



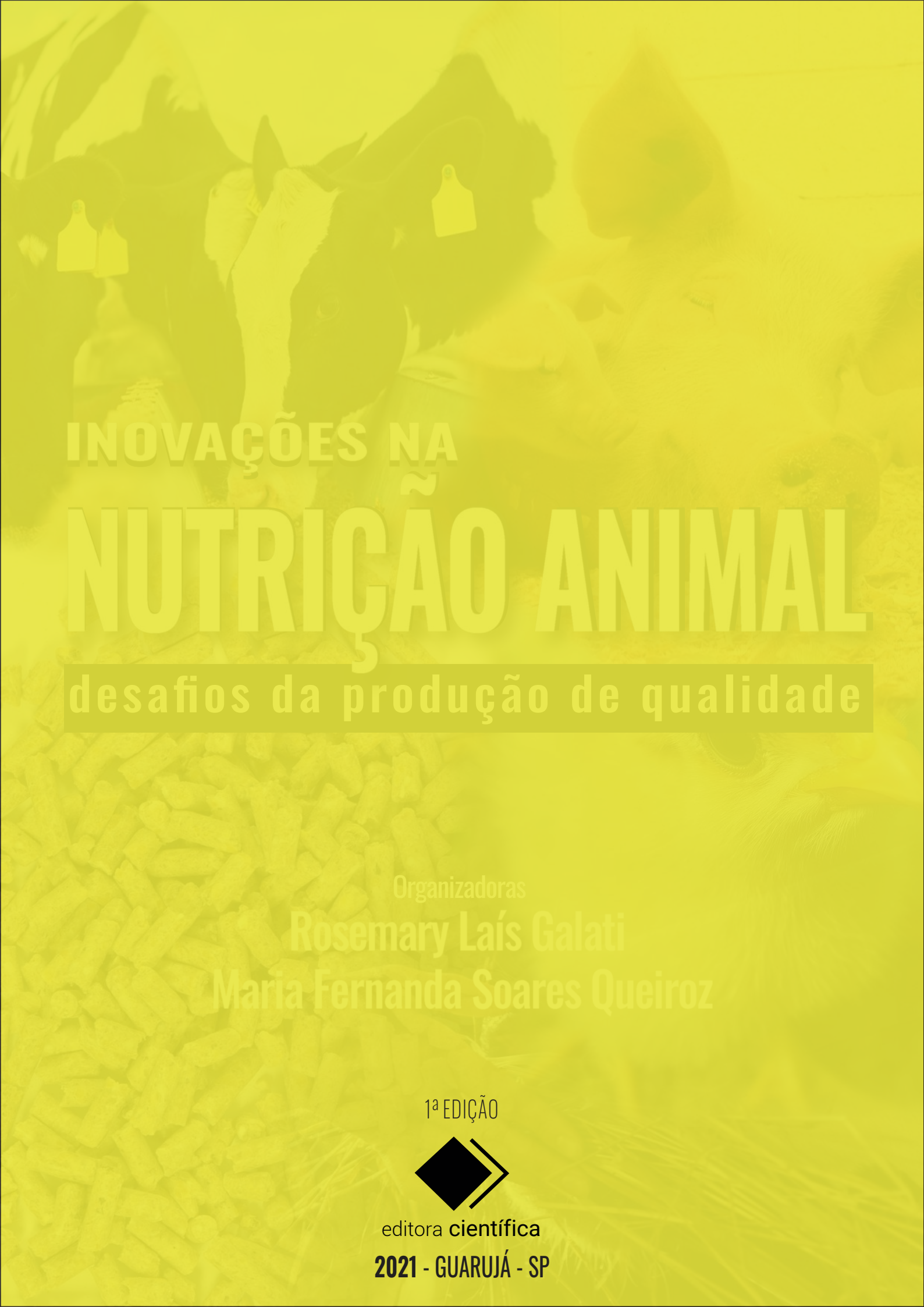
# INOVAÇÕES NA NUTRIÇÃO ANIMAL

desafios da produção de qualidade

Organizadoras  
**Rosemary Laís Galati**  
**Maria Fernanda Soares Queiroz**



editora científica



# INOVAÇÕES NA NUTRIÇÃO ANIMAL

desafios da produção de qualidade

Organizadoras  
**Rosemary Laís Galati**  
**Maria Fernanda Soares Queiroz**

1ª EDIÇÃO



editora científica

**2021 - GUARUJÁ - SP**

**Copyright© 2021 por Editora Científica Digital**

Copyright da Edição © 2021 Editora Científica Digital

Copyright do Texto © 2021 Os Autores

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

I58 Inovações na nutrição animal [livro eletrônico] : desafios da produção de qualidade / Organizadoras Rosemary Laís Galati, Maria Fernanda Soares Queiroz. – Guarujá, SP: Científica Digital, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-89826-25-5

DOI 10.37885/978-65-89826-25-5

1. Nutrição animal. 2. Alimentação – Animais. I. Galati, Rosemary Laís. II. Queiroz, Maria Fernanda Soares.

CDD 636.0852

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

### **Parecer e Revisão Por Pares**

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Editora Científica Digital, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

O conteúdo dos capítulos e seus dados e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitido o download e compartilhamento desta obra desde que no formato Acesso Livre (Open Access) com os créditos atribuídos aos respectivos autores, mas sem a possibilidade de alteração de nenhuma forma ou utilização para fins comerciais.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).



editora científica

**EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA**

Guarujá - São Paulo - Brasil

[www.editoracientifica.org](http://www.editoracientifica.org) - [contato@editoracientifica.org](mailto:contato@editoracientifica.org)

# CORPO EDITORIAL

## Direção Editorial

---

Reinaldo Cardoso

João Batista Quintela

## Editor Científico

---

Prof. Dr. Robson José de Oliveira

## Assistentes Editoriais

---

Elielson Ramos Jr.

Erick Braga Freire

Bianca Moreira

Sandra Cardoso

## Bibliotecário

---

Maurício Amormino Júnior - CRB6/2422

## Jurídico

---

Dr. Alandelon Cardoso Lima - OAB/SP-307852



editora científica

# CONSELHO EDITORIAL

MESTRES, MESTRAS, DOUTORES E DOUTORAS

Robson José de Oliveira

Universidade Federal do Piauí, Brasil

Eloisa Rosotti Navarro

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Rogério de Melo Grillo

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Carlos Alberto Martins Cordeiro

Universidade Federal do Pará, Brasil

Ernane Rosa Martins

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil

Rossano Sartori Dal Molin

FSG Centro Universitário, Brasil

Edilson Coelho Sampaio

Universidade da Amazônia, Brasil

Domingos Bombo Damião

Universidade Agostinho Neto, Angola

Elson Ferreira Costa

Universidade do Estado do Pará, Brasil

Carlos Alexandre Oelke

Universidade Federal do Pampa, Brasil

Patrício Francisco da Silva

Universidade CEDIMA, Brasil

Reinaldo Eduardo da Silva Sales

Instituto Federal do Pará, Brasil

Dalízia Amaral Cruz

Universidade Federal do Pará, Brasil

Susana Jorge Ferreira

Universidade de Évora, Portugal

Fabrcio Gomes Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Erival Gonçalves Prata

Universidade Federal do Pará, Brasil

Gevair Campos

Faculdade CNEC Unaí, Brasil

Flávio Aparecido De Almeida

Faculdade Unida de Vitória, Brasil

Mauro Vinicius Dutra Girão

Centro Universitário Inta, Brasil

Clóvis Luciano Giacomet

Universidade Federal do Amapá, Brasil

Giovanna Moraes

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

André Cutrim Carvalho

Universidade Federal do Pará, Brasil

Silvani Verruck

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Auristela Correa Castro

Universidade Federal do Pará, Brasil

Oswaldo Contador Junior

Faculdade de Tecnologia de Jahu, Brasil

Claudia Maria Rinhel-Silva

Universidade Paulista, Brasil

Dennis Soares Leite

Universidade de São Paulo, Brasil

Silvana Lima Vieira

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Cristina Berger Fadel

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Graciete Barros Silva

Universidade Estadual de Roraima, Brasil

**Juliana Campos Pinheiro**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

**Cristiano Marins**

Universidade Federal Fluminense, Brasil

**Silvio Almeida Junior**

Universidade de Franca, Brasil

**Raimundo Nonato Ferreira Do Nascimento**

Universidade Federal do Piauí, Brasil

**Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva**

Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, Brasil

**Carlos Roberto de Lima**

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

**Iramirton Figuerêdo Moreira**

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

**Daniel Luciano Gevehr**

Faculdades Integradas de Taquara, Brasil

**Maria Cristina Zago**

Centro Universitário UNIFAAT, Brasil

**Wescley Viana Evangelista**

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

**Samylla Maira Costa Siqueira**

Universidade Federal da Bahia, Brasil

**Gloria Maria de Franca**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

**Antônio Marcos Mota Miranda**

Instituto Evandro Chagas, Brasil

**Carla da Silva Sousa**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

**Dennys Ramon de Melo Fernandes Almeida**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

**Francisco de Sousa Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

**Reginaldo da Silva Sales**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

**Mário Celso Neves De Andrade**

Universidade de São Paulo, Brasil

**Maria do Carmo de Sousa**

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

**Mauro Luiz Costa Campello**

Universidade Paulista, Brasil

**Sayonara Cotrim Sabioni**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

**Ricardo Pereira Sepini**

Universidade Federal de São João Del-Rei, Brasil

**Flávio Campos de Moraes**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

**Sonia Aparecida Cabral**

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Brasil

**Jonatas Brito de Alencar Neto**

Universidade Federal do Ceará, Brasil

**Moisés de Souza Mendonça**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

**Pedro Afonso Cortez**

Universidade Metodista de São Paulo, Brasil

**Iara Margolis Ribeiro**

Universidade do Minho, Brasil

**Juliano Pizzano Ayoub**

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

**Cynthia Mafra Fonseca de Lima**

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

**Marcos Reis Gonçalves**

Centro Universitário Tiradentes, Brasil

**Vitor Afonso Hoeflich**

Universidade Federal do Paraná, Brasil

**Bianca Anacleto Araújo de Sousa**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

**Bianca Cerqueira Martins**

Universidade Federal do Acre, Brasil



Daniela Remião de Macedo

Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, Portugal

Dioniso de Souza Sampaio

Universidade Federal do Pará, Brasil

Rosemary Laís Galati

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Maria Fernanda Soares Queiroz

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Letícia Cunha da Hungria

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

Leonardo Augusto Couto Finelli

Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil

Thais Ranielle Souza de Oliveira

Centro Universitário Euroamericano, Brasil

Alessandra de Souza Martins

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Claudiomir da Silva Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Fabício dos Santos Ritá

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Danielly de Sousa Nóbrega

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil

Livia Fernandes dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil

Liege Coutinho Goulart Dornellas

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

Ticiano Azevedo Bastos

Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Walmir Fernandes Pereira

Miami University of Science and Technology, Estados Unidos da América

Jónata Ferreira De Moura

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Camila de Moura Vogt

Universidade Federal do Pará, Brasil

José Martins Juliano Eustaquio

Universidade de Uberaba, Brasil

Adriana Leite de Andrade

Universidade Católica de Petrópolis, Brasil

Francisco Carlos Alberto Fonteles Holanda

Universidade Federal do Pará, Brasil

Bruna Almeida da Silva

Universidade do Estado do Pará, Brasil

Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco

Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Brasil

Ronei Aparecido Barbosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Julio Onésio Ferreira Melo

Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil

Juliano José Corbi

Universidade de São Paulo, Brasil

Thadeu Borges Souza Santos

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho

Universidade Federal do Cariri, Brasil

Francine Náthalie Ferraresi Rodrigues Queluz

Universidade São Francisco, Brasil

Maria Luzete Costa Cavalcante

Universidade Federal do Ceará, Brasil

Luciane Martins de Oliveira Matos

Faculdade do Ensino Superior de Linhares, Brasil

Rosenery Pimentel Nascimento

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Irlane Maia de Oliveira

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Lívia Silveira Duarte Aquino

Universidade Federal do Cariri, Brasil

Xaene Maria Fernandes Mendonça

Universidade Federal do Pará, Brasil

Thaís de Oliveira Carvalho Granado Santos

Universidade Federal do Pará, Brasil

Fábio Ferreira de Carvalho Junior

Fundação Getúlio Vargas, Brasil

Anderson Nunes Lopes

Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Carlos Alberto da Silva

Universidade Federal do Ceará, Brasil

Keila de Souza Silva

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

Francisco das Chagas Alves do Nascimento

Universidade Federal do Pará, Brasil

Réia Sílvia Lemos da Costa e Silva Gomes

Universidade Federal do Pará, Brasil

Arinaldo Pereira Silva

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

Laís Conceição Tavares

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Ana Maria Aguiar Frias

Universidade de Évora, Brasil

Willian Douglas Guilherme

Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Evaldo Martins da Silva

Universidade Federal do Pará, Brasil

Biano Alves de Melo Neto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

António Bernardo Mendes de Seica da Providência Santarém

Universidade do Minho, Portugal

Valdemir Pereira de Sousa

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Sheylla Susan Moreira da Silva de Almeida

Universidade Federal do Amapá, Brasil

Miriam Aparecida Rosa

Instituto Federal do Sul de Minas, Brasil

Rayme Tiago Rodrigues Costa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Priscyla Lima de Andrade

Centro Universitário UniFBV, Brasil

Andre Muniz Afonso

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

Gabriel Jesus Alves de Melo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil



# APRESENTAÇÃO

Esta obra constituiu-se a partir de um processo colaborativo entre docentes, estudantes e pesquisadores que se destacaram e qualificaram as discussões neste espaço formativo. Resulta, também, de movimentos interinstitucionais e de ações de incentivo à pesquisa que congregam pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento e de diferentes Instituições de Educação Superior públicas e privadas de abrangência nacional e internacional. O livro aborda alguns temas que desafiam os profissionais na busca por melhorias na produtividade, redução de custos e obtenção de proteína animal de qualidade. Adotar processos que melhorem o valor nutritivo dos alimentos, assim como compreender o crescimento vegetativo das plantas, as restrições e potencialidades do uso de alimentos que contém fatores antinutricionais, ou ainda olhar para a fisiologia de formação de músculos e ovos, são apenas alguns dos exemplos deste processo continuado de conhecimento e avanços necessários à nutrição animal. Bastante desafiador é compreender que o sucesso da produção de qualidade inicia antes do nascimento do animal e até a obtenção do produto, depende de diversos outros aspectos que envolvem estratégias de consumo, uso de aditivos, alimentos, e até modelos matemáticos que possam explicar ou prever parte desta complexa ciência chamada nutrição. Mais desafiador ainda é enxergar que esta obra traz reflexões e oportunidades que vão além de suas páginas. Agradecemos aos autores pelo empenho, disponibilidade e dedicação para o desenvolvimento e conclusão dessa obra. Esperamos também que esta obra sirva de instrumento didático-pedagógico para estudantes, professores dos diversos níveis de ensino em seus trabalhos e demais interessados pela temática.

