamento de ovo fresco varia entre 8 e 15 °C, com a umidade relativa do ar variando entre 70 e 90%, durante 30 dias. No entanto, de acordo com o sistema de gestão de qualidade, a legislação sobre ovos de consumo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Portaria nº 138; Instrução Normativa DIVISA/SVS nº 4 e RDC nº 35), a validade de ovos comercializados “in natura” é de 30 dias, sendo apenas recomendado a refrigeração durante o armazenamento no estabelecimento comercial. Entretanto, a Resolução RDC nº 216) estabelece que, quando mantidos fora de refrigeração, os ovos devem ser utilizados no máximo em uma semana.

O tempo e temperatura de armazenamento de ovos caipiras são motivos de pesquisas (KRUNT *et al.*, 2021), visto que a legislação não informa normativa específica para ovos caipiras, sendo utilizadas as recomendações para ovos comerciais. O tempo e a temperatura são fatores que ajudam a garantir a preservação das propriedades do ovo (LOPES *et al.*, 2012). O tempo de armazenamento é fundamental na conservação dos ovos, pois, à medida que se prolonga esse período, ocorrem reações físicas e químicas e, consequentemente, multiplicação microbiana, assim como ocorre a perda de água. Já a refrigeração mantém a qualidade interna dos ovos e prolonga o tempo de validade. Desse modo, existe a necessidade de ampliar o entendimento sobre o efeito da interação tempo x temperatura ambiente ou de refrigeração sobre a qualidade dos ovos produzidos tanto por aves alojadas em sistemas comerciais convencionais quanto aves em sistemas caipiras.

Visto a importância da durabilidade e conservação das características de qualidade dos ovos para o consumo, objetivou-se avaliar a qualidade interna e tempo de prateleira de ovos oriundos de poedeiras de sistema caipira/colonial armazenados durante 4 semanas sob refrigeração e temperatura ambiente.

## MÉTODOS

Para o estudo foram utilizados 70 ovos não férteis, postos em menos de 24 horas por galinhas das linhagens Embrapa 51 e Isa Brown, alojadas em sistema livre de gaiola e caipira de uma fazenda comercial de Passo Novo, Alegrete, Rio Grande Do Sul, Brasil. Todos os ovos foram obtidos de aves da mesma idade, com mesmos manejo e alimentação, assim como mantidas em condições ambientais idênticas.

Os ovos foram divididos aleatoriamente em dois tratamentos, resfriados em geladeira (5 a 7°C) ou mantidos a temperatura ambiente (25°C). Dez ovos foram imediatamente submetidos à análise de qualidade para representar as características dos ovos frescos (dia zero de armazenamento). A cada 7 dias durante 4 semanas, 10 ovos de cada tratamento foram separados aleatoriamente para avaliação da qualidade. As variáveis de qualidade interna do ovo as quais foram avaliadas estão descritas a seguir:

### Peso dos ovos

Os ovos foram pesados individualmente em balança digital de precisão ( $\pm 0,001$  g). A perda de peso (%) durante o armazenamento foram calculados conforme descrito por Caner e Cansiz (2008), utilizando a seguinte equação:

$$\text{Perda de peso, \%} = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) \times 100}{\text{Peso inicial}}$$

A perda de peso foi calculada semanalmente em relação ao respectivo peso do ovo no início do experimento.

### Unidade Haugh (HU)

A altura do albúmen foi medida com paquímetro digital a uma distância de 10 mm da gema. Após, o HU foi obtido através da equação proposta por Haugh (1937):

$$UH = 100 \log \left[ H - \left( \frac{\sqrt{(30W^{0,37} - 100)}}{100} + 1,9 \right) \right]$$

Onde  $h$  é a espessura do albúmen (mm) e  $W$  é a massa do ovo inteiro (g). Com base nos resultados de HU, os ovos foram classificados em: Classe AA, quando HU foi superior a 72; Classe A, ovos com HU de 71 a 60; Classe B, ovos com HU de 59 a 31; ou Classe C, quando HU era inferior a 30 (YUCEER e CANER, 2014).

### **pH de Albúmen e Gema**

Após a separação da gema e do albúmen, foi realizada a homogeneização das substâncias por 20 s, e então o pH foi determinado utilizando um pHmetro digital, previamente calibrado com buffer soluções de pH 7 e 10 (BRASIL, 1999).

### **Altura de Albúmen e Gema**

Foram realizadas mensurações de altura, comprimento, largura e diâmetro do albúmen e da gema com um paquímetro digital. Foi mantido uma distância de 1 cm da gema, com o objetivo de mensurar o albúmen denso. Os dados obtidos nas mensurações foram usados para determinação dos índices (IBRAHIM *et al.*, 2020):

Índice de albúmen (%) = altura do albúmen/diâmetro do albúmen \* 100

Índice de gema (%) = altura da gema/diâmetro da gema \* 100

### **Análise estatística**

A normalidade dos resíduos foi verificada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento General Linear Model, considerando cada ovo como uma unidade experimental. Os modelos estatísticos foram os efeitos dos tratamentos (resfriado e temperatura ambiente), períodos de armazenamento (semanas) e interação (tratamentos e períodos de armazenamento). Diferenças nas médias ( $P < 0,05$ ) foram avaliadas pelo teste de Tukey.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A produção de ovos de alta qualidade é essencial para a sustentabilidade e a eficiência da indústria de ovos. A refrigeração desempenha um papel importante, não apenas na preservação da qualidade interna, mas também na inibição do crescimento microbiano. Embora seus benefícios sejam bem estabelecidos, a variação nas práticas globais de refrigeração – moldadas pelo

clima, infraestrutura, legislação e comportamento do consumidor – destaca a necessidade de estratégias específicas para cada contexto. Diretrizes internacionais coordenadas e investimentos em infraestrutura de cadeia fria podem ajudar a harmonizar as práticas, garantindo tanto a segurança alimentar quanto a qualidade do produto em um mercado globalizado.

Os ovos avaliados no dia zero apresentaram uma média de 85,68 de HU, indicando excelente qualidade, de acordo com a recomendação do USDA (2000). As demais variáveis de qualidade avaliadas no início do período experimental também estavam de acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1997), que determina condições mínimas de qualidade interna para gema (translúcido, firme e consistente) e albúmen (transparente, consistente, límpido, sem manchas e calaza intacta).

Observou-se que entre os tratamentos, o peso de ovo, peso de albúmen, peso de gema, pH de gema e albúmen não diferiram estatisticamente ( $P>0,05$ ; Tabela 1). Já a altura de albúmen e gema, bem como a unidade Haugh (HU), foram maiores nos ovos armazenados sob refrigeração, enquanto o pH do albúmen foi menor ( $P<0,05$ ; Tabela 1).

A liquefação do albúmen denso é evidenciada pela redução dos valores de HU, os quais foram menores a partir da segunda semana de armazenamento, assim como o peso da gema, altura da gema e albúmen dos ovos ( $P<0,05$ ; Tabela 1).

**Tabela 1.** Qualidade interna de ovos caipira mantidos em temperatura ambiente (T1) ou refrigerados (T2) ao longo de 21 dias de armazenamento.

|                   | Tratamento |       | P1     | Dias    |         |         |         | P2     |
|-------------------|------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
|                   | T1         | T2    |        | 0       | 7       | 14      | 21      |        |
| Peso ovo          | 58,48      | 59,55 | 0,083  | 60,01   | 59,18   | 58,76   | 58,09   | 0,168  |
| Peso da Gema      | 16,5       | 16,37 | 0,648  | 17,5 a  | 16,24 b | 16,2 b  | 15,8 b  | <0,001 |
| Peso de Albúmen   | 32,89      | 33,06 | 0,817  | 34,35 a | 34,1 a  | 33,6 a  | 29,85 b | <0,001 |
| Altura de Albúmen | 5,87       | 7,22  | <0,001 | 7,39 a  | 6,36 b  | 6,4 b   | 6,46 b  | <0,001 |
| Altura da gema    | 13,28      | 17,41 | <0,001 | 17,15 a | 15,68 b | 14,45 c | 14,11 c | <0,001 |
| pH gema           | 6,27       | 6,13  | 0,162  | 6,12    | 6,18    | 6,22    | 6,28    | 0,711  |
| pH Albúmen        | 8,19       | 7,81  | 0,080  | 7,67 a  | 7,75 a  | 7,76 a  | 8,83 b  | 0,001  |
| Unidade Haugh     | 75,62      | 84,75 | <0,001 | 85,68 a | 79,89 b | 78,72 b | 76,45 b | <0,001 |

Médias seguidas de letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ); P1: Probabilidade estatística para tratamento; P2: Probabilidade estatística para tempo de armazenamento em dias.

**Tabela 2.** Interação entre os tratamentos e os dias de armazenamento para as variáveis de qualidade interna de ovos.

| Interação         |        |        |        |        |        |        |        |         |        |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Dias              | D0     |        | D7     |        | D14    |        | D21    |         | P3     |
| Tratamentos       | T1     | T2     | T1     | T2     | T1     | T2     | T1     | T2      |        |
| Peso ovo          | 60,01  | 60,01  | 60,81  | 58,58  | 58,63  | 58,89  | 57,71  | 59,95 a | 0,221  |
| Peso da Gema      | 18,07  | 18,07  | 16,24  | 16,35  | 16,06  | 16,2   | 15,61  | 15,98   | 0,173  |
| Peso da Albúmen   | 35,94  | 35,94  | 34,22  | 33,99  | 32,75  | 33,01  | 31,21  | 28,48   | 0,055  |
| Altura de Albumen | 7,39 a | 7,39 a | 6,46 b | 7,25 a | 5,04 b | 7,06 a | 5,66 b | 7,24 a  | 0,001  |
| Altura da gema    | 17,15a | 17,15a | 13,4b  | 17,95a | 11,4b  | 17,48a | 11,1b  | 17,08a  | <0,001 |
| pH gema           | 6,12ab | 6,12ab | 6,18ab | 6,19ab | 6,22ab | 6,34 a | 6,56 a | 5,88 b  | 0,019  |
| pH Albumen        | 7,67   | 7,67   | 7,84   | 7,66   | 7,96   | 7,65   | 9,31   | 8,35    | 0,437  |
| Unidade Haugh     | 85,68a | 85,68a | 72,96b | 83,75a | 74,69b | 83,75a | 69,14b | 85,09 a | <0,001 |

Médias seguidas de letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ); P3: Probabilidade estatística para a interação entre os tratamentos e os dias de armazenamento.

Na Tabela 2, verificou-se que os ovos refrigerados conseguiram manter sua qualidade por mais tempo em relação aos ovos não refrigerados, principalmente nas características de altura de albúmen e gema, pH da gema e HU ( $P<0,05$ ).

O tamanho e peso dos ovos influenciam outras variáveis como HU e espessura da casca (OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2013). O resultado encontrado neste estudo para peso de ovo difere do observado por Diniz *et al.* (2019), que encontraram diferença significativa ao longo do tempo. Santos *et al.* (2009) explicam que a perda de peso ocorre pela perda de água do albúmen, sendo mais acentuada em temperatura ambiente.

Biladeau e Keener (2009) e Pires *et al.* (2019) também observaram a redução do HU durante o armazenamento, associada à degradação das proteínas do albúmen, que libera a água antes retida nas macromoléculas, levando à perda de viscosidade e frescor (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2013).

A refrigeração reduz a taxa de degradação das proteínas e a perda de  $\text{CO}_2$  presente no albúmen, retardando o aumento do pH e preservando melhor a estrutura proteica e a qualidade interna do ovo (LANA; LANA; SILVA, 2018). O aumento da alcalinidade do albúmen está diretamente associado à redução da qualidade interna do ovo. Pesquisas recentes observaram que a refrigeração reduziu significativamente o pH da gema e do albúmen, resultando em características de qualidade superiores em comparação ao armazenamento em temperatura ambiente Pires *et al.*, 2021).

O pH da albumina aumenta com o tempo devido à dissociação do ácido carbônico (FIGUEIREDO *et al.*, 2013), podendo chegar a 9,5 (ALLEONI e ANTUNES, 2001). O presente estudo demonstrou que o pH permaneceu dentro da faixa considerada ideal. Segundo Silversides e Scott (2001), o pH da albumina é uma medida eficaz do frescor, menos influenciada por linhagem ou idade da ave.

A refrigeração manteve o pH da gema dentro dos valores recomendáveis (entre 6,0 e 6,9), como relatado por Pires *et al.* (2019) e Diniz *et al.* (2019). Segundo Simsiri *et al.* (2023), a refrigeração retarda a degradação das proteínas estruturais do albúmen, como a ovoalbumina, o que ajuda a manter a HU, um indicador-chave da qualidade do ovo. Ovos mais velhos tendem a apresentar albúmen mais líquido e com altura menor, resultando em uma pontuação mais baixa na unidade Haugh. A análise dos resultados reforça a importância do controle das condições de armazenamento como fator fundamental na preservação da qualidade dos ovos.

O processo de deterioração de alimentos perecíveis é rápido, principalmente quando expostos a temperaturas flutuantes. A refrigeração reduz efetivamente a taxa de deterioração, ajudando a preservar a qualidade do produto por um período prolongado, retardando o crescimento microbiano, a atividade enzimática e a perda de umidade. Além disso, os ovos refrigerados mantêm sua textura, sabor e valor nutricional por muito mais tempo do que aqueles armazenados em temperatura ambiente. Como resultado, a refrigeração tornou-se uma prática essencial não apenas para melhorar a segurança alimentar, mas também para garantir a qualidade consistente dos ovos ao longo de sua vida útil.

## CONCLUSÃO

A refrigeração é uma estratégia eficaz para a preservação da qualidade interna dos ovos. Ovos armazenados sob refrigeração mantiveram melhores valores nas principais características de qualidade, como altura do albúmen e da gema, pH da gema e unidade Haugh.

## Agradecimentos

Agradecemos à instituição pelo suporte técnico e pela infraestrutura fornecida para a realização deste trabalho. Manifestamos também nossa gratidão

à colega Maria Eduarda Mattive Jardim pela colaboração durante a pesquisa e, em especial, à professora Katia Maria Cardinal, cuja orientação e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS

ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2024**. Disponível em: <[https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024\\_capa\\_frango.pdf](https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf)>. Acesso em: 08 Ago. 2024.

ALCÂNTARA, J.B. **Qualidade físico-química de ovos comerciais: avaliação e manutenção da qualidade**. Goiânia. 2012. 31f. Seminários aplicados 23 (Doutorado em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás – Escola de Veterinária e Zootecnia de Goiânia, 2012. Acesso em 10 out. 2024.

ALLEONI, ACC E AJ ANTUNES. 2001. **Unidade Haugh como medida de qualidade de ovos de galinhas poedeiras armazenados sob temperatura**. Ciência. Agri. 58:681–685.

BERARDINELLI, A.; DONATI, V.; GIUNCHI, A.; GUARNIERI, A.; RAGNI, L. **Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs**. Biosystems Engineering, v. 86, n. 4, p. 495-502, 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511003001740>. Acesso em 10 mai. 2024.

BILADEAU, A. E K. KEENER. 2009. **Os efeitos dos revestimentos comestíveis na qualidade dos ovos de galinha armazenados refrigerados**. Poult. Ciência. 88:1266–1274.

BRASIL. 1997. **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Portaria nº 30.691, de 29 de março de 1952, e alterações. DOU. Atualizado em 1997. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, Distrito Federal, Brasil.

BRASIL. 1999. Instrução normativa nº 20 de 21 de julho de 1999. **Métodos Analíticos Físico-Químicos, para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes - Sal e Salmoura**: DIPOA, Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento, Brasília, Distrito Federal, Brasil. Disponível em: [https://nimis.com.br/port/legislacao/geral\\_met\\_an\\_prod\\_carneos.htm](https://nimis.com.br/port/legislacao/geral_met_an_prod_carneos.htm). Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. 2004. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. **Dispõe sobre Regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação**. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216\\_15\\_09\\_2004.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html). Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. 2006. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Portaria nº 138, de 5 de junho de 2006. **Normas técnicas para registro e fiscalização dos estabelecimentos avícolas, produtores de ovos e aves livres de patógenos específicos (SPF) e de ovos controlados e dos estabelecimentos avícolas de aves de reprodução**. Disponível em: [http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro\\_ged/pdf/727\\_GED.pdf](http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro_ged/pdf/727_GED.pdf). Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. 2009. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. da Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 35, de 17 de junho de 2009. **Dispõe sobre a obrigatoriedade de instruções de conservação e consumo na rotulagem de ovos e dá outras providências**. Brasília. Disponível em: [https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2020/06/RDC\\_35\\_2009\\_.pdf](https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2020/06/RDC_35_2009_.pdf). Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. 2014. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Secretária de Estado de Saúde do Distrito Federal. Instrução Normativa DIVISA/SVS nº 4 de 15 de dezembro de 2014. **Regulamento técnico sobre boas práticas para estabelecimentos comerciais de alimentos e para serviços de alimentação, e o roteiro de inspeção.** Disponível em: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/bra174530.pdf>. Acesso em: 29 set. 2024.

CANER C, CANSIZ Ö. **Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality.** J Sci Food Agric 88:56–61, 2008. DOI: DOI: 10.1002/jsfa.2962. Acesso em: 04 out. 2023.

CARVALHO, F. B. **Influência da idade, da linhagem, do sistema e do tempo de conservação na qualidade interna e da casca de ovos comerciais.** 2003. 40f. Monografia (Especialização em Zootecnia). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003. Acesso em 10 dez. 2023.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS EUA DO USDA. 2000. **Padrões, notas e classes de peso dos Estados Unidos para Shelleggs.** AMS 56.210. AMS, USDA, Washington, DC.