Rosemary Laís Galati

Maria Fernanda Soares Queiroz

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO 01

### ABSORVENTES DE MICOTOXINAS EM DIETAS DE GADO LEITEIRO

João Rafael de Assis; Geferson Antonio Fernandes; Alvaro Carlos **Galdos**-Riveros; Dener Nunes; Vitor Hugo Tadano da Conceição Padilha; Lucas Maciel Gomes Olini; Milene Rodrigues Dias; Cláudio Jonasson Mousquer

DOI: 10.37885/210303563 ..... 13

## CAPÍTULO 02

### AGREGAÇÃO DE VALOR À NUTRIÇÃO A PARTIR DO USO DE FARINHA DE INSETOS: AVES E SUÍNOS

Vânia Maria Arantes; Regis Kamimura; Cristiane Ferreira Prazeres Marchini

DOI: 10.37885/210404410 ..... 26

## CAPÍTULO 03

### AMONIZAÇÃO DE RESTOLHO DE MILHO COM DIFERENTES NÍVEIS DE UREIA

Aksandra Brás Nunes de Carvalho; Antonia Leidiana Moreira; Diego Helcias Cavalcante; Warlington Aquilis Araújo Coelho; Edilberto Oliveira de Carvalho; Anarlete Ursulino Alves; Hidaliana Paumerik Aguiar Bastos; Miguel Arcanjo Moreira Filho; Tânia Martins de Sousa; Marlei Rosa dos Santos

DOI: 10.37885/210303579 ..... 49

## CAPÍTULO 04

### DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE PALMA FORRAGEIRA (*NOPALEA COCHENILLIFERA* SALM DICK) NO SERTÃO DE ALAGOAS

Wesley Reniberg Timoteo Silva; Ariane Loudemila Silva de Albuquerque; Francisca Márcia França Soares; Cristina França Soares; Maria do Carmo Carneiro; Rinaldo José de Souto Maior Júnior

DOI: 10.37885/210202970 ..... 58

## CAPÍTULO 05

### DIETAS ELABORADAS COM DIFERENTES FONTES DE CARBOIDRATOS PARA O CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA

Rafael Queiroz dos Anjos; Tamiris Natalice Santos Silva; Mariana Cutolo de Araujo

DOI: 10.37885/210504494 ..... 72

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO 06

### EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO CONCENTRADA NO CONSUMO DE FORRAGEM E CAPACIDADE DE SUPORTE DAS PASTAGENS NA PRODUÇÃO BOVINOS DE CORTE EM PASTEJO

Geferson Antonio Fernandes; João Rafael de Assis; Cláudio Jonasson Mousquer; Dener Nunes; Vitor Hugo Tadano da Conceição Padilha; Lucas Maciel Gomes Olini; Milene Rodrigues Dias; Alvaro Carlos **Galdos**-Riveros

DOI: 10.37885/210303564 ..... 81

## CAPÍTULO 07

### EFEITOS DO GOSSIPOL EM DIFERENTES NÍVEIS NA DIETA DE NOVILHAS NELORE

Ranulfo Piau Júnior; Edson de Azevedo Ribeiro; Ana Maria Quessada; Ederson de Azevedo Ribeiro; André Felipe Berto de Almada

DOI: 10.37885/210203165 ..... 97

## CAPÍTULO 08

### FISIOLOGIA DA FORMAÇÃO DO OVO: UM REFERENCIAL TEÓRICO

Erika Martins de Figueiredo; Gerusa da Silva Salles Corrêa; Luiz Fernando Teixeira Albino; Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele; Juarez Lopes Donzele; Rogério Pinto; Marcelo Dias da Silva; André Brito Corrêa; João Marcos Novais Tavares

DOI: 10.37885/210504516 ..... 109

## CAPÍTULO 09

### NUTRIÇÃO MATERNA E O CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO FETAL

Vivian Aparecida Rios de Castilho; Alexandre Rodrigo Mendes Fernandes

DOI: 10.37885/210504536 ..... 127

## CAPÍTULO 10

### REGULAÇÃO DO CONSUMO EM ANIMAIS: UM REFERENCIAL TEÓRICO

Erika Martins de Figueiredo; Gerusa da Silva Salles Corrêa; Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele; Juarez Lopes Donzele; André Brito Corrêa; João Garcia Caramori Júnior; Guilherme Resende de Almeida

DOI: 10.37885/210504515 ..... 148

## CAPÍTULO 11

### MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS À CINÉTICA DE DIGESTÃO RUMINAL E PRODUÇÃO DE GÁS *IN VITRO*

João Rafael de Assis; Geferson Antonio Fernandes; Cláudio Jonasson Mousquer; Dener Nunes; Milene Rodrigues Dias; Vitor Hugo Tadano da Conceição Padilha; Lucas Maciel Gomes Olini; Carlos Guilherme Balkau

DOI: 10.37885/210404121 ..... 164

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO 12

### ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ADITIVO EM DIETA PARA TILÁPIA DO NILO CRIADAS EM ÁGUA SALINIZADA

Guilherme Melgaço Heluy; Leonardo Rocha Vidal Ramos; Virgínia Fonseca Pedrosa; Marcelo Maia Pereira

DOI: 10.37885/210203157 ..... 180

SOBRE AS ORGANIZADORAS ..... 198

ÍNDICE REMISSIVO ..... 199

---

# Absorventes de micotoxinas em dietas de gado leiteiro

| João Rafael de **Assis**  
UNIFASIPE

| Geferson Antonio **Fernandes**  
NEPI/UFMT

| Alvaro Carlos **Galdos-Riveros**  
UNIFASIPE

| Dener **Nunes**  
UFMT

| Vitor Hugo Tadano da Conceição **Padilha**

| Lucas Maciel Gomes **Olini**

| Milene Rodrigues **Dias**  
UFMT

| Cláudio Jonasson **Mousquer**

# RESUMO

A ingestão de micotoxinas por animais provoca prejuízos ao sistema de produção e ainda podem ser transferidas para os produtos animal, inclusive o leite. Devido seu potencial carcinogênico e genotóxico a ingestão de micotoxinas, principalmente as aflatoxinas, apresenta relevância para a saúde humana. O uso de agentes absorventes de micotoxinas tem ganhado atenção na nutrição de gado leiteiro. Portanto, objetivou realizar uma revisão de literatura sobre o uso de absorventes de micotoxinas na dieta de gado leiteiro. Agentes absorventes de micotoxinas podem ser de origem orgânica ou inorgânica, sendo os inorgânicos mais estudados. Agentes inorgânicos e orgânicos tem se mostrado eficazes em reduzir a transferência de aflatoxina M1 para o leite. No entanto a inclusão de agentes mistos (orgânicos e inorgânicos) se mostra promissor como potencial absorvente de micotoxinas. De forma geral, os absorventes orgânicos, inorgânicos e mistos apresentaram resultados positivos na melhora do status antioxidante e inflamatório no fígado.

**Palavras-chave:** Toxina, Alimento do Gado, Absorbente de Micotoxina.



## ■ INTRODUÇÃO

As micotoxinas são um grupo de compostos tóxicos produzidos por fungos filamentosos nas forragens em crescimento ou em rações armazenadas. Estas quando ingeridas podem reduzir o consumo de alimento, a saúde e o desempenho produtivo e reprodutivo de animais domésticos e humanos (OGUNADE et al., 2016; ASSIS et al., 2019).

Dentre as micotoxinas a aflatoxina B1 (AFB1) é a mais problemática em vacas leiteiras, pois seu metabólito, aflatoxina M1 (AFM1) pode ser transferido para o leite (DIAZ et al., 2004). Assim, podendo impactar na saúde dos consumidores de leite e seus derivados.

Muitas abordagens têm sido empregadas para reduzir o risco de ingestão de aflatoxina pelo gado e as aflatoxicoses resultantes. A ozonização e a amonização podem minimizar a produção e os efeitos das toxinas no milho e no farelo de semente de algodão (CAST, 2003). Porém essas abordagens são caras e demoradas (KUTZ et al., 2009), portanto não são normalmente utilizadas em fazendas de leite. Recentemente uma nova abordagem em investigação é o uso de absorventes de micotoxinas. No qual consiste em compostos de grande peso molecular capaz de reduzir a biodisponibilidade da micotoxina no trato gastrointestinal.

Portanto, objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre os efeitos do uso de agentes absorventes de micotoxinas em dietas de gado leiteiro.

## ■ DESENVOLVIMENTO

### Micotoxinas na produção de gado leiteiro

Micotoxinas são metabólitos secundários de baixo peso molecular produzido por fungos filamentosos que promove efeitos adversos em humanos e animais. Os grupos mais relevantes de micotoxinas encontrados na alimentação animal são produzidos por três gêneros de fungos: *Aspergillus* (aflatoxinas (AFs) e ocratoxina A (OTA)), *Penicillium* (OTA) e espécies de *Fusarium* (tricotecenos, fumonisinas (FBs) e zearalenona (ZEN)) (Tabela 1) (ASSIS et al., 2019).

**Tabela 1.** Principais micotoxinas encontradas em alimento de animais de produção.

| Fungo                                                                                                            | Micotoxina                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i>                                                       | Aflatoxinas:<br>AFB1, AFB2, AFG1, AFG2                                  |
| <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Penicillium viridicatum</i>                    | Ocratoxina A                                                            |
| <i>Fusarium graminearum</i>                                                                                      | Zearalenona                                                             |
| <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Fusarium proliferatum</i>                                                   | Fumonisinas: FB1, FB2                                                   |
| <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>Fusarium poae</i> , <i>Fusarium equiseti</i> | Tricotecenos:<br>DON, 3- ou 15-Ac-DON, NIV (tipo B), T-2, HT-2 (tipo A) |

3-Ac-DON = 3-acetildeoxinivalenol; 15-Ac-DON = 15-acetildeoxinivalenol; AF = aflatoxinas; AFB1 = aflatoxina B1; AFB2 = aflatoxina B2; AFG1 = aflatoxina G1; AFG2 = aflatoxina G2; DON = desoxinivalenol; FB1 = fumonisina B; FB2 = fumonisina B2; HT-2 = toxina HT-2; NIV = nivalenol; OTA = ocratoxina A; T-2 = toxina T-2; ZEN = zearalenona





Os fungos micotoxinogênicos podem se desenvolver em plantas no campo ou durante o período de armazenamento (YIANNIKOURIS; JOUANY, 2002). Além disso, práticas de colheita inadequadas, secagem, manuseio, embalagem e condições de transporte inadequadas contribuem para aumentar o risco da produção de micotoxinas (BHAT et al., 2010).

Recentemente Assis et al. (2019), realizaram uma extensa revisão da ação das principais micotoxinas no metabolismo e desempenho de ruminantes. Destacando que os principais malefícios encontrados foram alterações no estado metabólico de enzimas hepatoprotetoras, imunossupressão, redução da digestibilidade da matéria seca, da produção de AGV's, da síntese de proteína microbiana e ainda distúrbios patológicos como lesão hepática e neurológica. No desempenho produtivo ocorre redução da ingestão de alimento, do ganho de peso, da conversão alimentar, da produção de leite, perda de peso corporal e em quadros severos de intoxicação, pode evoluir até a morte do animal. Em relação ao desempenho reprodutivo, as micotoxinas podem promover atraso na reprodução, ciclos ovarianos não sincronizados, redução da taxa de concepção, menores porcentagens de parto, aborto e infertilidade.

Muitas doenças em humanos têm sido relacionadas à ingestão de micotoxinas, principalmente pelo consumo crônico. Os principais efeitos tóxicos são: carcinogenicidade, genotoxicidade, hepatotoxicidade, nefrotoxicidade, estrogenicidade, distúrbios reprodutivos, imunossupressão e irritação dérmica (ANFOSSI et al., 2010).

A micotoxina com maior potencial carcinogênico é a aflatoxina B1 (AFB1). E até 6% da AFB1 da dieta pode ser transferida para o leite como hidróxi-AFB1 e aflatoxina M1 (GALVANO et al., 1996; EFSA, 2004; UPADHAYA et al., 2010). Assim, a aflatoxina M1 (AFM1) representa um risco de segurança no leite e nos produtos lácteos (IARC, 2002; LIU; WU, 2010). A quantidade máxima de AFM1 no leite permitida pela *Food and Drug Administration* (FDA, 2000) dos Estados Unidos é de 0,5 µg/kg de leite e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA, 2001) é 0,5 µg/L de leite. Enquanto a concentração máxima de AFM1 no leite permitida pela Comissão Europeia é 0,05 µg/kg (EFSA, 2004).

Neste contexto, surge a necessidade da adição de substâncias que promovam inibição e / ou inativação de micotoxinas contidas nas dietas dos animais. Desta forma, o uso de aditivos absorventes de micotoxinas parece uma alternativa para contornar os problemas decorrentes a contaminação de micotoxinas nos alimentos de animais de produção.

## **Principais absorventes de micotoxinas**

Agentes absorventes de micotoxinas são compostos de grande peso molecular que se ligam as micotoxinas presentes nos alimentos contaminados, limitando sua biodisponibilidade após a ingestão. As micotoxinas podem se ligar a agentes absorventes por diferentes tipos de interações: ligações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio, atração eletrostática ou ligações de repulsão e coordenação (DI GREGORIO et al., 2014).





É importante que o complexo micotoxina e agente absorvente (micotoxina + absorvente) sejam estáveis ao longo de todo trato digestivo. Assim, sua estabilidade em pH variável e as propriedades físico-químicas das toxinas é um dos parâmetros cruciais a serem avaliados para evitar a dessorção da toxina no trato gástrico (AVANTAGGIATO et al., 2005; HUWIG et al., 2001; KABAK et al., 2006). De forma geral, os agentes absorventes mais utilizados na nutrição animal podem ser divididos em dois grupos: compostos inorgânicos e orgânicos.

## **Absorventes inorgânicos**

### **Aluminossilicatos**

Os aluminossilicatos constituem o grupo mais abundante de minerais formadores de rochas. A unidade estrutural básica dos minerais argilosos de silicato consiste na combinação de folhas de sílica tetraédrica e octaédrica de alumínio, ambos com grupos oxigênio e hidroxila (DI GREGORIO et al., 2014).

Dentro deste grupo, existem duas subclasses principais: filossilicatos e tectosilicatos. Os filossilicatos incluem bentonitas, montmorilonitas, esmectitas, caulinitas e ilitas. Eles podem absorver substâncias em sua superfície ou dentro de seu espaço interlaminar. Os tectosilicatos incluem zeólitos, onde fornecem uma superfície de ligação grande e específica, mas também seletividade de tamanho, forma e carga, devido à qual foram comparados a peneiras moleculares (HUWIG et al., 2001).

### **Aluminossilicato de cálcio e sódio hidratado (ACSH)**

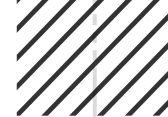
O ACSH demonstrou atuar como um enterossorvente que se liga forte e seletivamente as aflatoxinas no trato gastrointestinal dos animais, diminuindo sua biodisponibilidade e toxicidade (HARPER et al., 2010; NEEFF et al., 2013; PHILLIPS et al., 2008).

Evidências sugerem que as aflatoxinas podem reagir em vários locais nas partículas de ACSH, especialmente na região intercalar, mas também nas bordas e superfícies basais (KOLOSOVA e STROKA, 2011). Outros mecanismos de sorção de AFB1 pelas superfícies de ACSH podem envolver a quelação ou interação de AFB1 com cátions intercalares (especialmente Ca) ou vários metais no local da borda (DI GREGORIO et al., 2014).

### **Bentonitos (montmorilonitos)**

Bentonitos são argilas de filossilicato com uma microestrutura cristalina em camadas de composição variável. São frequentemente chamados de esmectitas porque é a argila o mineral dominante. A eficácia da absorção da bentonita depende do teor de montmorilonita e dos cátions intercambiáveis (KOLOSOVA e STROKA, 2011).





A montmorilonita é composta por camadas de alumínio octaédrico e silício tetraédrico coordenadas com átomos de oxigênio. A grande área superficial e a alta capacidade de troca catiônica do grupo esmectita os tornam capazes de adsorver substâncias orgânicas pela penetração de cátions e moléculas polares. As bentonitas demonstraram uma grande eficácia na absorção de micotoxinas, especificamente aflatoxinas (Kong et al., 2014; Magnoli et al., 2011) e outras micotoxinas (ZEN, OTA e FBs) em vários estudos *in vitro* e *in vivo* (AVANTAGGIATO et al., 2005; MIAZZO et al., 2005; RAMOS et al., 1996a, b; WANG et al., 2012).

## **Zeólitos**

O tectossilicatos zeólito consiste em um conjunto de tetraedros de  $\text{SiO}_4$  e  $\text{AlO}_4$  unidos em vários arranjos regulares através de átomos de oxigênio compartilhados para formar uma estrutura tridimensional semelhante a uma gaiola. A substituição parcial de  $\text{Si}^{4+}$  por  $\text{Al}^{3+}$  resulta em um excesso de carga negativa que é compensada por cátions alcalinos e alcalino-terrosos, como íons de sódio, cálcio e potássio (DAKOVIC et al., 2003; HUWIG et al., 2001).

Alguns estudos mostraram que o zeólito-clinoptilolito natural tem a capacidade de adsorver aflatoxinas e outras micotoxinas, como fumonisinas (DAKOVIC et al., 2010). No entanto, os zeólitos modificados são mais eficazes do que os naturais em relação à absorção dos fumonisinas (BAGLIERI et al., 2013).

## **Adsorventes orgânicos**

### **Parede celular de levedura (PCL)**

PCL consiste principalmente em proteínas, lipídios e polissacarídeos, como glucanos e mananos sendo os dois principais constituintes da última fração. A PCL exibe uma grande variedade de loci de absorção de micotoxinas, bem como diferentes mecanismos de ligação como ligações de hidrogênio, interações iônicas ou hidrofóbicas (RINGOT et al., 2007).

Estudos sugerem que a PCL tem mais amplo espectro de sorção de micotoxinas, como ZEN, OTA e FBs (FRUHAUF et al., 2012; PFOHL-LESZKOWICZ, et al., 2015; SHETTY e JESPERSEN, 2006), incluindo DON, sendo a fração  $\beta$ -glucano de PCL se correlacionou diretamente com o processo de ligação (FAUCET-MARQUIS et al., 2014). Ainda os mananos de *Saccharomyce cerevisiae* demonstraram ser eficazes na ligação de DON em diferentes valores de pH (CAVRET et al., 2010).

### **Carvão ativado (AC)**

O AC é um pó insolúvel produzido pela pirólise de diversos compostos orgânicos, seguida de sua ativação química ou física com o objetivo de desenvolver uma estrutura altamente porosa. Dados *in vitro* sugerem potencial afinidade por diversas micotoxinas, no





entanto, a eficácia *in vitro* de AC em relação a algumas micotoxinas não foi confirmada *in vivo* (AVANTAGGIATO et al., 2005).

Geralmente, as propriedades de adsorção de AC dependem dos materiais de origem, área de superfície e distribuição do tamanho dos poros (KOLOSOVA e STROKA, 2011). No entanto, o AC é inespecífico, portanto, os nutrientes essenciais para o desenvolvimento dos animais como vitaminas e minerais (VEKIRU et al., 2007) também são adsorvidos.

## Absorventes de micotoxinas utilizados em gado leiteiro

De forma sistemática, no tabela 2, segue uma compilação de dados experimentais sobre os efeitos do uso de agentes absorventes de micotoxinas em dietas para gado leiteiro.

**Tabela 2.** Uso de absorventes de micotoxinas em dietas de gado leiteiro.

| Micotoxina | Absorvente                                                                             | Animal            | Tratamentos                                                                                                                                                  | Resultados                                                                                                                                                                                                         | Referências             |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| AFB1       | SolisMos                                                                               | Vacas em lactação | Toxina (20 ou 40 µg de AFB1 / kg MS)<br>Ex2: 0,25% de AA + 20 µg de AFB1 / kg MS<br>Ex3: 0,25% de AA + 40 µg de AFB1 / kg MS                                 | Ambos ↑ status antioxidantes no fígado (superóxido dismutase)<br>Ex2 ↓ AFM1 no leite e ↑ produção de AGV.                                                                                                          | Xiong et al. (2015)     |
| AFB1       | Argila bentonítica (AB); Produto de fermentação <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (PFS). | Vacas em lactação | Toxina (1.725 mg de AFB1 / animal dia)<br>T1 = Toxina + 200 g de AB / animal dia<br>T2 = Toxina + 35 g de mix (AB + PFS) / animal dia                        | T1 e T2 ↓ concentração de AFM1 no leite. T2 preveniu a ↓ da produção de leite e T1 evitou ↑ de TGO.                                                                                                                | Jiang et al. (2018)     |
| AFB1       | PCSC; LS; LA; LIC                                                                      | Vacas em lactação | Toxina (480 µg de AFB1 / animal dia)<br>20 g / dia de PCSC<br>20 g / dia de LS<br>20 g / dia de LA<br>20 g / dia de LIC                                      | ↓ 78%, 89%, 45% e 50% da AFM1 do leite para PCSC, LA, LS e LIC, respectivamente.                                                                                                                                   | Gonçalves et al. 2017   |
| AFB1       | Solis NovasilPlus MTB-100                                                              | Vacas em lactação | Toxina (112 µg de AFB1 / kg MS)<br>Toxina + 0,56% Solis na dieta<br>Toxina + 0,56% de NovasilPlus na MS da dieta<br>Toxina + 0,56% de MTB-100 na MS da dieta | Solis e NovasilPlus ↓ a concentração de AFM1 no leite.                                                                                                                                                             | Kutz et al. 2009        |
| AFB1       | NovasilPlus                                                                            | Vacas em lactação | Toxina (100 µg de AFB1 / kg MS)<br>Toxina + 0,5% de NovasilPlus na MS da dieta<br>Toxina + 1% de NovasilPlus na MS da dieta                                  | NovasilPlus ↓ a concentração de AFB1 no leite, melhores valores na dose de 1% MS dia.                                                                                                                              | Maki et al. 2016a       |
| AFB1       | PFSB; PFSA; PFSBAB.                                                                    | Vacas leiteiras   | Toxina (1.725 µg de AFB1 / animal dia)<br>20 g de PFSB / animal dia<br>20 g de PFSA / animal dia<br>20 g de PFSBAB / animal dia                              | Os absorventes ↓ o tempo necessário para ↓ a concentração de AFM1 no leite após a retirada de AFM1 a dieta. Apenas PFSB evitou os efeitos adversos de AFM1 no leite e na produção de leite corrigido para gordura. | Ogunade et al. 2016     |
| AFB1       | Argila calibrina A (ACA; montmorilonita)                                               | Vacas leiteiras   | Toxina (75 µg de AFB1 / kg de dieta)<br>Toxina + 0,2% de ACA na MS da dieta<br>Toxina + 1% de ACA na MS da dieta                                             | Não houve efeito do absorvente                                                                                                                                                                                     | Queiroz et al. 2012     |
| AFB1       | Argila (vermiculita, não tronita e montmorilonita).                                    | Vacas leiteiras   | Toxina (100 µg de AFB1 / kg de MS)<br>Toxina + 0,5 % de argila na MS<br>Toxina + 1 % de argila na MS<br>Toxina + 2 % de argila na MS                         | A suplementação ruminal de argila reduziu a transferência de AFM1 do rúmen para leite e fezes.                                                                                                                     | Sulzberger, et al. 2017 |
| AFB1       | Biorigin (levedura e bentonita)                                                        | Vacas leiteiras   | Toxina (100 µg de AFB1/kg MS)<br>Toxina + 30 g de Biorigin / animal dia<br>Toxina + 60 g de Biorigin / animal dia                                            | Os aditivos podem ser benéficos na redução da inflamação durante o desafio de AFB1.                                                                                                                                | Weatherly et al. 2018   |

↑ = aumentou; ↓ = reduziu; AFB1 = aflatoxina B1; AFM1 = aflatoxina M1; LA = levedura altolizada; LS = fermento seco; LPD = levedura parcialmente desidratada; MS = Matéria seca; MTB-100 = glucomanana da parede celular derivada de levedura; NovasilPlus = argila montmorilonita de cálcio; PCSC = parede celular de levedura; PFSA = produto de fermentação de *S. cerevisiae* contendo alta dose; PFSB = produto de fermentação de *S. cerevisiae* contendo baixa dose; PFSBAB = produto de fermentação de *S. cerevisiae* contendo baixa dose combinado com argila bentonita de sódio; Solis = mistura de argilas minerais de aluminossilicato; TGO = transaminase glutâmico oxalacética.



Continuação da Tabela 2...