DINIZ, M. A. *et al.* **Avaliação da qualidade de ovos armazenados em diferentes temperaturas. Revista Craibeiras de Agroecologia, [S. l.], v. 4, n. 1, p. e7681, 2019.** Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/7681>. Acesso em: 27 set. 2024.

DIRETIVA 1999/74/CE do Conselho de 19 de julho de 1999 **que estabelece as normas mínimas relativas à proteção das galinhas poedeiras** Jornal Oficial nº L 203 de 03/08/1999 p. 0053 – 0057. Acesso em: 08 out. 2024.

FIGUEIREDO, T., R. VIEGAS, L. LARA, N. BAIÃO, M. SOUZA, L. HENEINE E S. CANCADO. 2013. **Aminas bioativas e qualidade interna de ovos comerciais.** Poult. Ciência. 92:1376–1384.

HAUGH RR (1937) **The Haugh unit for measuring egg quality.** US Egg Poult Mag 43:552–555. Acesso em: 04 out. 2023.

IBRAHIM AA, ABARE MY, SALISU IB, ABDULKARIM A. **Effects of strain and storage period on some quality characteristics of chicken eggs.** Nigerian J. Anim. Sci. Techn. 2020; 3(2):52–65. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00093>. Acesso em: 04 out. 2023.

KRUNT O, *et al.* **Guinea fowl (Numida meleagris) eggs and free-range housing: a convenient alternative to laying hens' eggs in terms of food safety?** Poultry Sci. 2021; 100(4):1–11. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.029>. Acesso em: 23 out. 2023.

LANA, Sandra Roselí Valerio; LANA, GRQ; SILVA, LCL. **Efeito da temperatura e do tempo de armazenamento na qualidade de ovos de galinhas poedeiras comerciais.** Arquivos de Zootecnia, v. 67, n. 257, p. 93-98, jan. 2018. DOI: 10.21071/az.v67i257.3392.

LOPES, L. L. A.; SILVA, Y. L.; NUNES, R. V.; TAKAHASHI, S. E.; MORI, C. **Influência do tempo e das condições de armazenamento na qualidade de ovos comerciais.** Revista eletrônica de Medicina Veterinária. n. 18. 2012. Disponível em: <http://www.revista.inf.br/veterinaria18/artigos/art11.pdf>. Acesso em: 23 out. 2024.

MENDES, F. R. **Qualidade física, química e microbiológica de ovos lavados armazenados sob duas temperaturas e experimentalmente contaminados com Pseudomonas aeruginosa.** 2010.72f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Acesso em: 29 dez. 2023.

OLIVEIRA, B. L., AND D. D. OLIVEIRA. 2013. **Egg Quality and Technol-ogy.** Lavras: UFLA, 223p.

PIRES, P. G. da S. *et al.* **Hundred years of knowledge on table egg refrigeration.** World's Poultry Science Journal, [S. l.], v. 78, n. 3, p. 553–570, 2022. DOI: 10.1080/00439339.2022.2105276.

PIRES, P. G. da S. *et al.* **The relationship between egg quality and hen housing systems-A systematic review.** *Livestock Science*, v. 250, p. 104597, 2021.

PIRES, P. G. da S. *et al.* 2019. **Revestimento de proteína de arroz para prolongar a vida útil de ovos convencionais.** *Poult. Ciência*. 98:1918–1924.

POLETTI, B. **Vida de prateleira de ovos de poedeiras com diferentes idades de postura em sistema orgânico de produção.** 2017. 102 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179116>. Acesso em: 07 nov. 2023.

SANTOS, M.S.V.; ESPINDOLA, G.B.; LÔBO R.N.B.; FREITAS, E. R.; GUERRA, J. L. L.; SANTOS, A. B. **Efeito da temperatura e estocagem em ovos.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 29, n. 3, p. 513-517, 2009.

SELEIM, M.A.; EL-PRINCE, E. **Effect of storage and boiling on some quality characteristics of eggs.** *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, v.31, n.4, p.1-15, 2000. Acesso em: 15 out. 2024.

SILVERSIDES FG, SCOTT TA. **Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens.** *Poult Sci.* 2001;80(8):1240-1245. doi:10.1093/ps/80.8.1240

SIMSIRI, W. *et al.* **Effect of Cold Chain on Chicken Egg Quality in a Simulated Post Washing Processing and Consumer Storage Model.** *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 25, n. 3, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2021-1598>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/hqf49yLb6M7WKsTcKCYXjrg>.

YUCEER M, CANER C (2014) **Antimicrobial lysozyme–chitosan coatings affect functional Properties and shelf life of chicken eggs during storage.** *J Sci Food Agric* 94:153–162. Acesso em: 04 out. 2023.

## **RESÍDUOS DE DESTILARIA NA NUTRIÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES: UMA REVISÃO**

**Leonardo Piffer de Borba**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Ana Carla da Silva Neves**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Diéli Patrícia de Souza**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Jakciane Andrieli de Miranda Foss**

**Fabio José Maia**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Vicente de Paulo Macedo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

# RESUMO

O uso de coprodutos da indústria do etanol, especialmente os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) e os grãos úmidos de destilaria (WDG), tem se consolidado como uma alternativa viável e estratégica na alimentação de pequenos ruminantes. Provenientes do processamento de grãos como o milho e o sorgo, esses coprodutos apresentam elevada concentração de proteína bruta, energia digestível e minerais, sendo particularmente atrativos em contextos de redução de custos de produção e escassez de insumos convencionais. Apesar da ampla utilização em sistemas intensivos de criação de bovinos, sua aplicação em dietas de ovinos e caprinos ainda carece de maior aprofundamento científico. Este trabalho reúne informações técnicas e atualizadas sobre o valor nutricional, desempenho zootécnico, implicações sanitárias e econômicas associadas ao uso de DDGS e WDG, destacando seu potencial como ingredientes para a formulação de dietas para pequenos ruminantes.

**Palavras-chave:** coprodutos do etanol; DDG; desempenho produtivo; WDG.

## INTRODUÇÃO

A produção de etanol a partir de grãos, como milho e sorgo, gera diversos coprodutos com potencial para uso na alimentação animal, entre eles os grãos secos de destilaria (DDG), grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), grãos úmidos de destilaria (WDG), grãos úmidos de destilaria com solúveis (WDGS), grãos úmidos de destilaria modificados mais solúveis (MWDGS) e os solúveis condensados de destilaria (CDS) (LARDY, 2007). A vinhaça integral, fração líquida do processo, é centrifugada e evaporada para formar CDS, enquanto a parte sólida pode ser comercializada em diferentes formas, conforme o teor de umidade e adição dos solúveis (LARDY, 2007).

Com o aumento da produção de etanol nos Estados Unidos e, mais recentemente, no Brasil, cresceu também o interesse na utilização de resíduos de destilaria como ingrediente em dietas animais (HODGES *et al.*, 2020; MUMM *et al.*, 2014; OLIVEIRA, 2012). Apesar do menor teor de amido em comparação ao milho, os resíduos de destilaria apresentam elevada digestibilidade da fibra insolúvel e elevado conteúdo energético, o que favorece seu uso em dietas para ruminantes (OLIVEIRA, 2012).

Estudos têm demonstrado que os resíduos de destilaria de milho podem ser incluídos em até 300 g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) em dietas de ruminantes, embora níveis elevados possam afetar negativamente a ingestão e digestibilidade (KLOPFENSTEIN; ERICKSON; BREMER, 2008; SCHINGOETHE *et al.*, 2009). Para pequenos ruminantes, alguns trabalhos mostraram ausência de prejuízo ao desempenho com níveis dietéticos variando entre 300 e 450 g.kg<sup>-1</sup> de MS (CASTRO-PÉREZ *et al.*, 2014; SORENSEN *et al.*, 2021), enquanto o DDG de trigo apresentou efeito negativo sobre ingestão e crescimento (AVILA-STAGNO *et al.*, 2013), indicando que a origem e composição de resíduos de destilaria influenciam a resposta animal.

Os grãos de destilaria secos com solúveis (DDGS), nos quais a fração líquida é reincorporada ao DDG antes da secagem, são amplamente utilizados nos Estados Unidos na alimentação de bovinos (WALTER *et al.*, 2012). Além de custo competitivo em relação ao milho e farelo de soja, os DDGS fornecem energia e proteína de forma eficiente e têm potencial para uso na alimentação de caprinos (SCHINGOETHE *et al.*, 2009). No entanto, a adoção na caprinocultura

é limitada, em parte pela falta de estudos específicos, como observado no relatório do NRC (2007), que não apresenta recomendações para uso de DDGS em dietas de cabras.

Diversos estudos avaliaram os efeitos dos DDGS sobre o desempenho zootécnico, a digestibilidade dos nutrientes, os parâmetros fermentativos ruminais e a qualidade da carne em pequenos ruminantes. Şahín *et al.* (2013) relatam que a inclusão de até 20% de DDGS na dieta de cordeiros em crescimento não comprometeu o consumo, o ganho de peso, a eficiência alimentar ou os parâmetros ruminais, como pH, concentração de nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) e ácidos graxos voláteis (AGV), que permaneceram dentro dos padrões fisiológicos considerados normais (O'HARA *et al.*, 2011; WERTZ-LUTZ; ZELINSKY; HELD, 2006). Por outro lado, Radev (2012) observou aumento na concentração ruminal de  $\text{NH}_3\text{-N}$  e AGV totais com o uso de DDGS na dieta de ovinos em manutenção.

Outros trabalhos também indicam que a inclusão moderada de DDGS na dieta de pequenos ruminantes pode ser feita sem prejudicar a digestibilidade dos nutrientes ou desempenho animal. Felix *et al.* (2012) reportaram ganho médio diário superior ( $0,358 \text{ kg.dia}^{-1}$ ) com inclusão de 20% de DDGS na dieta de ovinos, porém níveis de 40% e 60% resultaram em menor digestibilidade da MS e da gordura, comprometendo o desempenho. Estrada-Angulo *et al.* (2007) não encontraram diferenças no ganho de peso ou utilização de ração comercial ao substituir 15–35% de milho e farelo de soja por DDGS. Resultados semelhantes foram obtidos por Held (2006) e Schauer *et al.* (2006), que não observaram efeitos negativos sobre crescimento, consumo ou características de carcaça mesmo com proporções superiores a 22,5% de DDGS na dieta de cordeiros em terminação.

Adicionalmente, o impacto do DDGS sobre a qualidade da carne também tem despertado interesse, principalmente pela possível elevação de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), o que pode aumentar a suscetibilidade à oxidação e descoloração, como relatado em bovinos (DEPENBUSCH *et al.*, 2009; MELLO *et al.*, 2012).

Diante desse cenário, este capítulo tem como objetivo abordar o histórico, a caracterização e os principais aspectos relacionados ao uso de DDGS e WDGS na alimentação de pequenos ruminantes. Serão discutidas suas vantagens e limitações, bem como os efeitos sobre consumo, parâmetros ruminais

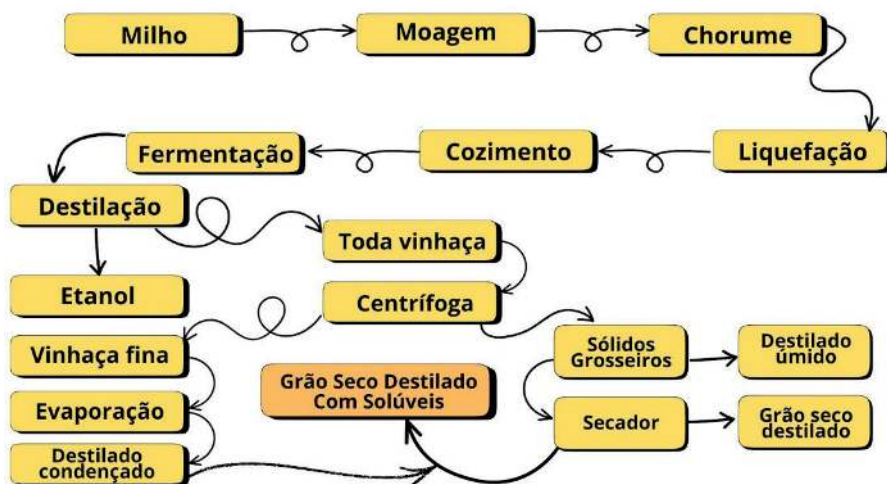
e desempenho produtivo (corte e leite), buscando fornecer subsídios técnicos e científicos que orientem o uso racional e seguro desses coprodutos na formulação de dietas para caprinos e ovinos.

## DESENVOLVIMENTO

### Histórico e caracterização do material

Os coprodutos resultantes do processo de produção de etanol (Figura 1) podem incluir grãos secos de destilaria (DDG), grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), grãos úmidos de destilaria (WDG), grãos úmidos de destilaria com solúveis (WDGS), grãos úmidos de destilaria modificados mais solúveis (MWDGS) e solúveis condensados de destilaria (CDS), também conhecido como xarope (LARDY, 2007). A vinhaça integral, que é a fração líquida restante após a produção do etanol, é centrifugada para remover sólidos grosseiros e então evaporada para produzir vinhaça fina, que é posteriormente evaporada também, para produzir CDS (LARDY, 2007).

**Figura 1.** Processo de produção de etanol de grãos de destilaria secos com solúveis (DDGS).



Fonte: adaptado de Erickson et al. (2005).

A porção de sólidos pode ser vendida úmida como WDG; combinada com CDS e vendida como WDGS; ou seca e vendida como DDG; ou combinada com CDS, seca e vendida como DDGS (LARDY, 2007). Em algumas plantas, o

WDGS é parcialmente seco para produzir um produto chamado grãos úmidos de destilaria modificados mais solúveis (LARDY, 2007). O WDG e o WDGS apresentam aproximadamente 30% de MS e 70% de umidade, enquanto o DDG e o DDGS são compostos por aproximadamente 90% de MS. Quando modificado, o WDGS apresenta aproximadamente 50% de MS (LARDY, 2007).

Os coprodutos úmidos (WDG, WDGS ou MWDGS) possuem maior energia do que o DDG ou o DDGS porque alguns dos subprodutos da fermentação são volatilizados durante o processo de secagem (LARDY, 2007). No entanto, a qualidade da proteína não parece ser afetada pela secagem adequada (LARDY, 2007). Devido ao alto teor de umidade, os custos de transporte devem ser considerados na compra de WDG, WDGS ou MWDGS (LARDY, 2007).

- **DDG e DDGS**

Os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) são coprodutos do processo de produção de etanol, amplamente utilizados como ingrediente na alimentação animal devido ao seu elevado valor nutricional (BRITO, 2008; SANTOS, 2023) e a sua composição varia conforme a matéria-prima utilizada e o processo industrial adotado (SILVA; PERES NETTO; SCUSSEL, 2016). Nos Estados Unidos, o milho é a principal fonte, mas em outras regiões, como Canadá e Europa, também utilizam sorgo e trigo (SILVA; PERES NETTO; SCUSSEL, 2016). No Brasil, apesar do potencial de produção, o uso ainda é limitado, com menor conhecimento técnico disponível e ausência de regulamentações específicas sobre limites de contaminantes para este coproduto (RIBEIRO; HENN; SILVA, 2010).

Após o processamento do etanol, o DDGS precisa ser corretamente seco e armazenado, pois falhas nessas etapas podem favorecer a contaminação por HPAs - hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (GARCIA LONDOÑO *et al.*, 2013). Além disso, quando medidas preventivas não são suficientes, há risco de contaminação por fungos tóxicos, micotoxinas e agrotóxicos, afetando não apenas o milho, mas também seus coprodutos, como o DDGS. Por isso, torna-se essencial a aplicação de métodos físicos (calor, microondas, raios gama, luz ultravioleta), químicos (ácidos, bases, ozônio, oxidantes) ou biológicos (uso de microrganismos) de descontaminação antes do uso do DDGS na alimentação

animal (ou humana) (BEBER-RODRIGUES; SAVI; SCUSSEL, 2015; KHATIBI *et al.*, 2014; LORINI, 2002; SAVI *et al.*, 2014).

Nutricionalmente, o DDGS é um ingrediente de alto valor, sendo fonte de energia, proteína e minerais. Possui cerca de 10% de gordura na matéria seca (MS) e aproximadamente 39% de fibra em detergente neutro (FDN) altamente digestível, o que ajuda a compensar dietas com menor inclusão de forragem ou com baixa digestibilidade, além de reduzir os efeitos negativos da alta ingestão de amido, prevenindo distúrbios como a acidose em bovinos confinados (USGC, 2012). O baixo teor de amido do DDGS (entre 2% a 5%) contribui diretamente para esse benefício (SCHROEDER, 2012).

Em termos de proteína, o DDGS proveniente do milho possui normalmente mais de 30% de proteína bruta (PB) na MS, sendo aproximadamente 55% da fração não degradável no rúmen (PNDR), o que o torna uma excelente fonte proteica para ruminantes, mesmo sendo pobre em lisina (USGC, 2012). A formulação de dietas deve considerar o equilíbrio entre proteína degradável no rúmen (PDR) e a PNDR, e o DDGS pode ser utilizado como única fonte proteica, atendendo satisfatoriamente às exigências nutricionais dos animais (TJARDES; WRIGHT, 2002).

Do ponto de vista mineral, o DDGS é pobre em cálcio (Ca) e rico em fósforo (P) e enxofre (S) (TJARDES; WRIGHT, 2002). Durante o processo industrial, é comum a adição de ácido sulfúrico para regular o pH da fermentação e para limpeza de equipamentos, o que eleva os teores de enxofre no produto final (USGC, 2012). O teor de enxofre no DDGS pode variar de 0,31% a 1,93% da MS, com média de 0,69% e, este aspecto exige atenção especial, principalmente em regiões onde a água disponível aos animais apresenta altos níveis de sulfato, pois o excesso de enxofre na dieta pode levar à poliencefalomalácia e interferir na absorção de cobre (TJARDES; WRIGHT, 2002).