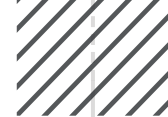
| Micotoxina | Absorvente                                            | Animal               | Tratamentos                                                                                                                                                                                                                      | Resultados                                                                                                                    | Referências           |
|------------|-------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| AFB1       | PCLA<br>MTB-04<br>MTB-06<br>MTB-04-06<br>Astra-Ben 20 | Vacas<br>leiteiras   | Toxina (94 ppb / MS)<br>Toxina + 100 g de PCLA / vaca dia<br>Toxina + 10 g de MTB-04 / animal dia<br>Toxina + 10 g de MTB-06 / animal dia<br>Toxina + 10 g de MTB-04-06 / animal dia<br>Toxina + 227 g Astra-Ben 20 / animal dia | Apenas Astra-Ben 20 ↓ as concentrações de AFM1 no leite.                                                                      | Kissell, et al. 2012  |
| AFB1       | Bentonite sódica;<br>Carvão ativado                   | Cabras<br>leiteiras  | Toxina (100 ppb de AFB1 / dia)<br>Toxina + 1% de bentonita sódica do CMS<br>Toxina + 1% de carvão ativado do CMS                                                                                                                 | Ambos ↓ a concentração de AFM1 no leite.                                                                                      | Rao e Chopra, 2001    |
| AFB1       | NovasilPlus                                           | Vacas<br>leiteiras   | Toxina (121 ppb de AFB1 / animal dia)<br>Toxina + 6 g de NovasilPlus / animal dia<br>Toxina + 12,1 g de NovasilPlus / animal dia                                                                                                 | A dose de 6 g ↓ 55% da AFM1, enquanto 12,1 g ↓ 68% da AFM1 no leite.                                                          | Maki et al. 2016b     |
| AFB1       | Toxy-Nil ou UnikePlus                                 | Vacas<br>leiteiras   | Toxina (2,8 mg de AFB1 / animal dia)<br>Toxina + 100 g de Toxy-Nil / animal dia<br>Toxina + 100 g de UnikePlus / animal dia                                                                                                      | Unike Plus ↓ 52% AFM1 e Toxy-Nil ↓ 63% de AFM1 no leite.                                                                      | Rodrigues et al. 2019 |
| AFB1       | FloMatrix<br>(argila de aluminossilicato)             | Vacas<br>leiteiras   | Toxina (100 µg de AFB1 / kg MS)<br>Toxina + 113 g de FloMatrix / animal dia<br>Toxina + 227 g de FloMatrix / animal dia                                                                                                          | Os adsorventes tiveram efeito positivo na produção de leite e inflamação dos hepatócitos e ↓ a transferência de AF no leite.  | Pate et al. 2018      |
| AFB1       | SolisMos                                              | Vacas<br>leiteiras   | Toxina (20 µg de AFB1 / kg MS)<br>Toxina + 0,25% de SolisMos na MS da dieta                                                                                                                                                      | O aditivo ↓ a transferência de AFM1 no leite e o estresse oxidativo. Melhorou a condição imunológica e a fermentação ruminal. | Xiong et al. 2018     |
| DON e FB   | Mycofix (composto de minerais e enzimas)              | Vacas<br>leiteiras   | Toxina (897,3 µg de DON / kg de MS e 1.247,1 µg de FB / kg de MS)<br>Toxina + 35 g de Mycofix / animal dia                                                                                                                       | ↑ digestibilidade da MS e FDN.<br>↓ atividade de transaminases hepáticas devido às altas doses de micotoxinas.                | Gallo et al. 2020     |
| AFB1       | Argila esmectita (AE)                                 | Vacas<br>leiteiras   | Toxina (2,13 g de FB1 / kg MS na dieta)<br>Toxina + 100 g de AE / animal dia                                                                                                                                                     | AE ↓ a concentração de AFM1 no leite em 64,8%.                                                                                | Gallo et al. 2019     |
| AF         | Montmorilonita de cálcio (MC)                         | Vacas<br>leiteiras   | Toxina (50 ppb de AF)<br>Toxina + 0,125% de MC do CMS<br>Toxina + 0,25% de MC do CMS                                                                                                                                             | Inclusão de MC ↓ a concentração de AFM1 no leite.                                                                             | Maki et al. 2017      |
| AFB1       | Extrato de parede celular de levedura                 | Ovelhas<br>leiteiras | Toxina (60 µg de AFB1 / kg de alimento)<br>Toxina + 2 g de EL / kg de alimento                                                                                                                                                   | ↓ absorção de AFB1 e ↑ a eliminação de AFB1 e AFM1 nas fezes das ovelhas. Não houve efeito na transferência de no AFM1 leite. | Firmin et al. 2011    |

↑ = aumentou; ↓ = reduziu; AF = aflatoxina; AFB1 = aflatoxina B1; AFM1 = aflatoxina M1; Astra-Ben20 = extrato de levedura, aluminossilicato e bentonita de sódio; CMS = consumo de matéria seca; DON = desoxinivalenol; FB = fumonisinas; FDN = fibra em detergente neutro; MS = matéria seca; MTB-04 = glucomanana da parede celular derivada de levedura de 2004; MTB-06 = glucomanana da parede celular derivada de levedura de 2006; MTB-04-06 = mistura de glucomanana da parede celular derivada de levedura de 2004-2006; NovasilPlus = argila montmorilonita de cálcio; PCLA = extrato de parede celular de levedura e aluminossilicato; Solis: mistura de argilas minerais de aluminossilicato; Toxy-Nil = sepiolita tratada termicamente, propionato de cálcio, citrato de cálcio e oligossacarídeos purificados de parede de levedura; UnikePlus = sepiolita tratada termicamente, propionato de cálcio e oligossacarídeos purificados de parede de levedura.

## ■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais agentes absorventes de micotoxinas podem ser de origem orgânica e inorgânica. Inorgânicos são basicamente minerais argilosos (aluminossilicatos) constituídos principalmente de sílica e alumínio que podem ser dividido em duas subclasses: filossilicatos e tectosilicatos. No grupo dos absorventes orgânicos se tem o carvão ativado e derivados de parede celular de leveduras, onde o último é o mais utilizado.

Os absorventes a base de argilas aluminossilicatos se apresentam mais eficientes em reduzir a transferência de AFM1 para o leite. Os absorventes inorgânicos se encontram principalmente em fórmulas patenteadas como dos produtos da NovasilPlus, SolisMos entre outros.



Todavia existem poucos estudos com uso de absorventes orgânicos em gado de leite. Os agentes absorventes são principalmente a base de parede celular de leveduras. Aparentemente os resultados tem se mostrado eficazes em reduzir a transferência de AFM1 no leite, apesar dos poucos estudos realizados.

No entanto estudos conduzidos com a união de agentes absorventes orgânicos e inorgânicos tem se mostrado promissor. Como é o caso dos produtos Toxy-Nil, Unike Plus e Astra-Bem 20 que foram eficientes em reduzir a concentração de AFM1 no leite.

De forma geral, em alguns estudos, absorventes orgânicos, inorgânicos e mistos (orgânicos + inorgânicos). Apresentaram resultados positivos na melhora do status antioxidante e inflamatório no fígado.

Portanto, existem absorventes eficazes em reduzir a AFM1 no leite. Basta estabelecer se a formulação das misturas de argilas aluminossilicatos com derivados de parede celular de leveduras são mais eficientes como absorventes do que unicamente inorgânicos ou orgânicos. Adicionalmente, aditivos compostos por minerais e enzimas como o Mycofix merece atenção, haja vista que promoveu aumento da digestibilidade da MS e FDN, ainda reduziu atividade de transaminases hepáticas devido às altas doses de micotoxinas.

## ■ REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA, 2011). **Resolução de Diretoria Colegiada nº.7, de 18 de fevereiro de 2011. Limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos.** Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2968262/RDC\\_07\\_2011\\_COMP.pdf](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2968262/RDC_07_2011_COMP.pdf)>. Acesso em: 25/08/2020.
2. ANFOSSI, L.; BAGGIANI, C.; GIOVANNOLI, C.; GIRAUDI, G. Mycotoxins in food and feed: Extraction, analysis and emerging technologies for rapid and on-field detection. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, Jun;2(2), p. 140-53, 2010.
3. ASSIS, J. R.; ASSIS, A. C. M.; NUNES, D.; CARLOS, A. B.; CARVALHO T. T.; GALDOS-RIVEROS, A. C. Micotoxinas no metabolismo e desempenho de animais ruminantes. **Journal of Biology & Pharmacy**, v. 15, n. 4, out/dez 2019.
4. AVANTAGGIATO, G.; SOLFRIZZO, M.; VISCONTI, A. Recent advances on the use of adsorbent materials for detoxification of Fusarium mycotoxins. **Food Addit. Contam.**, 22, 379–388, 2005.
5. BAGLIERI, A.; REYNERI, A.; GENNARI, M.; NEGRE, M. Organically modified clays as binders of fumonisins in feedstocks. **J. Environ. Sci. Health**, 48, 776–783, 2013.
6. BHAT, R., RAI, R.V., KARIM, A.A. Mycotoxins in food and feed: present status and future concerns. Compr. **Rev. Food Sci. Food Saf.**, 9, 57–81, 2010.
7. CAST (Council for Agricultural Science and Technology). **Mycotoxins: Risks in Plant, Animal, and Human Systems.** CAST, Ames, IA, 2003.





8. CAVRET, S.; LAURENT, N.; VIDEMANN, B.; MAZALLON, M.; LECOEUR, S. Assessment of deoxynivalenol (DON) adsorbents and characterisation of their efficacy using complementary in vitro tests. **Food Addit. Contam.**, 27, 43–53, 2010.
9. DAKOVIC, A.; KRAGOVIC, M.; ROTTINGHAUS, G. E.; SEKULIC, Z.; MILICEVIC, S.; MILONJIC, S. K.; ZARIC, S. Influence of natural zeolitic tuff and organozeolites surface charge on sorption of ionizable fumonisin B1. **Colloids Surf.**, B 76, 272–278, 2010.
10. DAKOVIC, A.; TOMASEVIC-CANOVIC, M.; ROTTINGHAUS, G.; DONDUR, V.; MASIC, Z. Adsorption of ochratoxin A on octadecyldimethyl benzyl ammonium exchanged clinoptilolite-heulandite tuff. **Colloids Surf.**, B 30, 157–165, 2003.
11. DI GREGORIO, M. C.; DE NEEFF, D. V.; JAGER, A. V.; CORASSIN, C. H.; DE PINHO CARÃO, A. C.; DE ALBUQUERQUE, R.; DE AZEVEDO, A. C.; FERNANDES OLIVEIRA, C. A. Mineral adsorbent for prevention mycotoxins in animal feed. **Toxin Rev.**, 33, 125–135, 2014.
12. DIAZ, D. E., W. M. HAGLER, J. T. BLACKWELDER, J. A. EVE, B. A. HOPKINS, K. L. ANDERSON, F. T. JONES, AND L. W. WHITLOW. Aflatoxin binders II: Reduction of aflatoxin M1 in milk by sequestering agents of cows consuming aflatoxin in feed. **Mycopathologia**, 157:233–241, 2004.
13. EFSA (European Food Safety Authority). **Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the Commission related to aflatoxin B1 as undesirable substance in animal feed**. EFSA J. 39, p. 1–27, 2004. Disponível em: <<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2004.39>>. Acesso em: 25/12/2020.
14. FAUCET-MARQUIS, V.; JOANNIS-CASSAN, C.; HADJEBA-MEDJDOUB, K.; BALLEST, N.; PFOHL-LESZKOWICZ, A. Development of an in vitro method for the prediction of mycotoxin binding on yeast-based products: case of aflatoxin B1, zearalenone and ochratoxin A. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, 98, 7583–7596, 2014.
15. FIRMIN, S.; MORGAVI, D. P.; YIANNIKOURIS, A.; BOUDRA, H. Effectiveness of modified yeast cell wall extracts to reduce aflatoxin B1 absorption in dairy ewes. **J. Dairy Sci.**, 94 :5611–5619, 2011.
16. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (2010). **Guidance for Industry: Action Levels for Poisonous or Deleterious Substances in Human Food and Animal Feed**. Disponível em: <<https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance-industry-action-levels-poisonous-or-deleterious-substances-human-food-and-animal-feed#afla>>. Acesso em 25/08/2020.
17. FRUHAUF, S.; SCHWARTZ, H.; OTTNER, F.; KRSKA, R.; VEKIRU, E. Yeast cell based feed additives: studies on aflatoxin B1 and zearalenone. **Food Addit. Contam.**, 29, 217–231, 2012.
18. GALLO, A.; MINUTI, A.; BANI, P.; BERTUZZI, T.; PICCIOLI CAPPELLI, F.; DOUPOVEC, B.; FAAS, J.; SCHATZMAYR, D.; TREVISI, E. A mycotoxin-deactivating feed additive counteracts the adverse effects of regular levels of Fusarium mycotoxins in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, vol. 103 No. 12, 2020.
19. GALLO, A.; ROCCHETTI, G.; PICCIOLI CAPPELLI, F.; PAVONE, S.; MULAZZI, A.; KUIJK, S. V.; HAN, Y.; TREVISI, E. Effect of a Commercial Bentonite Clay (Smectite Clay) on Dairy Cows Fed Aflatoxin-Contaminated Feed. **Dairy**, 1, 135–153, 2020.