A umidade também é um fator crítico para a estabilidade do produto. Rosentrater (2006) analisou amostras de DDGS nos Estados Unidos, e encontrou um teor médio de umidade de 14,7%, valor superior ao ideal de 12%, aumentando o risco de deterioração microbiológica. A atividade de água ( $A_w$ ), que indica a quantidade de água livre disponível para o crescimento de microrganismos, variou entre 0,53 e 0,63. O DDGS apresenta alta capacidade de absorção de umidade do ambiente, especialmente em locais com elevada umidade relativa

do ar (ROSENTRATER, 2006), o que reduz sua estabilidade durante períodos prolongados de armazenagem.

A coloração do DDGS tem sido, historicamente utilizada como indicativo da qualidade nutricional. Produtos mais claros e amarelados tendem a apresentar maior digestibilidade de aminoácidos e maior disponibilidade de lisina (BREGENDAHL, 2008). A exposição a altas temperaturas pode provocar reações de Maillard, e reduzir a digestibilidade dos aminoácidos (USGC, 2012). Vale ressaltar também que mesmo quando exposto a temperaturas elevadas e ambientes úmidos, a estabilidade oxidativa das gorduras presentes no DDGS costuma ser boa, devido à presença de antioxidantes naturais do milho (USGC, 2012).

O valor econômico do DDGS depende da composição nutricional e da digestibilidade dos seus nutrientes (BUOSI, 2017) e superestimar ou subestimar esses valores pode impactar negativamente o desempenho animal e a eficiência econômica (USGC, 2012). Outro fator limitante à sua utilização é o custo com transporte, especialmente quando os teores de umidade são elevados (BUOSI, 2017). Para auxiliar nas decisões econômicas envolvendo o uso de coprodutos como o DDGS, Buckner *et al.* (2008) desenvolveram o modelo Cattle CODE (Coproduct Optimizer Decision Evaluator), que permite simulações com diferentes variáveis, como tipo de coproduto, preço, distância de transporte. Essa ferramenta fornece estimativas de desempenho, custos e margem de lucro por animal.

- **WDG e WDGS**

Quando os grãos destilados são utilizados na alimentação animal em locais próximos às unidades de produção de etanol, o processo de secagem pode ser dispensado, resultando no produto conhecido como grãos úmidos de destilaria (WDG) (BUOSI, 2017). De acordo com Schroeder (2012), os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida para lactação (ELL) dos WDG são de 1,81, 1,63 e 1,00 Mcal por libra de matéria seca, respectivamente.

O armazenamento dos grãos úmidos requer cuidados específicos. Um estudo observou que, quando o WDGS é armazenado empilhado e descoberto, ocorrem mudanças na coloração e crescimento de fungos na

superfície. A formação de mofo é diretamente proporcional à permeabilidade do plástico de cobertura: quanto mais espesso o plástico, menor é o desenvolvimento de fungos (ERICKSON, *et al.*, 2009).

Quanto ao desempenho animal, estudos demonstram que a resposta produtiva de ruminantes alimentados com WDGS é semelhante à daqueles que consomem DDGS, tornando o custo e o manejo os principais fatores para a escolha entre o produto úmido ou seco (BUOSI, 2017). Produtos secos, como o DDGS, oferecem a vantagem de armazenamento prolongado e transporte mais eficiente a longas distâncias. Em contrapartida, o WDGS elimina o custo do processo de secagem, mas apresenta menor vida útil, permanecendo fresco e palatável por apenas 5 a 7 dias, dependendo das condições climáticas (SCHINGOETHE *et al.*, 2009).

### **Vantagens e desvantagens do uso**

Dentre as principais vantagens do uso destes coprodutos industriais estão a facilidade de armazenamento do material; a alta disponibilidade de matéria-prima (milho, sorgo, dentre outros) e a alta demanda de produtos que dão origem ao resíduo; além do baixo custo de produção (SILVA; PERES NETTO; SCUSSEL, 2016).

As principais desvantagens relacionadas ao seu uso em dietas estão associadas a rápida deterioração do produto, a elevada variação da composição bromatológica, além de uma maior concentração de subprodutos em regiões geográficas específicas, aumentando o custo com transporte (SCHINGOETHE *et al.*, 2009). A grande variabilidade na composição nutricional pode ser relacionada a forma de produção do etanol e a rápida degradação do coproduto, inviabilizando o transporte do material por longas distâncias (Figura 2).

**Figura 2.** Vantagens e desvantagens do uso de resíduos de destilaria na nutrição de pequenos ruminantes.



Fonte: Autores (2025).

## Efeitos na produção animal

Os resíduos de destilaria são amplamente utilizados em diversas criações animais, sendo os ruminantes, os pioneiros em seu uso. Na produção de bovinos de corte e leite, muitos dos efeitos sobre consumo, desempenho, parâmetros sanguíneos, fisiológicos e ruminais já foram elucidados, permitindo seu uso comercial, com o objetivo de reduzir os custos de produção relacionados à nutrição. Entretanto, na produção de pequenos ruminantes, ainda são escassos os estudos que avaliam estas mesmas variáveis.

- **Consumo animal e metabolismo ruminal**

Alguns cuidados devem ser tomados para alcançar o máximo desempenho produtivo quando se trata do uso de DDGS e WDGS na alimentação animal, já que ao longo do processo de produção esses coprodutos são expostos ao processo de aquecimento. O DDG, principalmente, apresenta um elevado teor de proteína bruta na sua composição, variando entre 26,0% a 31,7% (SANTOS, 2023). A proteína disponível neste coproduto apresenta elevado valor nutricional, visto que possui altos teores de proteína não degradável no rúmen (PNDR). A digestão e absorção da PNDR são realizadas no intestino delgado e

os aminoácidos degradados são destinados para a produção tecidual e ganho de peso. A fração de proteína degradável no rúmen (PDR) é amplamente utilizada pelos microrganismos presentes neste segmento do trato digestório, servindo como fonte de nitrogênio para esses microrganismos realizarem funções como fermentação ruminal e síntese proteica.

Como o amido é a matéria prima para a produção do etanol, outra vantagem do uso desses coprodutos na alimentação é o baixo teor de amido, o que leva a menores riscos de acidose ruminal (MANOCHIO *et al.*, 2017). Em contrapartida, os aminoácidos podem apresentar termossensibilidade, e a depender dos níveis de aquecimento durante o processamento podem ocorrer variações na sua disponibilidade (TORRES *et al.*, 2023; WERLE *et al.*, 2018). A lisina, por exemplo, em baixa disponibilidade para vacas leiteiras se torna um nutriente limitante para a produção de leite (ACHARYA *et al.*, 2015). Macaya & Rojas (2009) avaliaram a produção de vacas leiteiras com diferentes níveis de adição de DDGS no concentrado (0; 22%; 32% e 42%), os resultados evidenciaram que na adição de 32% o incremento na produção de leite foi na ordem de 1,38 kg.dia<sup>-1</sup> em relação ao tratamento controle. Quando a inclusão foi elevada para 42%, houve uma queda de 2,05 kg.dia<sup>-1</sup> comparando ao tratamento com 32% de inclusão e 0,66 kg.dia<sup>-1</sup> em relação ao controle. A queda produtiva pode estar relacionada com o aumento de FDN associado à proteína. Esse processo, conhecido como reação de Maillard, ocorre quando o alimento é submetido a aquecimento excessivo, provocando reações entre carboidratos e aminoácidos, aumentando o nível de fibra associado à proteína, tornando-a indigestível. Os níveis indicados na literatura para FDN são entre 33,1 e 43,9% para DDG e DDGS, mas podem variar de acordo com a matéria prima utilizada e o processamento (MACAYA-QUIRÓS; ROJAS-BOURRILLÓN, 2009; WERLE *et al.*, 2018).

A utilização dos resíduos de destilaria na alimentação de pequenos ruminantes ainda demanda mais pesquisas, uma vez que a utilização desses coprodutos na nutrição de animais é recente no Brasil, onde a principal fonte de etanol ainda é a cana-de-açúcar. Apesar disso, estudos recentes já mostram números importantes que podem direcionar a utilização desses alimentos nas formulações de dietas para pequenos ruminantes. Para ovelhas leiteiras a inclusão de 200 g.kg de DDGS (a base de milho) apresentou um aumento na produção de leite, já para cordeiros o uso de 500 g.kg não apresentou efeito sobre o pH

ruminal, ganho de peso e rendimento de carcaça. Quando testado em cabras e ovelhas leiteiras, o uso de 300 g.kg de MS resultou em redução do consumo de MS, sem prejudicar o ganho médio de peso (ALSHDAIFAT; OBEIDAT, 2019; SORENSEN *et al.*, 2021) além de reduzir os custos de produção por litro de leite ovino (ALSHDAIFAT; OBEIDAT, 2019). Pannel *et al.* (2022) realizaram um experimento com bodes, onde foi analisado o uso de DDGS com feno de alfafa ou com *Sericea lespedeza*, comparados com os tratamentos das forragens solteiras. Os resultados mostraram que não houve diferença no consumo de matéria seca, porém, a adição do coproduto aumentou significativamente ( $P > 0,05$ ) os níveis de acetato e propionato em relação às dietas controle (55,6 vs 52,4% e 16,7 vs 15,3%). O DDGS dietético impactou na diminuição das proporções de butirato (9,9 vs 14,4%) com tendência a aumentar o pH do rúmen.

- **Desempenho produtivo**

A resposta produtiva dos animais está diretamente relacionada ao nível de inclusão do DDG a dieta (SANTOS, 2023). Ainda são escassos os estudos que apresentam resultados consistentes sobre o uso dos resíduos de destilaria no desempenho produtivo de pequenos ruminantes de corte e leite. Entretanto, vários estudos ao longo dos últimos anos têm demonstrado seu potencial como possível substituto para ingredientes concentrados da dieta, como farelos de soja e milho, demonstrando seu potencial de uso em períodos de aumento dos valores das *commodities*.

Na produção de ovinos de corte, Van Emon *et al.* (2013), avaliaram a inclusão de diferentes níveis de DDG em substituição ao farelo de milho (85% milho + 15% ração comercial; 15% de DDG na %MS; 30% de DDG na %MS), e não observaram diferença nas características de carcaça ( $P \geq 0,23$ ). Entretanto, encontraram um aumento linear no GMD ( $P < 0,001$ ) relacionado à maior inclusão de DDG a dieta. Já em estudo de Thompson *et al.* (2024), que avaliaram os efeitos do processamento térmico (experimento 1) e dos níveis de inclusão do DDG (experimento 2) na dieta de cordeiros mestiços (Hampshire × Dorset × Ile de France × SAMM × Suffolk) não constataram influência ( $P \geq 0,13$ ) do processamento térmico sobre o GMD, CMS e na relação Ganho:Alimentação (G:A). Quanto aos níveis de inclusão testados (10%, 20% e 30% da dieta

total), foi observada redução do consumo de matéria seca (CMS) (linear  $P < 0,01$ ; quadrático  $P = 0,05$ ), sem alteração das variáveis peso vivo, GMD e G:A.

Na produção de caprinos, Teixeira (2019) avaliou três níveis de inclusão de DDG (0%, 50% e 100%) em substituição ao farelo de soja da dieta de cabritos  $\frac{3}{4}$  Boer confinados e não observou diferença ( $P > 0,05$ ) nas características da carcaça, cortes comerciais, medidas do lombo, composição tecidual e química das paletas e dos lombos. Os mesmos resultados foram obtidos por Pontes (2019) na produção de caprinos leiteiros, que mensurou os efeitos da inclusão de farelo de soja, farelo de soja + DDG e apenas DDG na dieta de cabras Saanen em lactação, sem observar efeitos dos subprodutos sobre a produção de leite, gordura dos animais nas quatro fases de lactação (0-30; 31-60; 61-90 e 91-120 dias pós-parto) ( $P > 0,05$ ). A autora encontrou diferença apenas nos parâmetros da curva de lactação, como produção inicial de leite, taxa de acréscimo até o pico de lactação e taxa de declínio após o pico ( $P < 0,05$ ).

Estes resultados explicitam a importância da continuidade no desenvolvimento de pesquisas que permitam ampliar o conhecimento sobre os efeitos deste alimento, nas suas mais diversas formas de processamento (DDG, DDGS, WDG e WDGS), sobre a dieta de pequenos ruminantes, tanto na produção de corte, quanto na de leite.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego de DDGS e WDG na alimentação de ovinos e caprinos representa uma estratégia promissora sob os pontos de vista nutricional, econômico e ambiental. Esses coprodutos oferecem elevados teores de proteína, energia e fibra digestível, podendo substituir parcialmente ingredientes convencionais como o milho e o farelo de soja, com impacto positivo no desempenho produtivo dos animais e na rentabilidade dos sistemas de produção. No entanto, é essencial atentar-se à variabilidade composicional entre lotes, ao equilíbrio de enxofre na dieta e à adaptação dos animais ao consumo desses ingredientes. Embora a literatura voltada especificamente a pequenos ruminantes ainda seja limitada, os resultados disponíveis indicam que, quando devidamente elaboradas e manejadas, DDGS e WDG podem ser valiosos aliados na formulação de dietas economicamente eficientes e nutricionalmente balanceadas. O avanço de

pesquisas nessa área é fundamental para otimizar seu uso e garantir segurança alimentar, sustentabilidade e competitividade na ovinocultura e caprinocultura.

## REFERÊNCIAS

- ACHARYA, I. P. *et al.* Response of lactating dairy cows to dietary protein from canola meal or distillers' grains on dry matter intake, milk production, milk composition, and amino acid status. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 95, n. 2, p. 267–279, jun. 2015.
- ALSHDAIFAT, S. N.; OBEIDAT, B. S. The impact of feeding corn dried distillers grains with solubles on milk yield and composition in lactating Awassi ewes and digestibility and N partitioning in Awassi ewe lambs. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 522–529, 2 jan. 2019.
- AVILA-STAGNO, J. *et al.* Increasing concentrations of wheat dry distillers' grains with solubles in iso-nitrogenous finishing diets reduce lamb performance. **Small Ruminant Research**, v. 114, n. 1, p. 10–19, ago. 2013.
- BEBER-RODRIGUES, M.; SAVI, G. D.; SCUSSEL, V. M. Ozone Effect on Fungi Proliferation and Genera Susceptibility of Treated Stored Dry Paddy Rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Food Safety**, v. 35, n. 1, p. 59–65, fev. 2015.
- BREGENDAHL, K. Use of Distillers Co-products in Diets Fed to Poultry. Em: **Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries**. [s.l.: s.n.]. p. 99–133.
- BRITO, C. **Uso do DDGS, um Subproduto na Produção do Etanol, na Alimentação de Monogástricos**. Poli-Nutri Alimentos, , 2008.
- BUCKNER, C. D.; ET AL. Cattle CODE: Coproduct optimizer decision evaluator. v. 46, n. 4, p. 29, 2008.
- BUOSI, J. P. F. **Composição bromatológica e digestibilidade in vitro de grãos secos de destilaria com solúveis**. Dissertação (Mestrado em Produção Animal)—Descalvado, SP: Universidade Brasil, 2017.
- CASTRO-PÉREZ, B. I. *et al.* Effects of replacing partially dry-rolled corn and soybean meal with different levels of dried distillers grains with solubles on growth performance, dietary energetics, and carcass characteristics in hairy lambs fed a finishing diet. **Small Ruminant Research**, v. 119, n. 1–3, p. 8–15, jun. 2014.
- DEPENBUSCH, B. E. *et al.* Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 8, p. 2653–2663, 2009.
- ERICKSON, G. E. *et al.* **Corn Processing Co-Products Manual: A Review of Current Research on Distillers Grains and Corn Gluten**. [s.l.] Faculty Papers and Publications in Animal Science, 2005.
- ERICKSON, G. E. *et al.* Storage of Wet Corn Co-Products. 2009.
- ESTRADA-ANGULO, A. Effect of dried distillers grains substituting for corn-soybean meal on growth and feed intake of Pelibuey sheep. v. 90, n. 1, p. 573, 2007.
- FELIX, T. L. *et al.* Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs1. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 4, p. 1356–1363, 1 abr. 2012.

GARCIA LONDOÑO, V. A. *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons in milk powders marketed in Argentina and Brazil. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 30, n. 9, p. 1573–1580, set. 2013.

HELD, J. **Feeding Soy Hulls and Dried Distillers Grain with Solubles to Sheep**. [s.l.] South Dakota State University, 2006.

HODGES, K. M. *et al.* Replacing cottonseed meal and sorghum grain with corn dried distillers' grains with solubles in lamb feedlot diets: carcass, trained sensory panel, and volatile aroma compounds traits. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 6, p. skaa182, 1 jun. 2020.

KHATIBI, P. *et al.* Survey of Mycotoxins in Corn Distillers' Dried Grains with Solubles from Seventy-Eight Ethanol Plants in Twelve States in the U.S. in 2011. **Toxins**, v. 6, n. 4, p. 1155–1168, 26 mar. 2014.

KLOPFENSTEIN, T. J.; ERICKSON, G. E.; BREMER, V. R. BOARD-INVITED REVIEW: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 5, p. 1223–1231, 1 maio 2008.

LARDY, G. P. **Feeding coproducts of the ethanol industry to beef cattle**. Fargo, ND: North Dakota State University, 2007.

LORINI, I. Descrição, biologia e danos das principais pragas de grãos armazenados. Em: **Armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Bio Geneziz: [s.n.]. p. 381–397.

MACAYA-QUIRÓS, S.; ROJAS-BOURRILLÓN, A. Uso de granos secos con solubles (DDGS) provenientes de la destilería del maíz en suplementos para vacas lactantes en pastoreo de Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*). **Agronomía Costarricense**, 23 jun. 2009.

MANOCHIO, C. *et al.* Ethanol from biomass: A comparative overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, p. 743–755, dez. 2017.

MELLO, A. S. *et al.* Beef quality of calf-fed steers finished on varying levels of corn-based wet distillers grains plus solubles<sup>1,2</sup>. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 12, p. 4625–4633, 1 dez. 2012.

MUMM, R. H. *et al.* Land usage attributed to corn ethanol production in the United States: sensitivity to technological advances in corn grain yield, ethanol conversion, and co-product utilization. **Biotechnology for Biofuels**, v. 7, n. 1, p. 61, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007.

O'HARA, A. S. *et al.* Effect of low and high oil corn distillers' grain on rumen fermentation, growth performance and carcass characteristics of lambs. **Animal Production Science**, v. 51, n. 8, p. 708, 2011.

OLIVEIRA, A. S. D. **Co-produtos Agroindustriais na Alimentação de Bovinos**. Anais do XI Congresso sobre Manejo e Nutrição de Bovinos CBNA. **Anais...** Em: XI CONGRESSO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS CBNA. Campinas/SP: 2012. Disponível em: <<http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.4342.0329>>. Acesso em: 7 maio. 2025

PANNELL, D. *et al.* Adding dried distillers grains with solubles influences the rumen microbiome of meat goats fed lespedeza or alfalfa-based diets. **Small Ruminant Research**, v. 214, p. 106747, set. 2022.

RADEV, V. Effect of dietary supplementation of dried distillers grains with solubles (Zarnela) on some rumen fermentation parameters in yearling sheep. v. 4, n. 3, p. 241–245, 2012.

RIBEIRO, A. M. L.; HENN, J. D.; SILVA, G. L. Alimentos alternativos para suínos em crescimento e terminação. 1. v. 38, p. 61–67, 2010.

ROSENTRATER, K. A. SOME PHYSICAL PROPERTIES OF DISTILLERS DRIED GRAINS WITH SOLUBLES (DDGS). v. 22, n. 4, p. 589–595, 2006.

ŞAHİN, T. *et al.* Effects of dietary supplementation with distiller dried grain with solubles in growing lambs on growth, nutrient digestibility and rumen parameters. v. 164, n. 4, p. 173–178, 2013.

SANTOS, I. J. DOS. **A utilização do DDG – dried distillers grains na alimentação de cordeiros em confinamento.** Tese (Doutorado em Zootecnia)—Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, 2023.

SAVI, G. D. *et al.* Ozone treatment efficiency on *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol degradation and its effects on whole wheat grains (*Triticum aestivum* L.) quality and germination. **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 245–253, out. 2014.

SCHAUER, C. S. Influence of dried distillers grains on feedlot performance and carcass characteristics of finishing lambs. v. 47, p. 34–37, 2006.

SCHINGOETHE, D. J. *et al.* Invited review: The use of distillers products in dairy cattle diets. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 12, p. 5802–5813, dez. 2009.

SCHROEDER, J. W. **Distillers grains as a protein and energy supplement for dairy cattle.** [s.l.] North Dakota State University, 2012.

SILVA, J. R. D.; PERES NETTO, D.; SCUSSEL, V. M. Grãos secos de destilaria com solúveis, aplicação em alimentos e segurança – uma revisão. **Pubvet**, v. 10, n. 03, 14 fev. 2016.

SORENSEN, R. J. *et al.* Efficacy of corn dried distillers grains with solubles as a replacement for soybean meal in Boer-cross goat finishing diets. **Small Ruminant Research**, v. 201, p. 106411, ago. 2021.

TEIXEIRA, U. H. G. T. **GRÃOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS (DDGS) NA PRODUÇÃO DE CARNE DE CABRITOS.** Tese (Doutorado em Zootecnia)—Maringá, PR: Universidade Estadual de Maringá, 2019.

TJARDES, K.; WRIGHT. **Feeding Corn Distiller's Co-Products to Beef Cattle.** [s.l.] South Dakota State University, 2002.

TORRES, R. N. S. *et al.* Uso de grãos de destilaria na dieta de pequenos ruminantes. Em: **MANEJO, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO ANIMAL: TÓPICOS ATUAIS EM PESQUISA.** [s.l.] Galati, Rosemary Laís, 2023.

USGC, U. G. C. **A guide to distiller's dried grains with solubles (DDGS).** **US GRAINS COUNCIL**, 2012. Disponível em: <<http://www.grains.org/buyingselling/ddgs/ddgs-userhandbook>>

VAN EMON, M. L. *et al.* Influence of level of dried distillers grains with solubles on feedlot performance, carcass characteristics, serum testosterone concentrations, and spermatozoa motility and concentration of growing rams<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 12, p. 5821–5828, 1 dez. 2013.

WALTER, L. J. *et al.* Comparison of wheat or corn dried distillers grains with solubles on rumen fermentation and nutrient digestibility by feedlot heifers<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 4, p. 1291–1300, 1 abr. 2012.

WERLE, C. H. *et al.* GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS DE MILHO: UMA ALTERNATIVA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES – REVISÃO DE LITERATURA. v. 21, n. 3, p. 107–113, 2018.

WERTZ-LUTZ, A.; ZELINSKY, R.; HELD, J. **Effects of Increasing the Dietary Energy Density by Replacing Grass Hay with Soybean Hulls and Dried Distillers Grains with Solubles on Nutrient Digestibility and Rumen Fermentation.** [s.l.] South Dakota State University, 2006.

## **SILAGEM: TECNOLOGIAS E FUNDAMENTOS PARA A EFICIÊNCIA NA CONSERVAÇÃO DE VOLUMOSOS**

**Ana Carolina Fluck**

Pesquisadora Independente

**Leonardo Piffer de Borba**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Kauani Aparecida Gepfrie**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Larissa Alcebíades Lopes de Araújo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Andressa Radtke Baungratz**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Tiago Venturini**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**Leandro de Conto**

Universidade Federal de Pelotas (UFPeI)

**Patrícia Pinto da Rosa**

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR/RS)

# RESUMO

A produção de silagem é uma estratégia fundamental para suprir a demanda alimentar de ruminantes em períodos de escassez forrageira, além de ser uma ferramenta para intensificação dos sistemas produtivos. Este capítulo aborda de forma narrativa e detalhada os principais conceitos e práticas relacionadas à produção de silagem, desde a escolha da forrageira, aspectos químicos, microbiológicos e fermentativos do processo de ensilagem, até o armazenamento e conservação do material. São discutidos os tipos de silos, fatores que influenciam a qualidade da silagem e técnicas para reduzir perdas durante o processo. A silagem é apresentada como uma solução estratégica para propriedades de diferentes perfis produtivos, proporcionando estabilidade alimentar, incremento de produtividade e possibilidades de diversificação de renda.

**Palavras-chave:** conservação de forragens; estacionalidade forrageira; fermentação láctica; nutrição de ruminantes.

## INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe de uma vasta área de pastagens, que corresponde a 17,6% do território nacional, concentrada principalmente nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Um levantamento conduzido pela Embrapa (2022-2023) aponta que 18% dessas pastagens encontram-se degradadas, limitando a produção de ruminantes e representando uma perda potencial de mais de 62 mil Unidades Animais (UA) na pecuária de corte, considerando a taxa média de ocupação. Essa degradação é intensificada pelo manejo inadequado (falta de preparo do solo, uso de forrageiras exigentes sem preparo, superlotação) e por eventos climáticos adversos recentes, como a seca causada pela La Niña e as fortes chuvas no Rio Grande do Sul. Embora existam técnicas de recuperação, como a descompactação do solo, o plantio direto, o controle de população de plantas e o ajuste da taxa de lotação animal, muitos produtores ainda não as adotam.

No contexto mundial e brasileiro, as maiores áreas de produção de ruminantes em sistemas pastoris se localizam em regiões de clima tropical ou subtropical, caracterizada por acentuada estacionalidade na produção de forrageiras. Em regiões de clima temperado, por vezes severo, como as áreas continentais ao norte, adota-se, predominantemente, a criação em sistemas de confinamento. Para ambas as realidades, a produtividade forrageira é essencial para manter a alimentação basal, principalmente o fornecimento de fibra. Para evitar que essa estacionalidade produtiva afete o sistema de criação, os produtores optam por estratégias para suprir esse déficit.

O fornecimento de forragem conservada é o principal método a ser utilizado, abrangendo não apenas grandes produtores, mas também àqueles que compõem o grupo de produtores familiares ou de subsistência. Essa é uma prática adotada mundialmente, essencial para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal. As principais técnicas utilizadas para a conservação da biomassa de forragem são a ensilagem e a fenação. Ambas permitem a produção de alimento para períodos prolongados de escassez, condições climáticas adversas, ou até servem como base ou complemento da dieta em sistemas de confinamento ou semi-confinamento.

Na ensilagem, a forrageira verde é preservada em silos por meio de um processo fermentativo realizado por microrganismos, dependente da ausência de oxigênio (anaerobiose) e da redução do pH. Já a fenação baseia-se na interrupção do metabolismo vegetal, promovida pelo corte e desidratação da planta até atingir teores médios de 85% de matéria seca (MS) e posterior enfardamento do material.

Todos os sistemas de criação de ruminantes, e também de equinos, fornecem aos animais algum tipo de forragem conservada. Esses sistemas desempenham um papel fundamental na alimentação e na segurança alimentar global. Os produtos pecuários (carne, leite e ovos) contribuem com 15% e 31% do fornecimento global de calorias e proteínas per capita, respectivamente, com variações regionais significativas. Além disso, mais de 844 milhões de pessoas em todo o mundo recebem alguma renda da agricultura, sendo que o setor pecuário contribui com cerca de 40% do valor agregado agrícola (FAOSTAT, 2024). Diante desse contexto, essa explanação tem por objetivo explorar os aspectos relevantes na ensilagem e fenação, destacando os impactos produtivos que essas estratégias proporcionam aos sistemas produtivos na criação de animais de produção.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Por que conservar forragem?**

A estacionalidade forrageira é um fenômeno que ocorre quando as condições climáticas alteram a produção de forragem, causando uma variação acentuada no ganho médio diário e atrasos na idade de abate. Esse fenômeno está associado à redução da produtividade das pastagens em períodos de menor disponibilidade de luz solar ou de temperaturas mais baixas. No Brasil, essa sazonalidade, pode ser observada em todas as regiões, com intensidades variadas, influenciada por fatores edafoclimáticos, que afetam tanto o desenvolvimento das culturas quanto a definição dos sistemas de produção.

A maior parte da variação estacional na produção de forragem é devida ao padrão climático sazonal. Os efeitos da sazonalidade sobre o crescimento das pastagens podem ser razoavelmente previstos por meio das variações das temperaturas médias e da umidade do solo, representando um entrave ao

aumento da taxa de lotação animal em pastagens ao longo do ano. O diferimento do uso de pastagem é uma das técnicas disponíveis para mitigar esses efeitos e melhorar a eficiência do uso da forragem.

Essa sazonalidade é um ponto-chave no planejamento de propriedades que se dedicam à atividade pecuária. A silagem é a principal forma de forragem conservada a ser utilizadas em épocas de escassez e pode substituir o pasto durante a época de seca, com um valor nutritivo semelhante ao material de origem, desde que o processo de ensilagem seja bem conduzido. Nos meses de janeiro a março, se intensifica a produção de silagem, aproveitando-se o plantio de forrageiras específicas para esse fim, como o milho. Já o feno também é confeccionado geralmente nessa época com pastagens que já não serão mais utilizadas pelos animais, além do clima ser mais propício para a desidratação do material.

Neres *et al.* (2021) citam que nas últimas décadas, houve um aumento na suplementação de volumoso nos rebanhos, o que se deve à grande conscientização dos produtores quanto as perdas que ocorrem no período de entressafra e à adoção de sistemas de produção mais intensivos, onde as pastagens, isoladamente, não garante o desempenho desejado. Assim, a utilização de forragem conservada não aparece só como uma alternativa a estacionalidade de forragem, mas como uma ferramenta eficaz no ajuste da taxa de lotação em sistemas produtivos de ruminantes, sobretudo bovinos, que demandam grandes volumes de alimento. A intensificação de sistemas levou à incorporação do planejamento da produção de forragem conservada e a implantação de estruturas para armazenamento de silagem e feno nas propriedades.

Além de sistemas de produção, no Brasil, a criação de cavalos de elite também impulsionou a produção de feno, uma vez que o sistema de criação em baias exige suplementação com volumoso; além disso, a silagem não é o volumoso recomendado para essa espécie animal. A silagem pode ser utilizada na alimentação de equinos, mas não deve ser o único alimento, devido ao seu baixo teor de proteína e minerais e à alta quantidade de amido em relação a outras forragens. A silagem de milho é rica em amido e fibras de difícil digestão para os equinos, o que pode causar laminites devido ao excesso de amido e cólicas devido à difícil digestibilidade das fibras. A silagem de sorgo, por outro lado, tem um perfil nutricional rico, com maior teor de proteína e energia metabólica

em comparação com outras forragens, o que é benéfico para os cavalos em crescimento e desenvolvimento, bem como para aqueles que realizam atividades físicas intensas.

Outro motivo do porquê conservar forragem é diversificação de renda da propriedade. A comercialização de silagem pode ser uma estratégia interessante para empresas especializadas em armazenamento de grãos, fornecedores de insumos para o processo de silagem e distribuidores de insumos que oferecem produtos que facilitem a vida dos produtores de grãos e de gado. O preço da silagem pode variar de acordo com a qualidade do alimento (proporção de grão, concentração de fibra, etc.) e a forma de comercialização. Por exemplo, agora no inverno no RS, após as condições climáticas extremas, o preço médio da silagem de milho a granel está custando em torno R\$540,00 por tonelada, com custos de produção médios de R\$200,00/tonelada, dependendo da produtividade da forrageira, representando uma margem de lucro perto de 60%. A comercialização de silagem pode ser feita de várias formas, como a venda de excedente de silagem em regiões favoráveis à produção de milho para silagem, a comercialização de silagem pré-secada em fardos e a comercialização de silagem a granel.

## **Princípios básicos da ensilagem**

- **Aspectos químicos**
  - **Teor de carboidratos do material**

Os carboidratos vegetais, fundamentais no processo de ensilagem, dividem-se em estruturais (celulose, hemicelulose, pectinas e lignina, representados por FDN e FDA) e não estruturais (açúcares simples como glicose e frutose, sacarose, frutanas e pequenas quantidades de polissacarídeos). Os carboidratos não estruturais, solúveis em água, constituem a principal fonte de energia prontamente disponível para as bactérias ácido-láticas (BAL) durante a fermentação. Já os carboidratos estruturais e o amido requerem hidrólise prévia para serem utilizados. O teor de carboidratos solúveis varia de acordo com a espécie vegetal, o clima e o estágio de maturidade da planta, sendo geralmente mais baixo em gramíneas tropicais. Durante o processo de ensilagem, esses carboidratos sofrem alterações significativas, representando o componente nutricional com maior variação devido ao consumo microbiano.

- **Teor proteico**

Na planta, a maior parte do nitrogênio encontra-se na forma proteica, entretanto, na silagem predomina o nitrogênio não proteico (NNP), como amônia e aminoácidos, resultante da proteólise promovida por enzimas vegetais (proteases) liberadas com a ruptura celular. Essa degradação é menos intensa sob condições de baixo pH, elevada matéria seca (MS) e baixas temperaturas, sendo geralmente mais acentuada em leguminosas. O teor proteico da forragem varia com o estágio de crescimento e com a adubação nitrogenada, sendo tipicamente mais baixo em gramíneas tropicais. Apesar de essenciais para a nutrição animal, proteínas e aminoácidos podem dificultar a queda do pH durante a fermentação, devido ao seu efeito tamponante.

- **Poder tampão**

O “poder tampão”, ou capacidade tamponante, indica a intensidade com que a forragem resiste à mudança de pH durante a ensilagem, sendo definido como a quantidade necessária de miliequivalentes (mEq) de uma base para elevar o pH de 4 para 6 em 1 kg de forragem. Comumente, a estimativa do poder tampão é estimada de forma errada, sendo estimado a silagem após a abertura do silo, porém, essa estimativa deve ser feita na planta antes do processo de ensilagem. Quanto maior o poder tampão maior será a quantidade de ácido necessária para reduzir o pH da silagem, mais longo será o processo fermentativo, maior o consumo de carboidratos solúveis e maiores serão as perdas. Os principais responsáveis pelo poder tampão das forragens são ânions (sais de ácidos orgânicos, fosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), sendo que as proteínas respondem por 10 a 20% do poder tamponante total. Plantas como o milho têm a capacidade tamponante menor, o que facilita o processo fermentativo e a queda de pH. Já a ensilagem de gramíneas tem por característica uma maior capacidade tamponante, o que também impacta diretamente no pH que pode ser estimado em torno de 5,0 enquanto no milho chegamos a médias de 4,0 ou inferiores.

Em um estudo desenvolvido por Playne e McDonald (1966) demonstraram que o azevém apresenta, em média, uma capacidade tamponante 83% mais elevada que o milho, com valores de 366 mEq/kg contra 200 mEq/kg,

respectivamente. As leguminosas, por sua vez, revelam um poder de tamponamento cerca de três vezes superior ao das gramíneas, atingindo uma média de aproximadamente 600 mEq/kg. Essa acentuada resistência à acidificação nas leguminosas está ligada à maior concentração de proteínas, aminoácidos e, especialmente, fosfato. Para mitigar esse efeito tamponante elevado, além da aplicação de inoculantes microbianos, a inclusão de certos farelos na dieta pode ser uma estratégia eficaz, fornecendo um aporte maior de substratos fermentáveis para as bactérias ácido-láticas, o que, conseqüentemente, estimula a produção de ácido e auxilia na redução do pH da silagem. Exemplos desses farelos incluem os de soja, milho e canola, dependendo da disponibilidade na propriedade.