20. GALVANO, F.; PIETRI, A.; BERTUZZI, T.; FUSCONI, G.; GALVANO, M.; PIVA, A.; PIVA, G. Reduction of carry-over of aflatoxin from cow feed to milk by addition of activated carbons. **J. Food Prot.**, 59, p. 55–554, 1996.
21. GONÇALVES, B. L.; GONÇALVES, J. L.; ROSIM, R. E.; CAPPATO, L. P.; CRUZ, A. G.; OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN, C. H. Effects of different sources of *Saccharomyces cerevisiae* biomass on milk production, composition, and aflatoxin M1 excretion in milk from dairy cows fed aflatoxin B1. **Journal of Dairy Science**, Vol. 100 No. 7, 2017.
22. HARPER, A. F.; ESTIENNE, M. J.; MELDRUM, J. B.; HARRELL, R. J.; DIAZ, D. E. Assessment of a hydrated sodium calcium aluminosilicate agent and antioxidant blend for mitigation of aflatoxin-induced physiological alterations in pigs. **J. Swine Health Prod.**, 18, 282–289, 2010.
23. HUWIG, A.; FREIMUND, S.; KAPPELI, O.; DUTLER, H. Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. **Toxicol. Lett.**, 122, 179–188, 2001.
24. IARC (International Agency for Research on Cancer). **Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. Summary of data reported and evaluation.** In: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans, v. 82, p 171–175, Int. Agency Res. Cancer, Lyon, France, 2002.
25. JIANG, Y.; OGUNADE, I. M.; KIM, D. H.; LI, X.; PECH-CERVANTES, A. A.; ARRIOLA, K. G.; OLIVEIRA, A. S.; DRIVER, J. P.; FERRARETTO, L. F.; STAPLES, C. R.; VYAS, D.; ADESOGAN, A. T. Effect of adding clay with or without a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on the health and performance of lactating dairy cows challenged with dietary aflatoxin B1. **Journal of Dairy Science**, vol. 101 No. 4, 2018.
26. KABAK, B.; DOBSON, A. D. W.; VAR, I. Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, 46, 593–619, 2006.
27. KISSELL, L.; DAVIDSON, S.; HOPKINS, B. A.; SMITH, G. W.; WHITLOW, L. W. Effect of experimental feed additives on aflatoxin in milk of dairy cows fed aflatoxin-contaminated diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 97 (2013) 694–700, 2012.
28. KOLOSOVA, A.; STROKA, J. Substances for reduction of the contamination of feed by mycotoxins. A review. **World Mycotoxin J.**, 4, 225–256, 2011.
29. KONG, C.; SHIN, S. Y.; KIM, B. G. Evaluation of mycotoxin sequestering agents for aflatoxin and deoxynivalenol: an in vitro approach. **SpringerPlus**, 3, 346–351, 2014.
30. KUTZ, R. E.; J. D. SAMPSON, L. B. POMPEU, D. R. LEDOUX, J. N. SPAIN, M. VAZQUEZ-ANON, AND G. E. ROTTINGHAUS. Efficacy of Solis, NovasilPlus, and MTB-100 to reduce aflatoxin M1 levels in milk of early to mid-lactation dairy cows fed aflatoxin B1. **J. Dairy Sci.**, 92:3959–3963, 2009.
31. KUTZ, R. E.; SAMPSON, J. D.; POMPEU, L. B.; LEDOUX, D. R.; SPAIN, J. N.; VÁZQUEZ-AÑÓN, M.; ROTTINGHAUS, G. E. Efficacy of Solis, NovasilPlus, and MTB-100 to reduce aflatoxin M1 levels in milk of early to mid lactation dairy cows fed aflatoxin B1. **Journal of Dairy Science**, vol. 92 No. 8, 2009.
32. LIU, Y.; WU, F. Global burden of aflatoxin-induced hepatocellular carcinoma: A risk assessment. **Environ. Health Perspect.**, 118, p. 818–824, 2010.

33. MAGNOLI, A. P.; MONGE, M. P.; MIAZZO, R. D.; CAVAGLIERI, L. R.; MAGNOLI, C. E.; MERKIS, C. I.; CRISTOFOLINI, A. L.; DALCERO, A. M.; CHIACCHIERA, S. M. Effect of low levels of aflatoxin B-1 on performance, biochemical parameters, and aflatoxin B1 in broiler liver tissues in the presence of monensin and sodium bentonite. **Poultry Sci.**, 90, 48–58, 2011.
34. MAKI, C. R.; HANEY, S.; WANG, M.; WARD, S. H.; RUDE, B. J.; BAILEY, R. H.; HARVEY, R. B.; PHILLIPS, T. D. Calcium Montmorillonite Clay for the Reduction of Aflatoxin Residues in Milk and Dairy Products. **Dairy and Vet Sci J.**, 2017; 2(3): 555587, 2017.
35. MAKI, C. R.; MONTEIROB, A. P. A.; ELMOREA, S. E.; TAOB, S.; BERNARDB, J. K; HARVEYC, R. B.; ROMOSERA, A. A.; PHILLIPS, T.D. Calcium montmorillonite clay in dairy feed reduces aflatoxin concentrations in milk without interfering with milk quality, composition or yield. **Animal Feed Science and Technology**, 214, 130–135, 2016a.
36. MAKI, C. R.; THOMAS, A. D.; ELMORE, S. E.; ROMOSER, A. A.; HARVEY, R. B.; RAMIREZ-RAMIREZ, H. A.; PHILLIPS, T. D. Effects of calcium montmorillonite clay and aflatoxin exposure on dry matter intake, milk production, and milk composition. **Journal of Dairy Science**, Vol. 99 No. 2, 2016b.
37. MIAZZO, R.; PERALTA, M. F.; MAGNOLI, C.; SALVANO, M.; FERRERO, S.; CHIACCHIERA, S. M.; CARVALHO, E. C.; ROSA, C. A.; DALCERO, A. Efficacy of sodium bentonite as a detoxifier of broiler feed contaminated with aflatoxin and fumonisin. **Poultry Sci.**, 84, 1–8, 2005.
38. NEEFF, D. V.; LEDOUX, D. R.; ROTTINGHAUS, G. E.; BERMUDEZ, A. J.; DAKOVIC, A.; MURAROLLI, R. A.; OLIVEIRA, C. A. F. In vitro and in vivo efficacy of a hydrated sodium calcium aluminosilicate to bind and reduce aflatoxin residues in tissues of broiler chicks fed aflatoxin B1. **Poultry Sci.**, 92, 131–137, 2013.
39. OGUNADE, I. M.; ARRIOLA, K. G.; JIANG, Y.; DRIVER, J. P.; STAPLES, C. R.; ADESOGAN, A. T. Effects of 3 sequestering agents on milk aflatoxin M1 concentration and the performance and immune status of dairy cows fed diets artificially contaminated with aflatoxin B. **J. Dairy Sci.**, 99:6263–6273, 2016.
40. PATE, R. T.; PAULUS COMPART, D. M.; CARDOSO, F. C. Aluminosilicate clay improves production responses and reduces inflammation during an aflatoxin challenge in lactating Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, 101:1–14, 2018.
41. PFOHL-LESZKOWICZ, A.; HADJEBBA-MEDJDOUB, K.; BALLEST, N.; SCHRICKX, J.; FINK-GREMMELS, J. Assessment and characterisation of yeast-based products intended to mitigate ochratoxin exposure using in vitro and in vivo models. **Food Addit. Contam.**, 32, 604–616, 2015.
42. PHILLIPS, T. D.; AFRIYIE-GYAWU, E.; WILLIAMS, J.; HUEBNER, H.; ANKRAH, N. A.; OFORI-ADJEI, D.; JOLLY, P.; JOHNSON, N.; TAYLOR, J.; MARROQUIN-CARDONA, A.; XU, L.; TANG, L.; WANG, J. S. Reducing human exposure to aflatoxin through the use of clay: a review. **Food Addit. Contam.**, 25, 134–145, 2008.
43. QUEIROZ, O. C. M.; HAN, J. H.; STAPLES, C. R.; ADESOGAN, A. T. Effect of adding a mycotoxin-sequestering agent on milk aflatoxin M1 concentration and the performance and immune response of dairy cattle fed an aflatoxin B1-contaminated diet. **Journal of Dairy Science**, vol. 95 No. 10, 2012.
44. RAMOS, A. J.; FINK-GREMMELS, J.; HERNÁNDEZ, E. Prevention of toxic effects of mycotoxins by means of nonnutritive adsorbent compounds. **J. Food Prot.**, 59, 631–641, 1996a.

45. RAMOS, A. J.; HERNÁNDEZ, E.; PLA-DELFINA, J. M.; MERINO, M. Intestinal absorption of zearalenone and in vitro study of non-nutritive sorbent materials. **Int. J. Pharm.**, 128, 129–137, 1996b.
46. RAO, S. B. N.; CHOPRA, R. C. Influence of sodium bentonite and activated charcoal on aflatoxin M1 excretion in milk of goats. **Small Ruminant Research**, 41 (2001) 203–213, 2001.
47. RINGOT, D.; LERZY, B.; CHAPLAIN, K.; BONHOURE, J. P.; AUCLAIR, E.; LARONDELLE, Y. In vitro biosorption of ochratoxin A on the yeast industry by-products: comparison of isotherm models. **Bioresour. Technol.**, 98, 1812–1821, 2007.
48. RODRIGUES, R. O.; RODRIGUES, R. O.; LEDOUX, D. R.; ROTTINGHAUS, G. E.; BORUTOVA, R.; AVERKIEVA, O.; MCFADDEN, T. B. Feed additives containing sequestrant clay minerals and inactivated yeast reduce aflatoxin excretion in milk of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, vol. 102, no. 7, 2019.
49. SHETTY, P. H.; JESPERSEN, L. *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria as potential mycotoxin decontaminating agents. **Trends Food Sci. Technol.**, 17, 48–55, 2006.
50. SULZBERGER, S. A.; MELNICHENKO, S.; CARDOSO, F. C. Effects of clay after an aflatoxin challenge on aflatoxin clearance, milk production, and metabolism of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, vol. 100 No. 3, 2017.
51. UPADHAYA, S. D.; PARK, M. A.; HA, J. K. Mycotoxins and their biotransformation in the rumen: A review. **Asian-australasian. J. Anim. Sci.**, 23, 1250–1260, 2010.
52. VEKIRU, E.; FRUHAUF, S.; SAHIN, M.; OTTNER, F.; SCHATZMAYR, G.; KRŠKA, R. Investigation of various adsorbents for their ability to bind aflatoxin B1. **Mycotox. Res.**, 23, 27–33, 2007.
53. WANG, J. P.; CHI, F.; KIM, I. H. Effects of montmorillonite clay on growth performance, nutrient digestibility, vulva size, faecal microflora, and oxidative stress in weaning gilts challenged with zearalenone. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 178, 158–166, 2012.
54. WEATHERLY, M. E.; PATEA, R. T.; ROTTINGHAUS, G. E.; ROBERTI FILHOC, F. O.; CARDOSO, F. C. Physiological responses to a yeast and clay-based adsorbent during an aflatoxin challenge in Holstein cows. **Animal Feed Science and Technology**, 235, 147–157, 2018.
55. XIONG, J. L.; WANG, Y. M.; ZHOU, H. L.; LIU, J. X. Effects of dietary adsorbent on milk aflatoxin M1 content and the health of lactating dairy cows exposed to long-term aflatoxin B1 challenge. **J. Dairy Sci.**, 101:8944–8953, 2018.
56. XIONG, J. L.; WANG, Y. M.; NENNICH, T. D.; LI, Y.; LIU, J. X. Transfer of dietary aflatoxin B1 to milk aflatoxin M1 and effect of inclusion of adsorbent in the diet of dairy cows. **Journal of Dairy Science** Vol. 98 No. 4, 2015.
57. YIANNIKOURIS, A.; JOUANY, J. P. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. **Animal Research**, v.51, p.81-99, 2002.

---

# Agregação de valor à nutrição a partir do uso de farinha de insetos: aves e suínos

| **Vânia Maria Arantes**  
UFTM

| **Regis Kamimura**  
Médico Veterinário

| **Cristiane Ferreira Prazeres Marchini**  
Médica Veterinária

# RESUMO

Os insetos são considerados uma fonte alternativa de proteína, gordura, energia, vitaminas e minerais, além sem serem substitutos potencial da farinha de peixe e farelo de soja na alimentação animal. Até o momento, os principais esforços de pesquisa concentraram-se nas espécies: mosca soldado negro ou *Black Soldier Fly* (BSF), mosca doméstica, besouro *Tenebrio molitor*, gafanhotos, grilos, baratas, larvas do bicho-da-seda, e seus processamentos. Nenhum efeito negativo foi relatado no desempenho e digestibilidade dos nutrientes em animais alimentados com farinha de insetos. Este capítulo discorre sobre características nutricionais importantes dos insetos mais utilizados, resultados do uso desses e seus subprodutos na alimentação de aves e suínos.

**Palavras-chave:** Bugs, Nutrição Animal, Imunidade.

## ■ INTRODUÇÃO

Os insetos constituem cerca de três quartos do total de organismos presentes na Terra (PEDIGO, 2002). Segundo RUMPOLD e OLIVER (2013), os insetos podem ser divididos em ordens como Diptera (BSF, mosca doméstica), Coleoptera (larvas de farinha), e Orthoptera (gafanhotos e grilos), Blattaria (baratas) e Lepidoptera (bicho da seda e mariposa). Geralmente, os insetos são fontes satisfatórias de nutrientes aos animais de produção, tais como proteínas, gordura, energia, vitaminas e minerais. Além disso, os insetos apresentam ciclos de vida curtos, são fáceis de serem produzidos e manuseados (RAMOS-ERLORDUY et al., 2002).

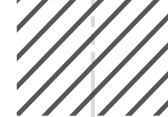
Os insetos alimentícios estão emergindo como ingrediente alimentar inovador para algumas espécies de animais de produção, especialmente para aves e suínos, e são uma excelente alternativa para vegetais proteicos: farinhas de carne, de vísceras e de peixe (VRIJ, 2013; CULLERE et al., 2017).

No Brasil, a farinha de peixe é uma matéria prima escassa pela reduzida disponibilidade de peixes nos mares, por isso, ela acaba sendo elaborada a partir de resíduos da indústria de processamento pesqueiro, resultando num produto abaixo dos padrões internacionais e diferindo nutricionalmente a cada partida, com altos teores de cinza, rancificação de lipídios e degradação de proteínas. Além das complicações nutricionais, um produto com tais características provoca maior poluição ambiental (TSUKAMOTO e TAKAHASHI, 1992). Em consequência disso, houve um aumento drástico do preço de mercado de farinha de peixe nos últimos dez anos, o que deu origem à demanda por uma nova e mais sustentável fonte de proteína (VELDKAMP e BOSCH, 2015).