- **pH**

A avaliação do pH é um passo crucial na análise da silagem após a abertura, fornecendo pistas sobre a qualidade e o sucesso da fermentação, em conjunto com outros indicadores. Um pH baixo é fundamental para a estabilidade e qualidade do material ensilado, pois inibe o desenvolvimento de microrganismos prejudiciais como clostrídios, enterobactérias e *Listeria*. O pH ótimo da silagem flutua conforme o tipo de forragem e seu teor de matéria seca; materiais com menor poder tampão, como algumas gramíneas, tendem a apresentar faixas de pH mais elevadas. Para uma conservação eficaz, é imprescindível que o pH decaia rapidamente a níveis que impeçam a fermentação butírica, responsável pelo odor repulsivo característico (SILVA *et al.*, 2011). Essa rápida acidificação contribui para a estabilidade da silagem até o momento do uso, uma vez que a maioria dos microrganismos indesejáveis é sensível a valores de pH inferiores a 4,0, favorecendo a predominância de bactérias ácido-láticas homofermentativas, que desempenham um papel positivo na fermentação.

Quanto aos valores de pH existe um mito que as silagens bem preservadas devem apresentar um pH na faixa de 3,7 a 4,2, enquanto as de baixa qualidade se situam entre 5,0 a 7,0. No geral, quando silagens apresentam um teor de MS mais elevado, em torno de 35-40%, como no caso de algumas gramíneas pré-secadas, mesmo com médias de pH de 5,5, o processo fermentativo pode ter sido eficaz. Na tabela 1 podem ser observados alguns valores de pH e MS de diferentes biomassas ensiladas.

**Tabela 1.** Tempo de fermentação, teor de matéria seca (MS) e pH da silagem de diferentes forrageiras.

| Forrageira | Tempo de fermentação (dias) | MS (%) | pH   |
|------------|-----------------------------|--------|------|
| Milho      | 34                          | 22,8   | 3,75 |
| Sorgo      | 34                          | 38,8   | 5,18 |
| Milheto    | 34                          | 47,6   | 4,8  |
| Azevém     | 120                         | 25,3   | 4,2  |
| Azevém     | 120                         | 32,2   | 4,33 |
| Azevém     | 120                         | 48,5   | 3,7  |

**Fonte:** Brandão et al., (2022); Fluck et al., (2018).

- **Atividade enzimática**

Durante a ensilagem, a ação enzimática se manifesta com a liberação de proteases vegetais após a ruptura das células, promovendo a quebra das proteínas originais. Contudo, essa atividade pode ser atenuada por um ambiente de baixo pH, alta concentração de matéria seca e temperaturas reduzidas (MCDONALD; HENDERSEN; HERON, 1991). Processos como a respiração celular e a proteólise exercem um papel significativo nessas transformações bioquímicas. Após o corte da planta, as vias de biossíntese são restringidas, e a energia resultante da oxidação da glicose é primariamente dissipada como calor. A respiração vegetal persiste enquanto as condições dentro do silo permitirem, ou seja, enquanto o pH se mantiver elevado e houver disponibilidade de oxigênio e substratos (SILVA, 2021).

## **Fases**

As fases envolvidas no processo de ensilagem englobam não somente a metodologia empregada, mas os processos metabólicos envolvidos dentro do silo para a correta fermentação do material. Dentro disso, primeiro, precisamos entender quais são os microrganismos envolvidos nesse processo.

- **Microbiologia**

A composição da comunidade microbiana presente em plantas forrageiras recém-colhidas se distingue daquela observada durante a fermentação e no produto final da silagem. As plantas, naturalmente, abrigam em sua superfície microrganismos epifíticos, incluindo bactérias produtoras de ácido láctico. A concentração dessas populações microbianas varia entre diferentes tipos de forragem e são elas que iniciam o processo fermentativo, desencadeando a redução do pH.

No decorrer da fermentação da biomassa ensilada, a atividade microbiana pode ser categorizada entre microrganismos desejáveis – aqueles que promovem uma fermentação adequada e a consequente queda do pH, representados principalmente pelas bactérias ácido-láticas – e microrganismos indesejáveis. Entre estes últimos, destacam-se as bactérias do gênero *Clostridium*, como a *Clostridium butyricum*, principal responsável pela produção de ácido butírico, que confere um odor desagradável à silagem. Adicionalmente, as enterobactérias, embora presentes em baixa quantidade na microflora de plantas forrageiras, exibem uma população superior à das bactérias lácticas inicialmente, e seu número aumenta significativamente nos primeiros dias após a ensilagem.

A microbiota original das plantas forrageiras é considerada autóctone, caracterizada por uma relativa estabilidade dos gêneros presentes, incluindo microrganismos homofermentativos (que utilizam a glicose para produzir principalmente ácido láctico) e heterofermentativos (que fermentam a glicose gerando outros compostos além do ácido láctico, como o etanol). No entanto, todo o processo que antecede e envolve a ensilagem do material acarreta uma modificação dessa população. Frequentemente, microrganismos como os clostrídios são introduzidos no processo fermentativo em alguma etapa da ensilagem, seja durante o transporte, através do contato com o solo ou mesmo pelo manuseio. O principal desafio para uma fermentação bem-sucedida não reside apenas no tipo de ácido orgânico produzido, mas também na sua concentração final.

O ácido orgânico que de maneira mais eficaz promove a redução do pH aos níveis ideais para a conservação é o ácido láctico, produzido por bactérias lácticas como as homofermentativas *Lactobacillus lactis* e *Lactobacillus plantarum*,

consideradas as populações microbianas desejáveis predominantes. A presença de bactérias ácido lácticas heterofermentativas e enterobactérias resulta na produção de ácido acético, o qual impacta negativamente a velocidade e a extensão da queda do pH. Além disso, esses microrganismos afetam o teor de matéria seca e consomem mais energia do material ensilado para a síntese de seus metabólitos.

Ademais das bactérias, a silagem pode apresentar fungos filamentosos, como *Penicillium roqueforti* e *Aspergillus fumigatus*, especialmente quando o ambiente anaeróbico não é estabelecido de forma eficiente, uma vez que esses microrganismos são dependentes de oxigênio. Os fungos filamentosos atuam na degradação de açúcares solúveis e também fermentam a celulose, comprometendo o valor nutricional do material ensilado. Outro problema associado à presença de fungos é a produção de micotoxinas, como a *Listeria monocytogenes*, que representa um risco tanto para os animais quanto para os seres humanos, podendo causar abortos, abscessos e lesões. Outros fungos, como as leveduras, também podem prejudicar o processo fermentativo, pois, além de degradarem a matéria seca, competem por substrato com as bactérias eficientes na redução do pH, processo este que não é realizado pelas leveduras. As leveduras são capazes de se desenvolver em uma ampla faixa de pH (3,5-6,5), ao contrário de outros microrganismos com uma tolerância menor. A principal levedura relatada em silagens é a *Geotrichum candidum*, responsável pela deterioração do material ensilado e pela produção de um odor de putrefação.

- **Fase aeróbia (fechamento)**

Na fase inicial da ensilagem, que abrange a colheita, picagem, transporte e compactação da forragem para expulsar o oxigênio, a ruptura celular libera enzimas vegetais que iniciam a quebra de proteínas e carboidratos. Esse substrato liberado favorece o crescimento de diversos microrganismos (fungos, leveduras, bactérias aeróbias e facultativas) presentes na planta. A respiração das células vegetais e desses microrganismos consome açúcares e aminoácidos, gerando calor, CO<sub>2</sub> e água, o que pode causar perdas de matéria seca e reações de Maillard, diminuindo a disponibilidade de nutrientes (GRASSI *et al.*, 2016).

- **Fase anaeróbia (fermentação ativa)**

A duração da fase inicial da ensilagem, marcada pela respiração vegetal que consome o oxigênio residual e cria anaerobiose, varia conforme a planta e as condições do processo. A quebra celular libera conteúdo, gerando perdas de efluentes. Inicialmente, há competição microbiana (enterobactérias, clostrídios, leveduras, bactérias lácticas), mas com a queda do pH abaixo de 4,5, as bactérias lácticas se tornam predominantes, estabilizando a silagem (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

- **Fermentação estável**

Ocorre diminuição da fermentação de forma que as bactérias ácido lácticas dominam a massa ensilada devido à produção de Ácidos Graxos Voláteis (AGV's) em sua maioria AL, ocorre a conservação do material ensilado, o pH permanece em torno de 4,0 ocorrendo declínios da população de bactérias ácido lácticas devido a acidez promovida pelo ácido láctico, permanecendo em equilíbrio por tempo indeterminado (GONÇALVES, 2011).

- **Aeróbia de exposição (abertura do silo)**

Durante essa fase o material após fermentado é exposto ao ambiente aeróbio, a concentração de ácido láctico e açúcares solúveis residuais podem ser utilizados para o desenvolvimento de microrganismos aeróbios deterioradores do alimento como fungos filamentosos e leveduras, esse excesso de açúcares pode provocar baixa estabilidade aeróbia das silagens (WOOLFORD, 1990). Estes microrganismos começam a multiplicar-se na presença de O<sub>2</sub> promovendo aquecimento e liberação de H<sub>2</sub>O da massa ensilada e contribui para alterações químicas principais da silagem, indicada por uma redução de ácido láctico, elevação do pH e um decréscimo substancial no valor nutricional, podendo ainda produzirem compostos tóxicos para a saúde animal (VISSERS *et al.*, 2007).

## **Tipos de silos**

- **Silos horizontais**

- *Silo superfície*: comum em pequenas propriedades leiteiras com baixa tecnologia, requer atenção à proporção largura-altura de 3:1 para facilitar

a cobertura com lonas, evitando emendas. Seu consumo de lona por tonelada é maior devido à menor densidade da silagem e maior área de cobertura.

O dimensionamento considera o volume diário de consumo (VDS) e a densidade da silagem ( $550\text{-}650\text{ kg/m}^3$ ), estabelecendo uma fatia mínima de retirada diária de 20 cm da superfície frontal para reduzir perdas, conforme a fórmula:

$$\text{VDS} / 600 \approx \text{SF} \times 0,20 \text{ m.}$$

Estima-se que  $1\text{ m}^3$  armazena cerca de 400 kg de silagem. O fundo do silo deve ter leve inclinação para o escoamento de efluentes, e valetas ao redor são necessárias para proteger a silagem da água da chuva.

- *Silo Trincheira*: Popular por facilitar compactação (acima de  $650\text{ kg/m}^3$ ), vedação e ser econômico, o silo trincheira oferece construção simples, permite uso de máquinas na abertura e compactação, e facilita carga/descarga. Desvantagens incluem grande superfície exposta, compactação mais trabalhosa, necessidade de cerca e cobertura com terra. Recomenda-se uma fatia de corte de ao menos 30 cm/dia ou  $250\text{ kg/m}^2$ . O dimensionamento da área da face considera o gasto diário dividido pela fatia de corte; a altura é a área da face dividida pela largura. O comprimento varia conforme a quantidade de silagem (densidade de  $650\text{ kg/m}^3$ ), topografia e condições do terreno. Para boa compactação, o peso das máquinas deve ser 40% da quantidade de material picado por hora.
- *Silo Bolsa (Bag)*: Exigindo uma embutidora, este silo demanda maior investimento inicial. O tamanho da embutidora e da bolsa deve ser escolhido com base na demanda diária de silagem, mantendo uma fatia de corte de 30 cm/dia (planta inteira) ou 15 cm/dia (grão úmido) para evitar aquecimento e perdas. A densidade varia de  $500\text{-}600\text{ kg/m}^3$  (planta inteira) a  $1000\text{-}1200\text{ kg/m}^3$  (grãos úmidos). Silos bolsa oferecem alta qualidade higiênica e de fermentação, protegendo a silagem do contato com o solo e diminuindo a contaminação. A proteção da lona dispensa preocupações com chuva durante a ensilagem. Na retirada, cuidado para não misturar plástico à dieta.

- **Silos verticais (encostas)**

Os silos verticais, também conhecidos como silos aéreos, são utilizados para armazenar silagem. São ideais para áreas com espaço horizontal limitado, pois a sua construção elevada permite uma armazenagem eficiente. No entanto, os silos cilíndricos verticais, do tipo cisterna ou aéreo, são menos utilizados porque são mais difícil manejo. Raramente são utilizados para armazenar silagem, principalmente pela dificuldade em compactação do material.

- **Silagem “ensacada”**

Existem vários motivos para o produtor optar por não produzir diretamente o alimento, como falta de área para implantação da cultura a ser ensilada, o alto custos do aluguel de maquinários, falta de mão-de-obra, silagem sendo usada como suplementação em poucas quantidades ou apenas para uma categoria do plantel. Assim, o comércio de silagem é uma realidade, hoje temos profissionais e empresas especializadas na confecção de silagem, principalmente de milho, pré-secado e alfafa, para ser comercializada. Outra vantagem da silagem ensacada é que as perdas são baixas quando a compactação e o vedamento bem-feitos, enquanto em outros silos consideramos perdas de 20% em média durante todo o processo, além do fato que em silos tipo superfície ou trincheira, a abertura diária e periódica do silo começa a causar deterioração do material. A sustentabilidade também pode ser atribuída a esse método uma vez que são poucas ou inexistentes as perdas por efluentes e contaminação do solo.

O silo-fardo revestido por filme plástico (popularmente chamado de ‘bola’) foi a primeira tecnologia que permitiu o comércio de silagem. As bolas apresentam peso que varia de 200 a 600 kg, podendo então ser transportáveis. As culturas associadas a este tipo de silagem são a alfafa, o azevém e a aveia e são estocadas na forma de pré-secado. Além do silo-fardo revestido, ainda há a silagens em sacos de 30 ou 50 kg que podem passar pelo processador de fermentação em outros silos como o trincheira e o bag e após a fermentação ser colocada hermeticamente nesses sacos ou a biomassa ser ensilada diretamente.

O grande problema nessa produção é que muitos produtores optam por produzir silagem a mais para realizar essa venda com sacos não apropriados para a prática, como a utilização de sacos de lixo. Os sacos utilizados devem ser

próprios para silagem, de 200 micras e material de polipropileno, selados com lacres de nylon. A cor pode ser preta ou sacos brancos próprios para ensilagem, ambos protegendo o material de luminosidade.

### **Produção de forragens para ensilagem**

- **Escolha da forrageira: características das principais forrageiras utilizadas**
  - **Milho**

No cenário brasileiro da produção de silagem, o milho se destaca como a forrageira primordial. Sua relevância reside no elevado valor nutritivo, expressivo rendimento de massa verde, economia operacional no cultivo e excelente perfil fermentativo. A adaptabilidade do milho a variadas condições climáticas e tipos de solo amplia sua aplicabilidade em diversas regiões agrícolas do país. Adicionalmente, a proporção vantajosa de espiga em relação ao restante da planta o eleva à categoria de forragem de escolha para ensilagem.

O ponto ótimo para o corte, visando a máxima qualidade nutricional, situa-se entre 30 e 35% de matéria seca, correspondendo, de forma prática, ao estágio de 50% da linha do leite no grão. Nessa janela ideal, é possível colher aproximadamente 95% dos grãos e a totalidade da parte vegetativa. A maturação do grão de milho progride da periferia para o centro, e para fins de ensilagem, pode ser classificado em diferentes estágios:

- *Grão leitoso*: Caracterizado por alto teor de umidade na espiga e na planta, este estágio antecede significativamente o ponto ideal de colheita para silagem, acarretando perdas substanciais em qualidade e quantidade, uma vez que a planta ainda possui potencial para acumular matéria seca.
- *Grão pamonha*: Marcado pelo início da desidratação do grão, recomenda-se aguardar um pouco mais para otimizar a qualidade da silagem.
- *Grão farináceo*: Definido por mais da metade do grão apresentando consistência dura (50% da linha do leite), este estágio sinaliza o momento ideal para o início da colheita.

- *Grão duro*: Caracterizado pela completa dureza do grão, este estágio ultrapassa o ponto ideal de colheita. A planta excessivamente seca dificulta a compactação da silagem picada e a expulsão do ar do silo.

O período ideal para o corte coincide com o estágio farináceo do grão, momento em que a planta de milho acumula matéria seca de qualidade nutricional superior. A observação da linha do leite nos grãos da porção central da espiga oferece um indicativo preciso do ponto de ensilagem. A pressão exercida sobre esses grãos também auxilia na avaliação do grau de maturação. Em lavouras extensas, onde a colheita demanda tempo, recomenda-se iniciá-la ligeiramente antes do ponto farináceo, garantindo a conclusão antes que os grãos atinjam a dureza excessiva. Para uma estimativa precisa do ponto de colheita em toda a lavoura, é crucial coletar espigas em diversos pontos, considerando as variações de umidade, qualidade do solo e insolação, fatores que influenciam o ritmo de maturação e a qualidade das espigas.

Ademais, a silagem de milho apresenta variações em sua forma de produção:

- *Silagem de planta inteira*: Modalidade mais comum, utilizando a planta integral com um resíduo médio de 20 cm.
- *Silagem da parte superior*: Envolve o corte da planta da espiga para cima.
- *Silagem de grão úmido*: Consiste na conservação dos grãos de milho, triturados ou inteiros, com umidade entre 35 e 45%, através da fermentação e consequente redução do pH.

## • **Sorgo**

O sorgo é uma das gramíneas mais utilizadas para silagem no Brasil, devido ao seu potencial de produção de biomassa, facilidade de cultivo e conservação, bom valor nutritivo, fonte de fibra digestível e amido, e excelente consumo animal (VENTURINI, 2019). Apresenta alta capacidade de rebrota e apresenta um processo fermentativo satisfatório, não precisando utilizar inoculantes ou aditivos.

Para ensilagem do sorgo, deve ser considerado o mesmo teor de MS do milho, entre 30-35%, esse deve ser estimado antes da colheita em várias

amostras colhidas na lavoura. As panículas (cachos) devem ser colhidas em vários pontos da lavoura, porque existem diferenças na umidade, na qualidade da terra e na quantidade de sol recebida pela planta (NEUMANN *et al.*, 2002). Assim, dentro de uma mesma lavoura, as plantas de sorgo podem apresentar variações no seu amadurecimento e na qualidade dos cachos. Essa estimativa pode também ser feita de forma manual, compactando com os dedos os grãos mais externos da panícula, verificando se ainda têm muita umidade. O ponto de ensilagem do sorgo é quando os grãos mais externos cedem à pressão dos dedos sem umedecê-los.

- **Cana-de-açúcar**

A silagem de cana-de-açúcar é uma opção importante para a alimentação de bovinos, principalmente em regiões onde a cana é amplamente cultivada e durante períodos críticos de escassez de forragem. A cana-de-açúcar é uma cultura bastante disponível em várias regiões do Brasil, especialmente em áreas tropicais, tem alta produtividade por hectare, o que garante uma boa quantidade de silagem.

O grande problema da silagem de cana-de-açúcar está na fermentação alcoólica, se não for bem manejada, a silagem de cana pode sofrer fermentação alcoólica, reduzindo seu valor nutritivo. A fermentação alcoólica na silagem de cana-de-açúcar é um processo biológico que ocorre quando leveduras transformam o açúcar da cana em etanol. Este processo pode causar perdas de até 30% da matéria seca da silagem e reduzir o seu valor nutritivo (BEHLING NETO *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2010). Para prevenir a fermentação alcoólica, é importante usar aditivos ou inoculantes corretamente. Alguns dos aditivos mais estudados são a ureia e os inoculantes bacterianos à base de *Lactobacillus buchneri* (FARIA *et al.*, 2020).

- **Silagem de gramíneas**

A silagem de gramíneas é uma prática cada vez mais comum na alimentação de ruminantes. A silagem pode ter várias vantagens, como produzir 30% a 50% mais nutrientes do que a produção de grão, liberar área mais cedo para uso de safrinha ou formação de pastagem, alta aceitabilidade, menor

dependência de condições climáticas. No entanto, a qualidade da silagem pode ser influenciada por vários fatores, como as características da planta, os procedimentos de ensilagem e as atividades microbianas e fermentativas. Por exemplo, a fermentação anaeróbica do volumoso úmido pode resultar na produção de ácidos orgânicos e na queda do potencial hidrogeniônico (pH) do meio. A ensilagem de gramíneas pode encontrar entraves devido à queda do pH do meio devido à quantidade reduzida de carboidratos solúveis e elevados teores de umidade. Fazer uma pré-secagem, é uma estratégia opcional para otimizar a fermentação da silagem, além de ajustar o tamanho da partícula na colheita de acordo com a MS da gramínea para uma boa compactação e fermentação da silagem.

Inoculantes à base de bactérias ajudam no processo de fermentação, tornando-o mais rápido e eficiente (RIBEIRO *et al.*, 2010). Os inoculantes também podem promover uma maior estabilidade da silagem após a abertura do silo e atuar como agentes antifúngicos. Os coprodutos da agroindústria podem aumentar o teor de matéria seca e melhorar o valor nutritivo da silagem produzida. Como forma de diminuir custos, há a possibilidade de utilizar farelos já presentes na propriedade, mas também a utilização de farelos que apresentem um preço inferior. Porém, deve-se conhecer quais fatores antinutricionais que esse alimento pode ter, principalmente dos alternativos, uma vez que muitos não tem padronização na sua fabricação ou devem ser fornecidos em quantidades restritas, como a torta de caroço de algodão que, quando ultrapassar a inclusão de 20% o teor de MS da dieta, causa intoxicação pelo gossipol, além de problemas reprodutivos (CÂMARA *et al.*, 2015). As principais gramíneas utilizadas para ensilagem são capim-elefante, capim-mombaça, Tanzânia, *Brachiaria* spp., e Azevém.

A silagem de gramíneas forrageiras também pode ser confeccionada na forma de pré-secado, deixando a gramínea desidratar no campo e após, ensilar, principalmente em sacos de 30 a 50 kg. A pré-secagem limita o crescimento de microrganismos e reduz a fermentação, resultando em menores teores de ácidos orgânicos e maiores valores de pH (RIDWAN *et al.*, 2015).

### Processo de ensilagem

O processo de ensilagem consiste em cortar a forragem no campo, picá-la em pedaços de 2 a 3 cm e ir colocando a forragem picada no fundo do silo. A altura de corte ideal para o milho é entre 15 e 25 cm do solo, para evitar a contaminação com solo na silagem e reduzir a contaminação por microrganismos. A altura de corte também pode impactar a qualidade da silagem, alterando a matéria seca e a distribuição de carboidratos. Para silagens em geral, a recomendação é que se tenha 2 a 4% das partículas com mais de 19 mm, 40 a 50% entre 8 e 19 mm e 40 a 50% com menos de 8 mm.

Todas as etapas do processo de ensilagem são cruciais, e o rendimento final é dependente das perdas ocorridas em algum desses passos. Em comunicado técnico da Embrapa sobre os pontos críticos da ensilagem, (NOVAES; LOPES; CARNEIRO, 2004), apresenta valores médios de perdas para silagem de milho, como pode ser observado abaixo:

**Tabela 2.** Estimativas e causas de perdas produtivas no processo de ensilagem.

| Fase                 | Perda potencial (%) | Causas                                             |
|----------------------|---------------------|----------------------------------------------------|
| Colheita             | 2 a 10              | Colheita no momento incorreto (menos de 30% de MS) |
| Fermentação          | 5 a 20              | Alta umidade                                       |
| Fermentação aeróbica | 1 a 3               | Compactação inadequada                             |
| Lixiviação           | 1 a 10              | Alta umidade da biomassa ensilada                  |
| Superfície           | 5 a 20              | Fechamento e vedação incorretos                    |

**Fonte:** NOVAES; LOPES; CARNEIRO (2004).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação de forragens por meio da silagem é essencial para garantir a estabilidade alimentar dos rebanhos e viabilizar a produtividade pecuária, especialmente em regiões sujeitas à estacionalidade forrageira. A escolha adequada da forrageira, o correto manejo do corte, a atenção aos aspectos químicos e microbiológicos da fermentação, bem como a escolha e manejo dos silos, são fatores determinantes para o sucesso do processo. A utilização de silagem contribui não apenas para minimizar os impactos da estacionalidade climática, mas também para o fortalecimento econômico das propriedades, especialmente quando associada à comercialização de excedentes. A adoção

de boas práticas de ensilagem e o emprego de tecnologias como inoculantes e silagens ensacadas ampliam as possibilidades de sucesso, redução de perdas e agregação de valor ao sistema produtivo.

## REFERÊNCIAS

- BEHLING NETO, A. *et al.* Fermentation characteristics of different purpose sorghum silage. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4Supl1, p. 2607, 25 ago. 2017.
- BRANDÃO, J. P. COMPARATIVO DOS ASPECTOS QUÍMICOS DAS SILAGENS CONSUMIDAS POR BOVINOS EM TERMINAÇÃO. **Anais do Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia e 77a Semana Oficial da Engenharia e da Agronomia**, 2022.
- CÂMARA, A. C. L. *et al.* Toxicity of Gossypol from Cottonseed Cake to Sheep Ovarian Follicles. **PLOS ONE**, v. 10, n. 11, p. e0143708, 24 nov. 2015.
- FAOSTAT, F. AND A. O. OF THE U. N. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2024.**, 2024.
- FARIA, E. F. S. *et al.* Do re-ensiling time and application of *Lactobacillus buchneri* alter the characteristics of sugarcane silage? **The Journal of Agricultural Science**, v. 158, n. 5, p. 438–446, jul. 2020.
- FLUCK, A. C. *et al.* Composição química da forragem e do ensilado de azevém anual em função de diferentes tempos de secagem e estádios fenológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 6, p. 1979–1987, dez. 2018.
- GONÇALVES, J. A., G. **Silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca na alimentação de ruminantes.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia)—Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2011.
- GRASSI, T. L. M. *et al.* DESIDRATAÇÃO DE CLARAS DE OVOS POR ATOMIZAÇÃO. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 4, p. 601–607, dez. 2016.
- MCDONALD, P.; HENDERSEN, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage.** 2. ed. Bucks, UK: Chalcombe, 1991. v. 1
- NERES, M. A.; NATH, C. D.; HOPPEN, S. M. Expansion of hay production and marketing in Brazil. **Heliyon**, v. 7, n. 4, p. e06787, abr. 2021.
- NEUMANN, M. *et al.* Avaliação do Valor Nutritivo da Planta e da Silagem de Diferentes Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1 suppl, p. 293–301, jan. 2002.
- NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. DA C. **Silagens: oportunidades e pontos críticos.** Embrapa Gado de Leite, , 2004. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/594945>>. Acesso em: 28 abr. 2025
- OLIVEIRA, P. C. S. *et al.* Qualidade na produção de silagem de milho. **Pubvet**, v. 8, n. 04, 31 ago. 2015.
- PLAYNE, M. J.; MCDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, n. 6, p. 264–268, jun. 1966.

- RIBEIRO, L. S. O. *et al.* Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 9, p. 1911–1918, set. 2010.
- RIDWAN, R. *et al.* Fermentation Characteristics and Microbial Diversity of Tropical Grass-legumes Silages. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 4, p. 511–518, 14 fev. 2015.
- SILVA, A. R. P. D. **SILAGENS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) ADITIVADAS COM SUBPRODUTOS DE CERVEJARIA**. Dissertação de Mestrado—Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2021.
- SILVA, T. C. DA *et al.* Papel da fermentação láctica na produção de silagem. **Papel da fermentação láctica na produção de silagem**, v. 5, n. 1, p. 998, 2011.
- VENTURINI, T. **Caracterização da silagem do sorgo forrageiro AGRI 002E e utilização na alimentação de bovinos**. Tese (Doutorado em Zootecnia)—Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2019.
- VISSERS, M. M. M. *et al.* Minimizing the Level of *Bacillus cereus* Spores in Farm Tank Milk. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 7, p. 3286–3293, jul. 2007.
- WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, n. 2, p. 101–116, fev. 1990.

## **UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**

**Hayleen Aparecida Oliveira Menezes de Sá**

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

**Elivelton de Salles da Silveira**

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

**Deivid Kelly Barbosa**

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

**Caio Cesar dos Ouros**

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

**Jaqueline Luiza Royer**

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

**Beatriz Klimeck**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar)

# RESUMO

O presente estudo teve como objetivo investigar o panorama de publicações científicas sobre a utilização de frutas na alimentação de ruminantes, por meio de análise bibliométrica aplicada a uma base de dados de alto impacto. A base SCOPUS foi utilizada como fonte de dados, considerando exclusivamente publicações entre 2019 e 2024. A busca foi realizada utilizando os descritores em inglês "fruit waste", "fruit by-product" e "ruminant", empregando os operadores booleanos "AND" e "OR" para aumentar o número de resultados. Para a visualização e construção de mapas bibliométricos, foi utilizado o software VosViewer®. A análise dos dados indicou que a Índia se destacou como o país com maior número de publicações a respeito da utilização de subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes, totalizando 11 artigos, seguida pela Tailândia, com 8 artigos, México com 6 artigos. A análise dos artigos indicou que o inglês foi o idioma predominante em todas as publicações (100%) relacionadas ao uso de subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes. A análise de co-ocorrência identificou a presença de 3 *clusters* que estão diretamente relacionados aos aspectos e aplicabilidades dos subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes, representando uma alternativa interessante para melhorar a alimentação dos ruminantes e incentivar práticas sustentáveis.

**Palavras-chave:** benefícios nutricionais; digestibilidade; produção animal; sustentabilidade.

## INTRODUÇÃO

A fruticultura no Brasil está se expandindo, ocupando o terceiro lugar no ranking dos maiores produtores mundiais de frutas, impulsionado por sua diversidade tropical. Em 2024, foram exportadas mais de 1 milhão de toneladas de frutas frescas para diversos mercados, resultando em uma receita estimada de aproximadamente US\$ 1,3 bilhão (ABRAFRUTAS, 2025). Apesar de sua grande importância na cadeia produtiva e no mercado de exportação, tanto a produção quanto o consumo de frutas geram uma grande quantidade de resíduos, seja no uso cotidiano, seja na indústria. Durante o processamento de sucos e polpas, diversos tipos de resíduos são desperdiçados, como sementes, bagaço, cascas e talos, o que resulta também na perda de alguns nutrientes valiosos (CAPPATO *et al.*, 2022).

A questão da sustentabilidade ambiental tornou-se uma preocupação global de crescente importância, considerando os diversos fatores que podem impactar negativamente o meio ambiente, como o descarte incorreto de resíduos de frutas e resíduos agroindustriais. Pazdiora *et al.* (2020) destacam que, nos últimos anos, a inclusão desses resíduos na alimentação animal tem ganhado espaço no Brasil, visando tanto à redução dos custos de produção quanto a uma destinação ambientalmente adequada desses subprodutos.

Diante desse contexto, alternativas têm sido desenvolvidas para minimizar o descarte inadequado dos resíduos, redirecionando-os para novas finalidades, como a reutilização na alimentação de animais, em particular ruminantes. A industrialização da fruticultura tropical produz quantidades significativas de resíduos e subprodutos que, *in natura* ou beneficiados, apresentam um considerável potencial para contribuir de forma expressiva para a nutrição desses animais (SANTOS *et al.*, 2014).

Diante desse cenário, surge a seguinte questão: Qual é o panorama das publicações sobre a utilização de subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes?

Para abordar a essa problemática, o presente estudo teve como objetivo investigar o panorama das publicações científicas sobre o tema, utilizando uma base de dados de alto impacto e aplicando a análise bibliométrica para identificar os principais estudos desenvolvidos no período de 2019 a 2024.

## MATERIAL E MÉTODO

Para alcançar os objetivos do presente estudo, adotou-se uma abordagem de pesquisa que combina métodos quantitativos e qualitativos, tendo a análise bibliométrica como metodologia principal. Esse método caracteriza-se pela análise da produção científica, proporcionando um panorama detalhado de publicação referente ao comportamento ou desenvolvimento de determinada área do conhecimento (FERREIRA, 2011).

Para a coleta de dados, realizou-se uma investigação do estado da arte sobre a utilização de subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes. A base de dados SCOPUS foi selecionada como fonte de pesquisa. Esta base foi selecionada por sua ampla cobertura de periódicos internacionais e pela diversidade de publicações científicas revisadas por especialistas, o que proporciona confiabilidade à plataforma, bem como por minimizar obstáculos inerentes à coleta e à exportação de dados bibliométricos e bibliográficos (ROSSATO e LÖBLER, 2024).

Este estudo considerou exclusivamente publicações dos últimos cinco anos (2019-2024). As buscas foram realizadas utilizando as palavras-chave em inglês "fruit waste", "fruit by-product" e "ruminant", empregando os operadores booleanos "AND" e "OR" para ampliar os resultados. Inicialmente, foram encontrados um total de 612 documentos. Após isso, realizou-se o refinamento pelo ano de publicação, resultando em 444 documentos.

Em seguida, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão, uma vez que foram encontradas publicações que não correspondiam especificamente ao objetivo da pesquisa – o uso de subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes. Como a busca por palavras-chave provoca uma busca mais ampla, incluindo qualquer tema que contenha esses termos, documentos foram excluídos quando tratavam do uso de subprodutos de frutas na alimentação de animais não ruminantes, bem como outras formas de utilização que não relacionavam à alimentação de ruminantes.

Após o refinamento por ano de publicação e a exclusão de documentos que não se alinhavam ao objetivo da pesquisa, permaneceram 70 documentos. Esses documentos foram organizados e tabulados em planilhas do Excel®, considerando apenas aqueles que correspondiam ao objetivo do estudo. A análise

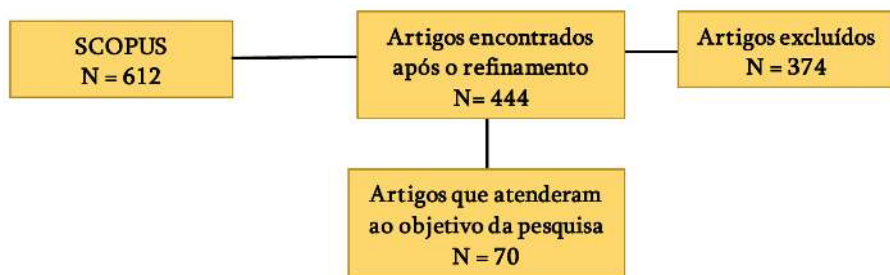
contemplou o número de publicações por ano, os países com maior produção científica sobre o tema, os tipos de documentos, o idioma e os autores que mais publicaram no período estipulado.

Para a construção e visualização de mapas bibliométricos, foi utilizado o software VosViewer®, uma ferramenta que utiliza técnicas de mapeamento e agrupamento de dados de rede. Com esse software, é possível ajustar informações obtidas de diversas bases de dados e investigar características relevantes, como autores, citações, publicações e palavras-chave (RUAS e PEREIRA, 2014).

A análise da visualização de rede foi realizada com base na co-ocorrência de palavras-chave. O software disponibiliza opções como “All keywords”, “Author keywords” e “Index keywords”; neste estudo, optou-se pela opção “All keywords”, que abrange todas as categorias. Além disso, foi aplicada a técnica de “full counting”, que confere o mesmo peso a cada vínculo identificado na ocorrência dos termos.