De acordo com (BELLAYER, 2005) as farinhas de peixe são classificadas em farinha integral de peixe (FIP) e farinha residual de peixe (FRP). A farinha integral de peixe (FIP), procedente da extração predatória de peixes marinhos, largamente usada como fonte de proteína e lipídios em rações para animais de produção (VRIJ, 2013), é obtida do processamento de peixes inteiros e/ou seus cortes podendo ter origem de mais de uma espécie. Já a farinha residual de peixe (FRP) é o produto obtido de cortes e ou partes de peixes de várias espécies, podendo incluir cabeça, cauda, pele, vísceras e nadadeiras, é oriunda do processamento de resíduos de peixes cultivados na aquicultura. Ambas, com ou sem extração de óleo, não devem conter mais do que 10% de umidade e o teor de NaCl deve ser indicado.

Inicialmente, muitos esforços de pesquisa foram direcionados para inclusão da farinha de insetos: farinha de *Black Soldier Fly* (BSF), mosca doméstica (MD), larvas de *Tenebrio molitor* (TM), gafanhotos (GF) e grilos (GI), barata cinérea (BC e barata de Madagascar (BM), larvas e pré-pupas do bicho-da-seda (BS) em dietas de peixes.

Também é imprescindível realizar estudos sobre a viabilidade econômica e a aceitabilidade do consumidor pelos produtos gerados pelos animais alimentados com rações que contenham farinha de insetos em suas formulações, bem como, sobre a segurança



alimentar de tais produtos. Considera-se que a disposição do consumidor em aceitar novas tecnologias alimentares, tais como o uso de insetos na ração animal, depende do país onde o estudo é realizado (COSTA et al., 2000; VIDIGAL et al., 2015). Consumidores espanhóis assumiram estar dispostos a pagarem mais por peixes alimentados com rações constituídas de proteínas de insetos (FERRER LLAGOSTERA et al., 2019). No primeiro estudo realizado no Brasil que investigou a disposição do consumidor em aceitar o uso de insetos na alimentação animal (DOMINGUES et al., 2020), os resultados mostraram que há uma preferência do uso de insetos para alimentar peixes em comparação com aves e suínos, sendo que para a alimentação de bovinos essa taxa foi menor.

A busca por ingredientes alternativos é necessária, uma vez que ingredientes convencionais como farelo de soja (FS), farelo de trigo (FT) milho, além da ração animal apresentam grandes oscilações de preços e valores exponencialmente elevados anos após anos (KHAN et al., 2016). Vários estudos surgiram sobre a substituição de FIP e FS por farinhas de insetos na dieta de aves e suínos e os resultados promissores estimularam novas pesquisas.

Certamente os insetos representam grande potencial como fonte de proteína e outras substâncias ativas (ácidos graxos poli-insaturados, peptídeos antimicrobianos). Com base em vários estudos, as farinhas de insetos pertencentes às ordens Diptera (BSF, mosca doméstica), Coleoptera (besouros, larvas TM), Orthoptera (gafanhotos e grilos), Blattaria (barata cinérea e barata Madagascar), Lepidoptera (bicho da seda, borboletas e mariposas), Hemiptera (*bugs* verdadeiros), e Hymenoptera (formigas, abelhas) são promissores como ingredientes alternativos e seus derivados como aditivos de ração em dietas de animais de produção. Nesta revisão se discorre sobre a inclusão do uso de insetos como fonte de proteína substitutiva na alimentação de aves e suínos.

## ■ ESPÉCIES DE INSETOS COM POTENCIAL PARA A UTILIZAÇÃO NA DIETA ANIMAL COMO FONTE PROTEICA

Os insetos alimentícios são considerados um substituto para farinha integral de peixe (FIP) e farelo de soja (FS) em misturas alimentares dos animais de produção e da linha pet devido ao seu alto teor de gordura (30-40%) e proteína (40-60%), semelhantes aos de FIP ou FS (MAKKAR et al., 2014).

No caso das farinhas de origem animal (FOA) as especificações sensoriais devem se concentrar em características como cor, odor, aspecto do tamanho das partículas, umidade e gordura ao tato (Bellaver et al., 2006). Até o momento, ainda não se tem notícias de processos de registro de farinhas de insetos concluídos junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), porém os insetos são admitidos para uso em animais de produção.

A Tabela 1 mostra que as farinhas de larvas e pupas geralmente são mais ricas em lipídios (> 18%), e mesmo as farinhas de gafanhotos ou grilos que possuem menor taxa de extrato etéreo, ainda apresentam no mínimo 6 vezes mais gordura em relação ao tradicional



farelo de soja. Os teores de PB variaram entre 42,10% a 75,60%, dependendo da espécie e tipo de processamento. Em geral, pode-se classificar as farinhas de insetos como ingredientes concentrados proteicos, pois possuem menos de 18% de fibra bruta e mais de 20% de proteína bruta na matéria seca.

**Tabela 1.** Composição química de insetos comparados a farinha de peixe e farelo de soja <sup>1</sup>

| % MS         | LBSF  | LMD   | TM    | GF    | GI    | PBS   | PBSd  | BC    | FIP   | FS    |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PB (%)       | 42,10 | 50,40 | 52,80 | 57,30 | 63,30 | 60,70 | 75,60 | 64,7  | 67,80 | 45,85 |
| FB (%)       | 7,0   | 5,7   | 5,1   | 8,5   | 18,3  | 3,9   | 6,6   | 7,5   | -     | 5,25  |
| EE (%)       | 26,0  | 18,9  | 36,1  | 8,5   | 10,0  | 25,7  | 4,7   | 22,68 | 10,3  | 1,40  |
| MM (%)       | 20,6  | 10,1  | 3,1   | 6,6   | 17,3  | 5,8   | 6,8   | 3,68  | 19,3  | 5,72  |
| EB (MJ/kg)   | 22,1  | 22,9  | 26,8  | 21,8  | 5,6   | 25,01 | 22,01 | 30,7  | 20,2  | 17,1  |
| EM (Kcal/kg) | 2056  | -     | 5258  | -     | 1402  | 674   | -     | -     | -     | 2486  |

<sup>1</sup> **Fonte:** Modificado de Makkar et al. (2014). PB = proteína bruta, FB = fibra bruta, EE = extrato etéreo, MM = matéria mineral, EB = energia bruta, EM = energia metabolizável.

L= Larva; BSF= Black Soldier Fly; MD= mosca doméstica; TM= Tenebrio Molitor; GF= Gafanhoto; GI= Grilo; P= Pupa; BS= Bicho da seda; d= desengordurada; BC= Barata cinérea; FIP= Farinha integral de peixe; FS= Farelo de soja.

Com exceção das larvas do bicho da seda, os demais insetos são deficientes em metionina e lisina (Tabela 2), tornando a suplementação necessária para melhorar o desempenho dos animais, possibilitando o aumento do nível de substituição da farinha de peixe e farelo de soja.

**Tabela 2.** Composição de aminoácidos de insetos, farinha de peixe e farelo de soja <sup>2</sup>

| (% MS)                            | LBSF | LMD  | TM   | GF   | GI   | PBS  | PBSd | BC   | FIP  | FS    |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>Aminoácidos essenciais</b>     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Metionina                         | 2,1  | 2,2  | 1,5  | 2,3  | 1,4  | 3,5  | 3    | 0,96 | 2,7  | 1,32  |
| Cistina                           | 0,1  | 0,7  | 0,8  | 1,1  | 0,8  | 1    | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 1,38  |
| Valina                            | 8,2  | 4    | 6    | 4    | 5,1  | 5,5  | 4,9  | 3,84 | 4,9  | 4,5   |
| Isoleucina                        | 5,1  | 3,2  | 4,6  | 4    | 4,4  | 5,1  | 3,9  | 2,2  | 4,2  | 4,16  |
| Leucina                           | 7,9  | 5,4  | 8,6  | 5,8  | 9,8  | 7,5  | 5,8  | 3,75 | 7,2  | 7,58  |
| Fenilalanina                      | 5,2  | 4,6  | 4    | 3,4  | 3    | 5,2  | 4,4  | 2,32 | 3,9  | 5,16  |
| Tirosina                          | 6,9  | 4,7  | 7,4  | 3,3  | 5,2  | 5,9  | 5,5  | 3,86 | 3,1  | 3,35  |
| Histidina                         | 3    | 2,4  | 3,4  | 3    | 2,3  | 2,6  | 2,6  | 1,56 | 2,4  | 3,06  |
| Lisina                            | 6,6  | 6,1  | 5,4  | 4,7  | 5,4  | 7    | 6,1  | 3,21 | 7,5  | 6,18  |
| Treonina                          | 3,7  | 3,5  | 4    | 3,5  | 3,6  | 5,1  | 4,8  | 2,05 | 4,1  | 3,78  |
| Triptofano                        | 0,5  | 1,5  | 0,6  | 0,8  | 0,6  | 0,9  | 1,4  | 0,54 | 1    | 1,36  |
| <b>Aminoácidos não essenciais</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Serina                            | 3,1  | 3,6  | 7    | 5    | 4,6  | 5    | 4,5  | 2,03 | 3,9  | 5,18  |
| Arginina                          | 5,6  | 4,6  | 4,8  | 5,6  | 6,1  | 5,6  | 5,1  | 3,2  | 6,2  | 7,64  |
| Ác. glutâmico                     | 10,9 | 11,7 | 11,3 | 15,4 | 10,4 | 13,9 | 8,3  | 5,99 | 12,6 | 19,92 |
| Ác. aspártico                     | 11   | 7,5  | 7,5  | 9,4  | 7,7  | 10,4 | 7,8  | 4,66 | 9,1  | 14,14 |
| Prolina                           | 6,6  | 3,3  | 6,8  | 2,9  | 5,6  | 5,2  | -    | 2,83 | 4,2  | 5,99  |
| Glicina                           | 5,7  | 4,2  | 4,9  | 4,8  | 5,2  | 4,8  | 3,7  | 3,49 | 6,4  | 4,52  |
| Alanina                           | 7,7  | 5,8  | 7,3  | 4,6  | 8,8  | 5,8  | 4,4  | 4,35 | 6,3  | 4,54  |

<sup>2</sup> **Fonte:** Modificado de Makkar et al. (2014), Oliveira (2018) e Fontes et al. (2019). L= Larva;

BSF= Black Soldier Fly; MD= mosca doméstica; TM= Tenebrio Molitor; GF= Gafanhoto; GI= Grilo; P= Pupa; BS= Bicho da seda; d= desengordurada; BC= Barata cinérea; FIP= Farinha integral de de peixe; FS= Farelo de soja.



A maioria das farinhas de insetos são deficientes também em cálcio e fósforo, sendo necessária a suplementação destes minerais nas rações confeccionadas com farinhas de insetos, principalmente aquelas destinadas às aves de postura (MAKKAR et al., 2014).

Por outro lado, as larvas e pupas de insetos são ricas em aminoácidos essenciais como lisina e triptofano, e proteínas (40-70%), ácidos graxos mono e ou poli-insaturados, cálcio, fósforo, ferro, cobre, magnésio, manganês, selênio, zinco, vitaminas do complexo B (RUMPOLD e SCHLÜTER, 2013), como demonstram os Quadros 1, 2 e 3.

**Quadro 1.** Composição mineral de insetos, farinha integral de peixe e farelo soja <sup>3</sup>

| % MS       | LBSF | LMD  | TM   | GF   | GI   | PBS   | PBSd | FIP   | FS   |
|------------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|
| Ca (g/kg)  | 75,6 | 4,7  | 2,7  | -    | 10,1 | 3,8   | 4    | 4,34  | 0,39 |
| P (g/kg)   | 9    | 16   | 7,8  | -    | 7,9  | 6     | 8,7  | 2,79  | 0,69 |
| Ca: P      | 8,4  | 0,29 | 0,35 | 1,18 | 1,28 | 0,63  | 0,46 | 1,56  | 0,57 |
| Mg (g/kg)  | 3,9  | 3,4  | 2,3  | -    | 12   | 0,498 | -    | 2,4   | 2,6  |
| Na (g/kg)  | 1,3  | 5,2  | 0,9  | -    | 1,3  | 0,475 | -    | 11,76 | 0,05 |
| K (g/kg)   | 6,9  | 5,7  | 8,9  | -    | 3,4  | 3,16  | -    | 8,2   | 20,2 |
| Cl (g/kg)  | -    | -    | 1,8  | -    | 2,2  | 0,62  | -    | 18,4  | 0,3  |
| Fe (g/kg)  | 1,37 | 1    | 57   | -    | 116  | 57    | -    | 0,405 | 119  |
| Zn (mg/kg) | 108  | 27   | 116  | -    | 215  | 224   | -    | 107   | 50   |
| Cu (mg/kg) | 6    | 119  | 16   | -    | 15   | 15    | -    | 12    | 15   |
| Mn (mg/kg) | -    | 9    | 9    | -    | 40   | 18    | -    | 20    | 30   |
| I (mg/kg)  | -    | -    | 0,17 | -    | 0,21 | <0,1  | -    | 3     | 0,1  |
| Se (mg/kg) | -    | -    | 0,25 | -    | 0,19 | 0,14  | -    | 0,4   | 0,3  |

<sup>3</sup> Fonte: Adaptado de Makkar et al. (2014), Finke (2002).

L=Larva; BSF=Black Soldier Fly; MD=mosca doméstica; TM=Tenebrio Molitor; GF=Gafanhoto; GI=Grilo; P=Pupa; BS= Bicho da seda; d= desengordurada; FIP=Farinha integral de peixe; FS=Farelo de soja.

**Quadro 2.** Composição vitamínica de insetos, farinha peixe e farelo soja <sup>4</sup>

| Constituintes           | TM    | GI    | PBS   | FIP        | FS   |
|-------------------------|-------|-------|-------|------------|------|
| Vit A (UI/kg)           | <1000 | <1000 | 1580  | 0          | 0    |
| β caroteno (mg/kg)      | <0,2  | <0,2  | <0,2  | -          | -    |
| Vit D (UI/kg)           | <256  | <256  | <256  | 2,2        | 0    |
| Vit E (UI/kg)           | <5,0  | 19,7  | 8,9   | 9,2 mg/ kg | 8,6  |
| Vit C (mg/kg)           | 12    | 30    | <10,0 | 0          | 52   |
| Tiamina (mg/kg)         | 2,4   | 0,4   | 3,3   | 1,7        | 4,8  |
| Riboflavina (mg/kg)     | 8,1   | 34,1  | 9,4   | 9,9        | 8,5  |
| Ác. pantotênico (mg/kg) | 26,2  | 23    | 21,6  | 10,8       | 5,3  |
| Niacina (mg/kg)         | 40,7  | 38,4  | 26,3  | 64,1       | 11,9 |
| Piridoxina (mg/kg)      | 8,1   | 2,3   | 1,6   | 6,4        | 2,5  |
| Ácido fólico (mg/kg)    | 1,57  | 1,5   | 0,71  | -          | -    |
| Biotina (mg/kg)         | 0,3   | 0,17  | 0,25  | 0,1        | 0,3  |
| Vit B12 (µg/kg)         | 4,7   | 53,7  | <1,2  | 97,8       | 0    |
| Colina (mg/kg)          | 1844  | 1519  | 1128  | 4571       | 2405 |

<sup>4</sup> Fonte: Modificado de Finke (2002).

L= Larva; BSF= Black Soldier Fly; MD=mosca doméstica; TM= Tenebrio Molitor; GF= Gafanhoto; GI= Grilo; P= Pupa; BS=Bicho da seda; d= desengordurada; FIP=Farinha integral de peixe; FS= Farelo de soja.



**Quadro 3.** Composição de ácidos graxos de insetos, farinha de peixe e farelo de soja <sup>5</sup>

| Ácidos Graxos (g/kg)        | LBSF       | LMD  | TM   | GI   | PBS  | BC   | FIP       | FS   |
|-----------------------------|------------|------|------|------|------|------|-----------|------|
| Láurico (12:0)              | 21,4-42,6  | 0    | 0,5  | ND   | 0,5  | 0,14 | 0,1       | 0    |
| Mirístico (14:0)            | 2,9-6,9    | 5,5  | 4    | 0,7  | 4    | 1,1  | 3,7-7,6   | 0,4  |
| Pentadecanóico (15:0)       | -          | -    | <0,2 | -    | 0,07 | -    | -         | -    |
| Palmitico (16:0)            | 10,5-16,1  | 31,1 | 21,1 | 23,4 | 21,1 | 0    | 10,2-20,9 | 22,1 |
| Palmitoleico (16:1n-7)      | 3,5        | 13,4 | 4    | 1,3  | 4    | -    | 8,7-12,5  | 0,2  |
| Heptadecanóico (17:0)       | -          | -    | <0,2 | -    | 0,04 | -    | -         | -    |
| Heptadecenóico (17:1)       | -          | -    | 0,3  | <0,1 | 0,03 | -    | -         | -    |
| Estearico (18:0)            | 1,3-5,7    | 3,4  | 2,7  | 9,8  | 2,7  | 3,88 | 1,1-4,7   | 7,5  |
| Oleico (18:1)               | 11,8-32,1  | 24,8 | 37,7 | 23,8 | 37,7 | 0    | 11,4-18,6 | 45,6 |
| Linoleico (18:2)            | 3,6-4,5    | 19,8 | 27,4 | 38   | 27,4 | 0    | 1,1-1,3   | 107  |
| Linolênico (18:3)           | 0,08-1,66  | 2    | 27,4 | 1,2  | 27,4 | 0,54 | 0,3-1,4   | 14,3 |
| Araquídico (20:0)           | -          | -    | 0,3  | -    | 0,4  | 0,17 | 0,3       | 0,6  |
| Eicosapentaenoico (20:5n-3) | 0,03-1,66  | -    | -    | -    | 0,16 | 0    | 3,7-16,9  | 0    |
| Decosaheptaenoico (22:6n-3) | 0,006-0,59 | -    | -    | -    | -    | 0,24 | 2,0-21,9  | 0    |

<sup>5</sup> Fonte: Adaptado de Sauvant et al. (2004), Makkar et al. (2014), Finke (2002), Tubin (2017)

L= Larva; BSF= Black Soldier Fly; MD=mosca doméstica; TM= Tenebrio Molitor; GI= Grilo; PBS= Pupa de Bicho da seda; BC= Barata cinérea; FIP= Farinha integral de peixe; FS= Farelo de soja; ND = não detectado

### **Black soldier fly (BSF)**

A criação da mosca *Hermetia illucens* ou BSF, conhecida também como mosca soldado negro (MSN), tem sido destacada como uma maneira eficiente de se converter dejetos orgânicos em biomassa rica em proteína e gorduras para alimentar animais de produção e/ou produzir biodiesel (DIENER et al., 2011; VAN HUIS et al., 2013).

As larvas de BSF (LBSF) são utilizadas em diferentes estágios ou na fase de pré-pupa, vivas, ou processadas, desidratadas e moídas na forma de farinha integral de LBSF ou de LBSF parcialmente desengordurada. Diferentes tipos de alimentos utilizados na criação de BSF podem influenciar na composição química da larva da BSF (OONINCX et al., 2015).

A larva de BSF pode alcançar 27 mm de comprimento, 6mm de largura e 220 mg de peso na sua última fase larval. Alimenta-se de 25 a 500 mg de matéria fresca/larva/dia de substratos como fezes de suínos, aves e sobras de alimentos (BARRY, 2004), frutas, vegetais, grãos de destilaria, vísceras de peixes e excreta dos animais (HARDOUIN e MAHOUX, 2003; DIENER et al., 2011; VAN HUIS et al., 2013). Evidenciando a sustentabilidade, as larvas podem reduzir o acúmulo de esterco de galinhas poedeiras e de suínos em 50%, e do lixo doméstico, em 65-75% (NEWTON et al., 2005, DIENER et al., 2011).

Uma vantagem típica da BSF sobre outros insetos na produção de biomassa refere-se ao fato da mosca adulta não ser vetor de doenças. A larva de BSF compete com a larva da mosca doméstica (*Musca domestica*) e pode reduzir a sua população em 94-100% nas excretas de aves e suínos (NEWTON et al., 2005). Há relatos de que a larva de BSF pode modular a microbiota das excretas, reduzindo a população de bactérias patogênicas como a *Escherichia coli* O157:H7 e *Salmonella enterica* (ERICKSON et al., 2004), mitigando



possíveis contaminações no ambiente. Porém, a BSF apresenta a desvantagem de necessitar de ambientes mais quentes para seu desenvolvimento, o que pode demandar energia para aquecimento em países de climas temperados (VELDKAMP et al., 2012). Mas pode ser muito favorável a criação em regiões com climas quentes ou áridos. O ambiente ideal de criação da mosca BSF se caracteriza por temperaturas entre 29°C e 31°C, UR entre 50 e 70%.

A farinha de LBSF mostrou ser um ingrediente adequado na alimentação de suínos em fase de crescimento, de boa palatabilidade, relativamente deficiente em metionina+lisina e treonina, havendo a necessidade de suplementação (NEWTON et al., 1977).

A mosca *Hermetia illucens* tem ganhado interesse como ingrediente de rações por suas larvas conterem antibióticos naturais (NEWTON et al., 2008), principalmente, baseado em sua composição de alto teor de ácidos graxos saturados de cadeia média (AGCM) e de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), em vez de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (AGPI) (EWALD et al., 2020). A pré-pupa da BSF é rica em gordura e tem o ácido láurico (C12:0) como ácido graxo predominante, e seu derivado monoglicerídeo, monolaurato de glicerol (GML) conhecido por sua ação antimicrobiana mais forte e seus efeitos sobre bactérias Gram-positivas (SPRANGHERS et al., 2017; BORRELI et al., 2021). Além disso, os AGCM foram propostos como alternativas aos antibióticos promotores de crescimento convencionais na nutrição animal (FORTUOSO et al., 2019; ZHOU et al., 2019).

Na nutrição de aves, o fornecimento de aminoácidos essenciais (AAEs) para linhagens avícolas de crescimento rápido é um fator chave. Por esta razão, as dietas baseadas em farelo de soja como a principal fonte de proteína da dieta são fornecidas junto com farinha de peixe para eliminar qualquer deficiência de aminoácidos (AA) de proteínas vegetais (AGAZZI et al., 2016). Em contrapartida, a LBSF pode ser utilizada para fornecer proteínas, macro e micronutrientes como minerais, eliminando as necessidades de suplementação mineral em dietas para aves (DIERENFELD e KING, 2009). As bactérias isoladas da larva da BSF também podem ser usadas como probiótico para melhorar o desempenho de animais de produção (USHAKOVA et al., 2016).

O melhor estágio larval a ser usado como ração animal é o pré-pupa, pois contém um nível menor de quitina. Considera-se que altos níveis de quitina encontrados na pupa e larva possam estar ou não envolvidos em problemas de processamento do BSF. Entretanto, tal informação necessita de mais estudos, pois o conteúdo de quitina pode não ser o único fator responsável por esses problemas (MAKKAR et al., 2014). O alto teor de lipídeos também pode variar entre os estágios de desenvolvimento, o que possivelmente resultará em adaptações na padronização do processamento e na composição final da farinha de BSF.

Estudos realizados nos continentes europeu, asiático e africano foram realizados para investigar os efeitos da inclusão de farinha de BSF nas rações de aves e suínos (Quadro 4).



**Quadro 4.** Estudos realizados com *Hermetia illucens* (*Black Soldier Fly*) e seus resultados <sup>6</sup>

| Dietas experimentais                                                                                                                                                           | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Referência/ País do estudo              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Suínos: inclusão de 7% de farinha de LBSF em substituição à ração com 5% FP + aditivo bioativo comercial (0,5 kg FLBSF/ t ração).                                              | Aumento no ganho de peso médio diário em 6,7-14,4% dos leitões Landrace x Large White em fase de crescimento em comparação ao controle. Melhorou na digestibilidade dos nutrientes e MS% em 5,6-6,4%, PB em 2,6-3,0%, FB em 11,8-21,5% e extrativos não nitrogenados em 5,4-5,7%.                                                                                                                   | NEKRASOV et al. (2015)/ Federação Russa |
| Poedeiras da linhagem Arabic: a adição de 1% e 5% da FLBSF na ração a base de milho e farelo de soja                                                                           | Consumo de ração, ganho de peso, unidade Haugh e incubabilidade não foram afetados pela FLBSF. Conversão alimentar(CA), peso do ovo, espessura e peso da casca, cor da gema, fertilidade e massa de ovos: tiveram melhores médias com dieta basal. Melhorou produção de ovos/ave/dia, por ave alojada, sabor e aceitação de ovos (5% FLBSF).                                                        | AL-QAZZAZ et al. (2016)/ Malásia        |
| Codornas ( <i>Coturnix coturnix japonica</i> ): Substituição de FS e óleo de soja em 15% por FLBSF desengordurada                                                              | Não houve prejuízo no ganho de peso diário, consumo de ração, mortalidade, conversão alimentar ou rendimento de carcaça; Contagem microbiana em excretas não diferiu (coliformes totais, Enterobacteriaceae, Clostridium spp., Lactobacillus spp e Bacillus spp).                                                                                                                                   | CULLERE et al. (2016)/ Itália           |
| Codornas: substituir FS e óleo de soja por 10% a 15% de FLBSF; 10 a 28 dias de idade.                                                                                          | Aumento no conteúdo dos AAs na carne do peito: ácido aspártico, alanina, serina, tirosina e treonina (melhor valor biológico protéico da carne); Maiores níveis de cálcio e menores níveis de fósforo na carne com a substituição de 15%.                                                                                                                                                           | CULLERE et al. (2017)/ Itália           |
| Poedeiras vermelhas (24ª à 45ª semana de idade): permuta de 100% de FS por FLBSFd                                                                                              | Melhor CA, maior produção de ovos, maior nível de globulina e cálcio sérico; menor de albumina. A dieta basal promoveu maior: taxa de postura, consumo de ração, peso médio do ovo, porcentagem de ovos (classe grande), nível de colesterol, triglicerídeos e creatinina.                                                                                                                          | MARONO et al. (2017)/ Itália            |
| Frangos de corte Ross 308: Substituição: 250 g/ kg da dieta basal por FLBSFp ou FLBSFd                                                                                         | FLBSFp foi mais digestível que FLBSFd; Valores de EM aparente (EMA) e EM corrigida pelo balanço de nitrogênio foram mais elevados para FLBSFp comparados à FLBSFd. Sem diferenças para a digestibilidade de AA para FLBSFp e FLBSFd. Ácido glutâmico, prolina e serina foram mais digestíveis para FLBSFd.                                                                                          | SCHIAVONE et al. (2017)/ Itália         |
| Poedeiras Lohmann Brown Classic: FLBSFd em substituição total ao FS                                                                                                            | Na dieta FLBSFd: Menor peso vivo e maior peso do trato gastrointestinal (TGI). Maior altura de vilosidades no duodeno. Maior atividade ileal das enzimas maltase e sacarase, e menor das enzimas fosfatase alcalina e gama glutamil transferase. Atividades enzimáticas da borda em escova parcialmente reduzidas.                                                                                  | CUTRIGNELLI et al. (2018)/ Itália       |
| Frangos de corte da linhagem Cobb: Substituição de FS e FIP por FLBSF (5%, 10% e 15%)                                                                                          | Não afetou consumo de ração, peso corporal, ganho de peso diário, conversão alimentar, aroma e paladar da carne de peito cozida, pesos absolutos e relativos de peito, gordura abdominal, fígado, moela, coração e baço. O preço da ração reduziu gradualmente com a substituição de FS e FIP pela FLBSF (menor preço por ave na idade de abate com de 15% FLBSF).                                  | ONSONGO et al. (2018)/ Quênia           |
| Poedeiras permuta 100% FS x FLBSF por 21 semanas                                                                                                                               | Ovos com maior proporção de gema e mais vermelhas , mais ricas em γ-tocoferol , luteína, β-caroteno e carotenóides totais, e 11% menos colesterol                                                                                                                                                                                                                                                   | SECCI et al. (2018)/ Itália             |
| Leitões desmamados - dietas BSF integral 4% e 8% de gordura, e BSF desengordurada (BSFd) com 5,4%, comparado com uma dieta controle a base FS                                  | Observou-se uma redução para D-estreptococos no intestino com dietas de BSF. Não houve diferença em consumo de ração, GPD e digestibilidade fecal aparente entre tratamentos. A digestibilidade ileal da proteína da dieta contendo 8% de gordura total (67,4%) foi menor que a do controle (69,7%), enquanto que os valores foram maiores (73,3%) utilizando dieta com 4% de gordura e a BSFd.     | SPRANGHERS et al. (2018)/ Bélgica       |
| Patos Muscovy ( <i>Cairina moschata domestica</i> ), De 3 aos 50 dias de idade: inclusão de níveis crescentes (0% ; 3% , 6% e 9% de FLBSFp (FLBSF parcialmente desengordurado) | O peso vivo e o GPMD aumentaram com aumento dos níveis de inclusão da FLBSF. O consumo diário de ração, a conversão alimentar, a digestibilidade aparente da matéria seca, a morfometria intestinal não foram afetados. Houve diminuição linear da digestibilidade aparente da PB de 3 a 17 dias de idade. A digestibilidade aparente do EE aumentou com o aumento dos níveis de inclusão da FLBSF. | GARIGLIO et al. (2019)/ Itália          |
| Poedeiras Hy-Line Brown: substituição de milho e FS por 25% e 50% da proteína da FLBSF                                                                                         | A altura das vilosidades diferiu da dieta controle. Menor atividade da maltase duodenal no BSF 50. Níveis de Cd, Pb, Me e Ar inferiores aos valores máximos estabelecidos pela Comissão da UE em ambos. Substituição de 25% de FS por FLBSF foi mais adequada e mais próxima do nível ideal que 50%.                                                                                                | MONIELLO et al. (2019)/ Itália          |