Para facilitar a visualização dos termos apresentados nos *clusters*, foi empregada a função de “thesaurus” que possibilita a combinação de termos semelhantes. Na construção do mapa de co-ocorrência das palavras-chave, foram identificadas 718 palavras-chave; no entanto, apenas aquelas que aparecem pelo menos cinco vezes foram selecionadas, totalizando 38 termos. Em seguida, esses termos passaram por um processo de refinamento para tornar o mapa mais objetivo, resultando na exclusão de 10 termos que não apresentavam associações relevantes, restando 28 palavras-chave.

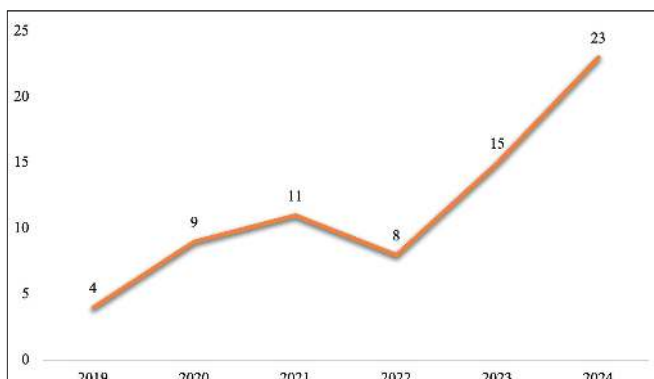
**Figura 1.** Esquema para bibliometria.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise dos dados, observada no Gráfico 1, houve um crescimento contínuo na quantidade de publicações entre 2019 e 2021, indicando um aumento no interesse acadêmico e científico pelo tema. Esse crescimento pode estar relacionado a diversos fatores, como avanços na pesquisa sobre nutrição sustentável e a busca por alternativas econômicas para a alimentação de ruminantes. Entretanto, no ano de 2022, observou-se uma diminuição na produção científica, o que pode indicar uma possível saturação do tema, uma mudança nas abordagens adotadas ou sendo um reflexo da pandemia mundial de Covid-19, onde a possibilidade de realizar pesquisas tornou-se restrita.

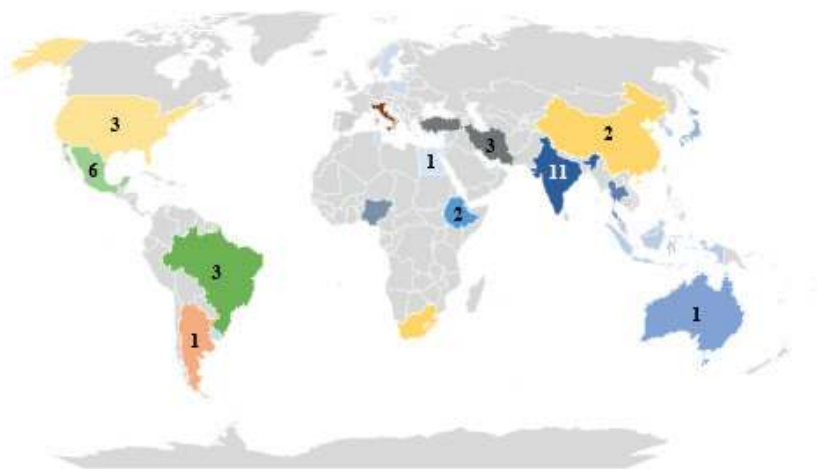
**Gráfico 1.** Número de publicações ao ano.



Durante o período estipulado da pesquisa, em especial nos anos de 2023 e 2024, observou-se um expressivo aumento no número de publicações. Esses dois anos concentraram o maior volume de artigos publicados, o que corresponde a cerca de 54% da amostra coletada. Esse crescimento pode estar ligado à introdução de novas metodologias, como o aprimoramento de técnicas de análise da digestibilidade dos resíduos de frutas e sua implicação na alimentação de ruminantes. Além disso, a retomada do interesse pelo tema pode ter sido impulsionada por questões ambientais, como a crescente preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade de sistemas de produção mais sustentáveis.

A Figura 2 apresenta os países que tiveram maior participação em termos de publicações durante o período analisado. A análise dos dados indicou que a Índia se destacou como o país com maior número de publicações a respeito da utilização de subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes, totalizando 11 artigos, seguida pela Tailândia, com 8 artigos e o México, com 6 artigos.

**Figura 2.** Mapa dos países com maiores participações no número de publicações sobre a temática analisada.



A Índia, país com o maior número de publicações sobre o tema, destaca-se como um dos países com um dos maiores rebanhos do mundo (FAOSTAT, 2023, EMBRAPA, 2023) e forte tradição na pecuária. O crescimento da pesquisa nessa área pode estar ligado à necessidade de melhorar a eficiência alimentar do gado e mitigar impactos ambientais associados à pecuária. Além disso, a Índia é o segundo maior produtor de frutas do mundo, com uma produção anual de 81,2 milhões de toneladas, o que representa uma contribuição de 12,6% da produção mundial de frutas, ficando atrás apenas da China (MITRA, 2014).

Nesse contexto, pesquisas como a de Wadhwa *et al.* (2021), conduzida na Índia, compararam a composição química de resíduos frescos de tangerina Kinnow (*Citrus reticulata*) e vagens vazias de ervilha (resíduo vegetal), avaliando a concentração de compostos bioativos, a fermentação *in vitro*, e a inclusão

das silagens em rações totais misturadas (TMR) para bezerros de búfalo Murah. Os bezerros alimentados que receberam a ração total misturada contendo silagem de resíduo de tangerina Kinnow e palha de trigo apresentaram resultados significativos em relação à digestibilidade da matéria orgânica e à disponibilidade de energia metabolizável quando comparados com os demais tratamentos.

Na avaliação *in vivo*, a ingestão de matéria seca (MS) pelos animais que receberam a ração com inclusão de silagem de resíduo de tangerina foi semelhante à do grupo controle. Os resultados evidenciam que a inclusão desse subproduto não causou efeitos adversos na palatabilidade e na absorção de nutrientes, sugerindo que esses resíduos podem ser incorporados com segurança na alimentação de ruminantes. Este estudo demonstra que, além dos benefícios nutricionais, o reaproveitamento da tangerina contribui para a redução do desperdício e para práticas ambientalmente sustentáveis, evitando o descarte inadequado desses resíduos.

A Tailândia, que ocupa a segunda posição em termos de publicações durante o período em análise, se destaca na produção e no processamento de frutas tropicais. As indústrias desse setor geram uma quantidade significativa de resíduos, especialmente cascas (WANAPAT *et al.*, 2024).

A revisão de estudo realizada por Wanapat *et al.* (2024) compilou informações sobre os resíduos, em particular, as cascas de diversas frutas tropicais, incluindo banana, citros, pitaya, durião, jaca, manga, mangostão, maracujá, ananás, romã e rambutan. A pesquisa demonstrou que esses subprodutos podem influenciar positivamente o ambiente ruminal, essencial para a digestão dos ruminantes. Além disso, constatou-se que as cascas contribuem para a melhoria da digestibilidade de nutrientes, a modulação das populações microbianas e a redução da produção de metano, reforçando seu potencial como uma alternativa sustentável para a alimentação animal.

O México, com 6 artigos publicados sobre o tema, apresenta uma pecuária predominantemente extensiva. Contudo, o país tem a oportunidade de elevar sua produtividade pecuária com enfoque sustentável (HERNÁNDEZ *et al.*, 2023). De acordo com Hernández *et al.* (2023), a sustentabilidade vai além da preocupação ambiental, sendo também uma estratégia para melhorar a eficiência e a competitividade da pecuária no país.

Um estudo conduzido por Gómez-Trinidad *et al.* (2024) no México, avaliou duas dietas distintas para bezerros: uma sem inclusão de silagem de resíduo de mamão papaya (0%) e outra contendo 60% desse subproduto. A avaliação do desempenho dos animais foi conduzida por meio de técnicas *in vitro*, *in situ* e *in vivo*. Os resultados indicaram que os bezerros alimentados com 60% de silagem de resíduo de mamão papaya apresentaram um ganho de peso significativamente superior em comparação aos que receberam dieta sem inclusão desse resíduo. Com base nesses resultados, a utilização do resíduo de mamão papaya surge como uma alternativa de alimentação viável e não convencional para bezerros desmamados, contribuindo tanto para o desempenho animal quanto para práticas pecuárias mais sustentáveis.

A distribuição geográfica das publicações indica que países com forte relação com a pecuária geralmente mostram um maior envolvimento na procura por alternativas para a alimentação animal. Contudo, a variação no número de artigos publicados entre os países pode estar diretamente atrelada à infraestrutura de pesquisa disponível, impactando a produção científica e o desenvolvimento de estudos na área.

A análise dos artigos indicou que o inglês foi o idioma predominante em todas as publicações (100%) relacionadas ao uso de subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes. Esse resultado evidencia uma tendência bem estabelecida na comunidade científica mundial, onde o inglês se estabelece como a língua padrão para a divulgação das pesquisas, promovendo a disseminação do conhecimento em nível internacional.

Essa prevalência pode ser justificada, em grande parte, pela influência de bases de dados de alto impacto, como a SCOPUS, utilizada como fonte de pesquisa neste estudo. Ademais, periódicos científicos de grande relevância publicam na sua maioria, em inglês, o que reforça sua posição como idioma principal na comunidade científica.

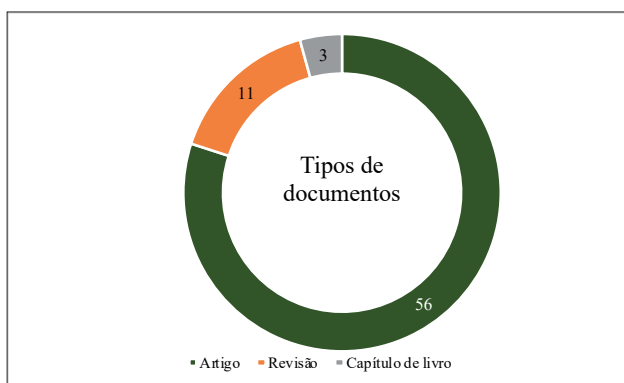
O gráfico 3 apresenta os tipos de documentos encontrados na análise bibliométrica. Foi observado que os artigos científicos foram os mais frequentes, totalizando 56 publicações, seguidos pelas revisões, com 11 publicações e, pelos capítulos de livros, com 3 publicações.

Os artigos científicos, por serem a base da comunicação acadêmica, têm um processo de publicação mais rápido e acessível, possibilitando a ampla

disseminação de resultados originais para a comunidade científica. O elevado número de artigos sugere que o tema tem sido amplamente explorado, refletindo um volume significativo de novos estudos e dados experimentais.

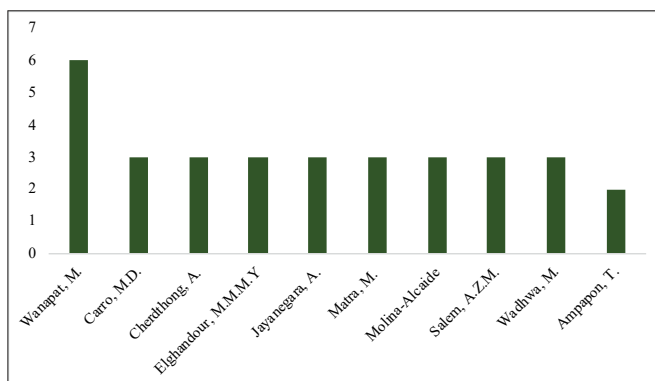
Por outro lado, as revisões são vitais para a consolidação do conhecimento já existente, reunindo informações de diversos estudos e oferecendo uma visão abrangente sobre as tendências e lacunas na pesquisa. Esse tipo de documento é crucial para estruturar o progresso científico e direcionar futuras investigações na área.

**Gráfico 3.** Tipos de documentos mais encontrados dentro do tema abordado no período estipulado.



O gráfico 4 destaca os principais autores que mais contribuíram com publicações no campo de estudo analisado. Observou-se que Wanapat foi o pesquisador mais prolífico, totalizando 6 publicações, levando em conta suas autorias e coautorias. Em seguida, os demais autores apresentaram 3 publicações cada, igualmente considerando suas contribuições como autor ou coautor. Esses dados ressaltam a relevância da contribuição desses pesquisadores no progresso da pesquisa na área.

**Gráfico 4.** Principais autores que publicaram sobre a temática abordada.



Os números apresentados demonstram a significativa contribuição desses autores para o avanço da pesquisa na área, seja através de estudos experimentais ou por revisões que consolidam o conhecimento já existente. O maior número de publicações de Wanapat sugere seu papel fundamental na investigação do tema, evidenciando um envolvimento ativo na produção científica.

Além disso, a quantidade de publicações pode indicar colaborações em projetos de pesquisa, mostrando que autores recorrentes estão frequentemente conectados a redes de investigação bem estabelecidas. Essas colaborações facilitam a troca de conhecimento e tornam possível o desenvolvimento de estudos mais abrangentes.

A Tabela 1 apresenta os artigos com as maiores frequências de citações. A análise indicou que determinados artigos ou revisões tiveram um impacto significativo na comunidade científica, sendo amplamente citados em pesquisas posteriores. Esse elevado número de citações sugere a relevância desses artigos ou revisões para o avanço do conhecimento na área, reforçando sua importância como referência acadêmica.

O artigo intitulado "Utilization of fruit and vegetable waste as an alternative feed source for sustainable and eco-friendly sheep farming" de Sahoo *et al.* (2021), destaca-se por sua importância e influência na comunidade científica, acumulando 49 citações. O estudo apresenta uma avaliação experimental detalhada da viabilidade e dos benefícios da utilização dos resíduos de frutas e vegetais como alternativa de alimentação para ovinos. Os resultados apontaram que esses subprodutos podem substituir ingredientes convencionais mais caros

sem comprometer a ingestão de matéria seca ou o peso corporal dos animais nos níveis de inclusão que foram testados (SAHOO *et al.*, 2021).

Além disso, o elevado número de citações pode estar associado à qualidade metodológica do estudo, à originalidade de seus achados e à publicação em periódicos de alto impacto, como a *Waste Management*, o que reforça seu papel como uma referência importante.

**Tabela 1.** Frequência de citações dos artigos publicados sobre o tema abordado no período estipulado.

| Título                                                                                                                                                                 | Autores                                                                                                                   | Ano  | Frequência Total |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------|
| Utilization of fruit and vegetable waste as an alternative feed resource for sustainable and eco-friendly sheep farming                                                | Sahoo, A.; Sarkar, S.; Lal, B.; Kumatawat, P.; Sharma, S.; De, K.                                                         | 2021 | 49               |
| Influence of feeding fruit by-products as alternative dietary fibre sources to wheat bran on beef production and quality of Angus steers                               | Tayengwa, T.; Chikwanha, O.C.; Dugan, M.E.R.; Mutsvangwa, T.; Mapiye, C.                                                  | 2020 | 41               |
| Potential of Fruits and Vegetable By-Products as an Alternative Feed Source for Sustainable Ruminant Nutrition and Production: A Review                                | Jalal, H.; Giammarco, M.; Lanzoni, L.; Akram, M.Z.; Mammi, L.M.E.; Vignola, G.; Chincarini, M.; Formigoni, A.; Fusaro, I. | 2023 | 33               |
| Nutritive value of tomato pomace for ruminants and its influence on in vitro methane production                                                                        | Marcos, C.N.; de Evan, T.; Molina-Alcaide, E.; Carro, M.D.                                                                | 2019 | 32               |
| Supplementation of fruit peel pellet containing phytonutrients to manipulate rumen pH, fermentation efficiency, nutrient digestibility and microbial protein synthesis | Wanapat, M.; Viennasay, B.; Mastra, M.; Totakul, P.; Phesatcha, B.; Ampapon, T.; Wanapat, S.                              | 2021 | 27               |

Outro artigo relevante é intitulado “Influence of feeding fruit by-products as alternative dietary fibre sources to wheat bran of beef production and quality of Angus steers”, de Tayengwa *et al.* (2020), com um total de 41 citações. O estudo investigou a substituição do farelo de trigo por 150 g/kg de matéria seca de polpa de citrinos seca (DCP) ou de bagaço de uva seca (DGP) nas dietas de novilhos Angus de 7 meses durante um período de 90 dias.

A pesquisa surgiu da necessidade de buscar por alternativas alimentares subutilizadas, levando em conta a oferta limitada e os altos preços dos ingredientes para ração em sistemas de confinamento, particularmente em países que enfrentam a escassez desses ingredientes. Subprodutos como a polpa de citrinos e o bagaço de uva são produzidos em grande volume, mas não destinados ao consumo humano, tornando-se opções nutricionais potenciais para a pecuária.

Os resultados obtidos demonstraram que tanto a DGP quanto a DCP promoveram um maior ganho médio diário e o peso vivo final superior em comparação à dieta controle. Em relação às características de carcaça, os novilhos alimentados com a dieta DGP apresentaram pesos de carcaça quente (PCQ) e fria (PCF) significativamente superior em comparação aos animais que receberam as dietas DCP e controle. Esses resultados reforçam o potencial dos subprodutos de frutas como alternativas nutricionais viáveis nos sistemas de produção de carne bovina.

A análise de co-ocorrência identificou a presença de 3 *clusters*, representado por diferentes cores atribuídas aleatoriamente pelo *software*. Essas cores não exercem influência sobre os resultados, servindo apenas para a identificação visual dos *clusters*. Os *clusters* 1, 2 e 3 estão destacados nas cores vermelha, verde e azul, respectivamente.

**Figura 4.** Mapa de co-ocorrência de palavras-chaves encontradas nas publicações sobre resíduos de frutas na alimentação de ruminantes.

O *cluster* 1 (vermelho) agrega estudos voltados para a digestibilidade, o consumo de alimentos, o valor nutricional e na composição química dos subprodutos de frutas. Ademais, tais elementos estão interligados de maneira direta ao crescimento e ao peso corporal dos animais.

O *cluster* 2 (verde) foca na alimentação animal e às avaliações *in vitro* desses subprodutos de frutas, abrangendo seu efeito na fermentação ruminal, a produção de metano, o metabolismo e a composição nutricional.

O *cluster* 3 (azul) está voltado para os próprios subprodutos de frutas e sua conexão com o valor nutricional, a pecuária e o manejo desses resíduos, enfatizando seu papel na sustentabilidade ambiental.

O *cluster* 3 (azul), particularmente o termo “fruit byproduct”, apresenta maior número de conexões com os demais *clusters*, sendo notável a relação com os termos “ruminant” e “digestion”. Isso significa que existe uma quantidade significativa de estudos que investigam a relação entre subprodutos de frutas e o processo digestivo nos ruminantes.

Com base nessa análise, os mapas de redes proporcionam uma melhor visualização dos termos e ideias emergentes identificadas na literatura. Ademais, possibilitam a compreensão das relações existentes entre os termos, oferecendo um panorama estruturado do desenvolvimento do tema.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de subprodutos de frutas na alimentação de ruminantes representa uma alternativa interessante para melhorar a alimentação desses animais e incentivar práticas sustentáveis. O estudo bibliométrico revelou um aumento na produção científica sobre o tema, indicando um crescente interesse acadêmico por soluções que favoreçam tanto a produção animal quanto a minimização de custos e a diminuição dos impactos ambientais.

Os achados demonstraram que os subprodutos de frutas podem ser integrados de maneira segura na alimentação de ruminantes, sem provocar efeitos adversos sobre o desempenho animal. Além dos benefícios nutricionais, essa abordagem contribui para a redução do desperdício e promove a preservação ambiental e está alinhada à produção animal sustentável.

## REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS – Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados. **Abrafrutas fortalece protagonismo na Fruit Attraction São Paulo, que cresce em 2025**. 2025. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2025/03/abrafrutas-fortalece-protagonismo-na-fruit-attraction-sao-paulo-que-cresce-em-2025/>> Acesso em: 09 mai 2025

CAPPATO, L. *et al.* **Aproveitamento de resíduos de frutos na alimentação humana**. Portal e-food. 2022. Disponível em: <<https://portalefood.com.br/artigos/aproveitamento-de-residuos-de-frutos-na-alimentacao-humana-possiveis-utilizacoes-dos-nutrientes-que-sao-descartados-como-lixo/>> Acesso em: 09 mai 2025

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Anuário CiCarne da cadeia produtiva da carne bovina – 2023**. Documento Técnico 314. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1160117/1/Anuario-CiCarne-cadeia-produtiva-2023.pdf>> Acesso em: 09 mai 2025.

FAOSTAT. **Crops and livestock products**. 2023. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>> Acesso em: 09 mai 2025.

FERREIRA, M.P. A bibliometric study on ghosha's managing across borders. **The Multinational Business Review**, v. 19, n. 4, p. 357-375, 2011.

GÓMEZ-TRINIDAD, M. *et al.* In vitro gas production, in situ digestibility, intake weight gain and ruminal characteristics of calves fed a diet containing 60% waste papaya silage. **Topical Animal Health and Production**, v. 56, n. 8, p. 370, 2024.

HERNÁNDEZ, A.P. *et al.* Importancia de la ganadería sustentable em el pastoreo de rumiantes. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 12, p. 30990-31005, 2023.

MITRA, S.K. Tropical and Subtropical Fruits in India. **Journal of Tropical Crop Sciences**, v. 1, n. 1, 2014.

PAZDIORA, R.D. *et al.* Comportamento ingestivo de ovinos confinados alimentados com inclusões da semente de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em substituição ao grão de milho. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 69906-69917, 2020.

ROSSATO, T.M. *et al.* Explorando a produção científica sobre geoparques mundiais da UNESCO (2002-2023). **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 19, n. 56, 2024.

RUAS, T.L. *et al.* Como construir indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação utilizando Web of Science. Derwent World Patent Index, Bibexcel e Pajek. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 3, p. 52-81, 2014.

SAHOQ, A. *et al.* Utilization of fruit and vegetable waste as an alternative feed resource for sustainable and eco-friendly sheep farming. **Waste Management**, v. 128, p. 232-242, 2021.

SANTOS, S.C. *et al.* Utilização da silagem de restos culturais do abacaxizeiro em substituição à silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 4, p. 400-408, 2014.

TAYENGWA, T. *et al.* Influence of feeding fruit by-products as alternative dietary fibre sources to wheat bran on beef production and quality of Angus steers. **Meat Science**, v. 161, 107969, 2020.

WADHWA, M. *et al.* Ensiling and utilization of Kinnow mandarin (*Citrus reticulata*) waste and empty pea (*Pisum sativum*) pods as feed for buffalo calves. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 21, p. 485-496, 2021.

WANAPAT, M. *et al.* The recycling of tropical fruit peel waste-products applied in feed additive for ruminants: Food manufacturing industries, phytonutrient properties, mechanisms, and future applications. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 17, 101234, 2024.

# **SOBRE OS ORGANIZADORES**

## **Ana Carolina Fluck**

Zootecnista pela Universidade Federal de Santa Maria (2008), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria (2011) e Doutorado em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas. Pós-doutorado em Zootecnia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com foco em Nutrição de Ruminantes e Bovinocultura de Leite, bolsista PNPD/Capes. Realizou estágio de doutorado sanduíche na Clemson University (2013-2014) na área de expressão gênica e qualidade de carne bovina. Foi professora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Dois Vizinhos e Instituto Federal Farroupilha – *Campus* Santo Ângelo. Atualmente é pesquisadora na área de produção e nutrição animal.  
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/3341550227158176>

## **Olmar Antônio Denardin Costa**

Zootecnista, formado na Universidade Federal de Santa Maria (2011). Mestre (2014) na área de pastagens e Doutor (2018) em Produção Animal, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas. Tem experiência nas áreas de nutrição de ruminantes e forragicultura. Foi bolsista PNPD vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Câmpus* Dois Vizinhos. Atualmente é Técnico de campo, vinculado ao Serviço Nacional de Aprendizagem Rural SENAR-RS, na área de bovinocultura de leite.  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4426053297316240>

## **Kátia Maria Cardinal**

Professora do Instituto Federal Farroupilha. Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria, mestrado e doutorado em produção animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atua na área de produção e nutrição de não-ruminantes.  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6673239987203933>

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

**Abomaso:** 260, 261, 268

**Acidose:** 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 51, 52, 53, 100, 129, 293, 297

**Acidose Ruminal:** 28, 42, 43, 44, 45, 51, 52, 297

**Ácidos Fenólicos:** 12, 21

**Aditivos:** 71, 99, 100, 109, 114, 131, 133, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 193, 194, 196, 200, 201, 231, 248, 318, 319

**Aleitamento:** 260, 261, 262, 264, 265, 266, 267, 270, 272, 274

**Alimentação:** 11, 28, 31, 35, 38, 41, 44, 49, 50, 57, 64, 69, 70, 74, 86, 88, 97, 98, 99, 100, 105, 109, 110, 111, 112, 120, 122, 125, 127, 133, 134, 136, 137, 138, 140, 148, 149, 151, 152, 154, 155, 157, 158, 161, 162, 165, 166, 167, 170, 188, 190, 191, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 208, 216, 218, 230, 254, 260, 261, 262, 263, 265, 268, 273, 279, 284, 285, 288, 289, 290, 292, 294, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 305, 306, 307, 319, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 329, 330, 331, 332, 334, 336, 337, 338

**Alimentação de Ruminantes:** 11, 97, 98, 136, 188, 191, 194, 195, 196, 197, 200, 201, 202, 302, 319, 324, 325, 326, 327, 329, 330, 331, 332, 336, 337

**Alimentos:** 14, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 69, 70, 79, 99, 100, 101, 109, 111, 127, 128, 129, 134, 137, 149, 161, 162, 165, 167, 170, 171, 188, 190, 191, 196, 197, 201, 204, 205, 209, 210, 211, 212, 219, 228, 255, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 271, 277, 283, 285, 286, 297, 300, 301, 302, 337

**Análogos:** 231, 252, 253

**Armazenamento:** 102, 104, 109, 121, 128, 135, 136, 138, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 168, 190, 204, 205, 206, 207, 212, 243, 247, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 285, 294, 295, 304, 307, 308

**Aveia:** 67, 107, 116, 117, 119, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 139, 148, 316

**Avicultura Sustentável:** 161

## B

**Benefícios Nutricionais:** 325, 331, 337

**Bioativos Naturais:** 161

**Bovinocultura de Corte:** 94, 127, 133, 151

**Bovinocultura de Leite:** 43, 55, 56, 57, 61, 63

## C

**Campo Nativo:** 28, 78

**Carcaça:** 40, 74, 127, 128, 129, 130, 158, 159, 217, 225, 226, 290, 298, 299, 336

**Comportamento Ingestivo:** 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 90, 338

**Concentrado:** 22, 26, 27, 30, 31, 44, 46, 47, 48, 49, 52, 61, 68, 74, 87, 94, 110, 111, 118, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 148, 260, 262, 265, 266, 267, 268, 271, 273, 297

**Confinamento:** 56, 57, 86, 94, 116, 117, 120, 122, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 156, 191, 302, 305, 335

**Conservação Ambiental:** 78

**Conservação de Forragens:** 114, 188, 191, 304, 321

**Consórcio Forrageiro:** 55, 67

**Contaminação:** 40, 105, 143, 147, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 233, 249, 292, 315, 316, 321

**Coprodutos:** 41, 98, 99, 100, 109, 111, 187, 188, 190, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 288, 289, 291, 292, 294, 295, 296, 297, 299, 320

**Coprodutos do Etanol:** 288

**Crescimento:** 13, 19, 20, 34, 36, 38, 39, 41, 65, 67, 75, 82, 83, 91, 94, 105, 109, 120, 133, 139, 146, 148, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 166, 171, 186, 189, 195, 207, 217, 218, 219, 223, 225, 227, 228, 231, 233, 234, 235, 237, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 253, 260, 261, 262, 265, 268, 269, 270, 271, 280, 283, 289, 290, 293, 294, 301, 306, 308, 309, 313, 320, 329, 330, 337

## D

**DDG:** 201, 288, 289, 291, 292, 296, 297, 298, 299, 302

**Desempenho:** 23, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 60, 62, 74, 80, 102, 110, 111, 122, 130, 133, 138, 149, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 188, 190, 191, 194, 195, 199, 205, 208, 217, 218, 225, 226, 227, 228, 231, 232, 234, 235, 237, 246, 249, 250, 251, 252, 253, 260, 261, 262, 263, 266, 267, 268, 272, 273, 274, 288, 289, 290, 291, 294, 295, 296, 298, 299, 307, 332, 337

**Desempenho Produtivo:** 23, 34, 38, 41, 43, 44, 133, 155, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 226, 273, 288, 291, 296, 298, 299

**Desempenho Produtivo:** 23, 34, 38, 41, 43, 44,

133, 155, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 226, 273, 288, 291, 296, 298, 299

**Digestibilidade:** 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 34, 40, 52, 70, 74, 83, 98, 102, 110, 111, 116, 117, 118, 119, 126, 132, 133, 146, 148, 157, 164, 166, 188, 194, 195, 201, 227, 243, 246, 289, 290, 293, 294, 300, 307, 325, 329, 331, 337

## E

**Eficiência Alimentar:** 36, 62, 98, 110, 111, 127, 152, 162, 191, 208, 226, 260, 263, 264, 268, 270, 290, 330

**Eficiência Alimentar:** 36, 62, 98, 110, 111, 127, 152, 162, 191, 208, 226, 260, 263, 264, 268, 270, 290, 330

**Eficiência Produtiva:** 35, 37, 56, 57, 58, 86, 188, 189, 190, 196, 197, 218

**Ensilagem:** 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 149, 188, 191, 192, 193, 194, 196, 198, 201, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 311, 312, 313, 314, 315, 317, 318, 319, 320, 321, 322

**Estacionalidade Forrageira:** 88, 188, 304, 306, 321

## F

**Fermentação:** 27, 59, 70, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 114, 117, 118, 119, 120, 145, 148, 188, 191, 192, 195, 196, 262, 268, 269, 273, 292, 293, 297, 304, 308, 309, 310, 311, 312, 314, 315, 316, 318, 319, 320, 321, 323, 330, 337

**Fermentação Lática:** 104, 106, 191, 304, 323

**Forragem Conservada:** 112, 136, 305, 306, 307

**Fungos:** 16, 103, 108, 109, 136, 144, 147, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 292, 294, 295, 313, 314

## G

**Gramíneas Forrageiras:** 12, 20, 21, 64, 192, 320

**Grãos:** 26, 27, 28, 36, 99, 100, 101, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 197, 202, 204, 205, 206, 212, 288, 289, 291, 292, 294, 300, 301, 302, 308, 315, 317, 318, 319

## I

**Ingredientes Alternativos:** 34, 36, 37, 39

## L

**Leguminosas Forrageiras:** 12, 20

**Leite:** 29, 42, 43, 45, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70,

71, 72, 74, 75, 76, 86, 87, 96, 98, 100, 110, 137, 148, 149, 156, 191, 197, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 247, 261, 262, 263, 264, 265, 268, 270, 271, 291, 296, 297, 298, 299, 306, 317, 318, 322

**Life Cycle Assessment:** 96, 174, 175, 176, 178, 185, 186

## M

**Manejo de Pastagem:** 55, 61

**Manejo Nutricional:** 43, 44, 45, 132, 152, 153, 277

**Matriz:** 15, 119, 120, 121, 151, 153, 154, 156

**Metionina:** 217, 221, 222, 223, 224, 225, 228

**Microbiota Ruminal:** 26, 27, 31, 120, 195

**Milho:** 28, 30, 34, 35, 38, 40, 41, 46, 47, 48, 52, 64, 73, 74, 75, 88, 100, 102, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 138, 192, 193, 194, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 227, 273, 288, 289, 290, 292, 293, 294, 295, 297, 298, 299, 302, 307, 308, 309, 310, 311, 316, 317, 318, 321, 322, 338

## N

**Nutrição Animal:** 12, 31, 120, 207, 271, 309

**Nutrição de Ruminantes:** 12, 13, 14, 16, 21, 23, 53, 111, 131, 132, 158, 304

## P

**Pecuária Brasileira:** 55, 158, 190

**Pecuária Extensiva:** 78, 81, 95

**Perdas:** 31, 62, 71, 73, 75, 94, 99, 100, 103, 107, 108, 111, 136, 138, 143, 144, 145, 146, 193, 194, 201, 205, 212, 238, 247, 304, 307, 309, 313, 314, 315, 316, 317, 319, 321, 322, 323

**pH:** 26, 27, 30, 44, 48, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 113, 117, 166, 167, 192, 193, 194, 237, 242, 246, 262, 266, 267, 269, 270, 276, 280, 281, 282, 283, 290, 293, 297, 298, 306, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 318, 320, 335

**Phosphorus:** 174, 175, 176, 185, 186, 256

**Phytate:** 174, 185, 253

**pós Desmame:** 239, 244

**Produção Animal:** 24, 44, 60, 69, 78, 79, 95, 96, 98, 131, 132, 133, 147, 155, 188, 189, 190, 194, 196, 198, 199, 205, 235, 236, 277, 286, 296, 300, 302, 305, 325, 337

**Produção Sustentável:** 68, 78, 79

**Programação Fetal:** 151, 153, 158, 159

**PUFAs:** 161, 162, 164, 167

## Q

**Qualidade dos Ovos:** 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 171, 276, 278, 283, 284

**Qualidade Nutricional:** 19, 23, 44, 59, 71, 94, 95, 102, 136, 143, 149, 155, 167, 294, 317, 318

## R

**Refrigeração:** 276, 277, 278, 280, 281, 282, 283

## S

**Saúde Aviária:** 161

**Silagem:** 28, 30, 46, 47, 48, 52, 68, 73, 98, 99, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 122, 130, 132, 138, 149, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 200, 201, 202, 207, 211, 303, 304, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 331, 332, 338

**Sistema Caipira:** 275, 276, 278

**Sistema Rotatínuo:** 55

**Sorgo:** 64, 102, 116, 117, 119, 121, 122, 123, 128, 130, 131, 132, 133, 166, 196, 288, 289, 292, 295, 307, 311, 318, 319, 322, 323

**Suinocultura:** 34, 35, 36, 37, 38, 40, 218, 236, 246, 248, 251

**Suínos:** 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 120, 122, 201, 208, 209, 210, 216, 217, 218, 219, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 253, 255, 301

**Sustainability:** 114, 174, 175, 182, 184, 257

**Sustentabilidade:** 12, 34, 37, 41, 65, 78, 86, 95, 98, 131, 133, 137, 168, 169, 188, 190, 192, 195, 196, 198, 232, 248, 280, 300, 305, 316, 325, 326, 331, 337

**Sustentabilidade na Produção Animal:** 188

## T

**Terminação:** 34, 38, 39, 41, 74, 120, 127, 130, 132, 133, 153, 217, 223, 225, 226, 227, 228, 290, 301, 322

**Total Mixed Ration:** 98, 99, 112, 113, 114, 191, 194, 200, 202

**Trigo:** 35, 46, 116, 117, 119, 122, 123, 124, 125, 128, 130, 131, 132, 159, 195, 196, 205, 289, 292, 331, 335

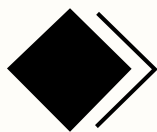
## U

**Unidade Haugh:** 276, 279, 281, 282, 283, 284

## W

**WDG:** 288, 289, 291, 292, 294, 299





científica digital



**VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS**