| Diets experimentais                                                                                             | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Referência/ País do estudo        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Perus jovens:<br>Substituição de 50% ou 100% do óleo de soja (OS) pela gordura da LBSF                          | Morfologia do TGI, qualidade dos músculos (peito e coxa), digestibilidade de nutrientes: semelhantes.<br>Reduziu a proliferação de bactérias potencialmente patogênicas ( <i>Enterobacteriaceae spp.</i> )<br>Diminuiu nível de IL-6 (em 100% gordura LBSF)<br>Reduziu concentração do fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) utilizando 50% de gordura de LBSF.<br>A gordura da LBSF foi considerada um agente antimicrobiano por apoiar respostas imunológicas. | SYPNIEWSKI et al. (2020)/ Polônia |
| Frangos de corte Ross 308:<br>Substituição dos óleos de coco e de milho por óleo de LBSF (50 g/ kg) por 30 dias | Melhor CA em dietas com óleo de coco e LBSF.<br>Maior relação peso/ comprimento ileal aos 30 dias de idade utilizando óleo de LBSF.<br>Maior teor de ácidos graxos láurico e mirístico da gordura abdominal (óleo de coco e de LBSF);<br>Menor teor de ácidos graxos poliinsaturados;<br>Aumento da capacidade antioxidante total.                                                                                                                                        | KIM et al. (2020)/ Coréia do Sul  |

<sup>6</sup> LBSF: Farinha de larva BSF; FLBSFp; FLBSFd; Farinha de larva de BSF desengordurada; Farinha de larva de BSF parcialmente desengordurada;

## Mosca doméstica (*Musca domestica*)

Considerada uma peste mundial, a mosca doméstica tem sido estudada desde os anos 60 como produtora de biomassa rica em proteína e gordura para a alimentação animal (CALVERT et al., 1969; MILLER e SHAW, 1969). A larva da mosca doméstica se desenvolve em temperaturas entre 25 a 30 °C e UR de 60-70% (MILLER et al., 1974) em fezes de aves, de suínos, sangue bovino, grão de trigo, restos de ovos, vísceras de animal e restos de frutas (HARDOUIN e MAHOUX, 2003; ODESANYA et al., 2011; ZHU et al., 2012).

Embora a MD seja considerada como agente potencial de risco microbiano, descobriu-se que um novo peptídeo (Hf-1) das larvas da mosca comum (*Musca domestica*) inibe, cepas de patógenos alimentares, como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella Typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis*, o que sugere que o inseto tem potencial como conservante alimentar (HOU et al., 2007).

Como a MD é considerada o mais importante vetor de muitas doenças, a inclusão das larvas e pupas na dieta dos animais traz preocupações sobre a potencial transmissão de doenças aos rebanhos, principalmente quando se oferece substratos contaminados com fungos e bactérias. Entretanto, as contaminações devido à inclusão de larvas de moscas domésticas na dieta de aves e peixes não foram relatadas (MAKKAR et al., 2014).

As galinhas com acesso a áreas externas pegam insetos em todas as fases da vida e os comem voluntariamente, o que indica que estão evolutivamente adaptadas aos insetos como parte natural de sua dieta (BOVERA et al., 2015). Portanto, parece razoável considerar a inclusão de proteínas de insetos como matéria prima a ser usada na fabricação comercial de rações de aves, e para isso, é importante desenvolver sistemas de cultivo intensivos de insetos.





Os constituintes químicos das larvas e pupas da mosca doméstica variam muito e dependem da fase de desenvolvimento, do método de processamento e do substrato utilizado para sua criação (ANIEBO e OWEN, 2010; HWANGBO et al., 2009).

Os resultados de alguns estudos realizados com aves e suínos alimentados com mosca doméstica (*Musca domestica*) foram compilados no Quadro 5.

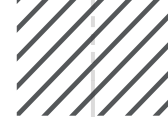
**Quadro 5.** Estudos realizados com mosca doméstica (*Musca domestica*) e seus resultados.

| Dietas experimentais                                                                                                                                                                        | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Referências/<br>País do estudo   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Galinhas caipiras: suplementação de 30-50g de larvas vivas MD (da segunda semana de idade até a fase de postura)                                                                            | Melhora no desempenho: diminuição em três na idade para a produção do primeiro ovo, aumento de 21% no tamanho da ninhada, de 38% no índice de eclodibilidade dos ovos, de 29,9% no peso dos ovos e de 14,75% no peso das aves                                                                                                                                                                                                                                                     | DANKWA et al. (2002)/ Ghana      |
| Frangos de corte: substituição de 25%, 50%, 75% e 100% de farelo de amendoim por FLMD                                                                                                       | Sem diferenças em: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, mortalidade e retenção de nutrientes com o aumento dos níveis de FLMD. A farinha de larva da mosca doméstica pode substituir até 100% o farelo de amendoim.                                                                                                                                                                                                                                              | ADENIJI (2007)/ Nigéria          |
| Poedeiras Isa Brown e Black Nera da 50ª a 58ª semana: substituição da FIP pela FLMD a 0% (D1), 6,25% (D2), 12,5% (D3), 18,75% (D4), 25% (D5)                                                | Consumo médio diário de ração, ganho de peso e conversão alimentar semelhantes.<br>Diminuição da espessura (mm) e peso da casca (g) de ovos das aves que receberam dietas contendo FLMD.<br>Peso do ovo (g), índice de gema, cor de gema, e Unidade Haugh (%) sem alterações com FLMD.                                                                                                                                                                                            | AGUNBIADI et al. (2007)/ Nigéria |
| Leitões desmamados (28 dias de idade): conteúdo ruminal (CR) + FLMD na proporção de 3:1 (17,17% PB), inclusão de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% na ração.                                           | A mistura CR+FLMD pode ser utilizada em até 20% na dieta de leitões desmamados sem causar prejuízo no desempenho dos animais ou na digestibilidade do nitrogênio. Considerando-se a viabilidade econômica da dieta, a inclusão de 10% da mistura proporcionou a melhor relação custo/ ganho de peso.                                                                                                                                                                              | ADENIJI (2008)/ Nigéria          |
| Frangos de corte Anak: substituição da FIP (dieta controle) por FLMD a 0%, 20%, 30%, 40% e 50%<br>Composição FLMD: 44,44% PB, 1,84% FB, 9,76% EE, 14,29% minerais, 0,03% Ca e 0,05% P       | Rendimento de carcaça e peso do fígado foram semelhantes para todas as aves. O peso do coração reduziu e o peso da moela aumentou com aumento do nível de FLMD na dieta.<br>A deposição de gordura inguinal aumentou com os níveis de 30% e 40% de FLMD.<br>Substituir 50% da FIP pela FLMD proporcionou desempenho superior ao controle.<br>A ração contendo FLMD foi 34,22% mais barata.                                                                                        | OKAH e ONWUJIARI (2012)/ Nigéria |
| Frangos de corte Ross 308 (do 1º ao 28º dia de idade): substituição da FIP (grupo A) por FS por 40% (grupo B), 50% (grupo C) e 60% (grupo D) da farinha de larvas da mosca doméstica (FLMD) | Peso corporal maior, consumo de ração e conversão alimentar menores para as aves do grupo D.<br>Maiores porcentagens de rendimento de carcaça e a energia metabolizável aparente no grupo D.<br>Maiores digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas foram maiores e menor fibra bruta no grupo D.<br>Sem influência nas características organolépticas da carne pela inclusão da FLMD.<br>O FS pode ser substituído em 60% por FLMD na fase inicial. | KHAN et al. (2018)/ Paquistão    |

## Larvas de Tenébrios (*Tenebrio molitor*)

As larvas de besouros tenébrios, conhecidas popularmente como bicho da farinha, são usadas para alimentar animais de companhia, animais de zoológico como aves, répteis, pequenos mamíferos anfíbios e peixes (AGUILAR-MIRANDA et al., 2002; HARDOUIN e MAHOUX, 2003; VELDKAMP et al., 2012). Medem de 20 a 32 mm de comprimento e pesam de 130-160 mg; sua fase de pupa dura de 7 a 9 dias em temperaturas de 25°C (FINKE, 2002; HARDOUIN e MAHOUX, 2003).





O *Tenebrio molitor* (TM) é onívoro e os substratos utilizados pelos TM podem ser compostos por farinha e cereais como trigo, milho, aveia, resíduos secos e cozidos de frutas, cereais (RAMOS-ELORDUY et al. 2002), frutas frescas e vegetais como a cenoura, batata, alface em várias combinações, e suplementados com fontes proteicas de farinha de soja, leite em pó desnatado e leveduras (AGUILAR-MIRANDA et al., 2002; HARDOUIN e MAHOUX, 2003).

Os TM têm a capacidade de detoxificar a zearalenona, por metabolizar parcialmente a alfa zearalenona. Entretanto, não há relatos de acúmulo de zearalenona nas larvas e consequente intoxicação dos animais que as consumiram (HORNUNG, 1991).

A composição química, mineral, aminoacídica e o perfil dos ácidos graxos dos TM podem variar conforme o substrato oferecido (OONINCX et al., 2015), o tamanho e peso da larva (RAMOS-ELORDUY et al., 2002).

O Quadro 6 demonstra estudos realizados em diferentes países com o fornecimento de TM para aves e suínos.

**Quadro 6.** Estudos realizados com *Tenebrio molitor* (TM) e seus resultados.

| Dietas experimentais                                                                                                                                                                                                                        | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Referências/ País de estudo         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Frangos de corte Arbor Acres X Vantrass: ração a base de sorgo e FS suplementada com 5 e 10% de FTM do sétimo ao 21º dia de idade                                                                                                           | Sem diferenças no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar comparado ao grupo controle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | RAMOS-ELORDUY et al. (2002)/ México |
| Frangos de corte Ross 708: Ração a base de milho e FS (dieta basal) Substituição de 250 g/ kg da dieta basal por FTM ou FBSF                                                                                                                | Coeficientes de digestibilidade aparente total (CDAT) semelhantes TM e BSF, exceto para EE (BSF foi mais digerível que FTM).<br>CDAT de MS e PB maiores para FTM do que FBSF<br>CDAT de EB maior para FBSF do que FTM<br>Não houve diferença de EMA ou EMAN.<br>Coeficiente de digestibilidade ileal aparente de AAs foi maior em TM que em BSF                                                                                                         | DE MARCO et al. (2015)/ Itália      |
| Leitões mestiços (Duroc X Landrace X Yorkshire) desmamados precocemente (14 ± 2 dias de idade) com peso médio de 4,74 kg<br>Inclusão de farinha de TM e MD em substituição à proteína do plasma em rações à base de milho e farelo de soja. | Entre 15 e 28 dias, as taxas de diarreia foram menores nos grupos TM e MD;<br>No 28º dia, a concentração de amônia no plasma foi menor nos grupos TM e MD;<br>No 56º dia de estudo, a digestibilidade ileal aparente da metionina aumentou nos grupos TM e MD;<br>A inclusão de FTM e FMD na dieta promoveram boa biodisponibilidade aparente de aminoácidos e redução na taxa de diarreia em leitões desmamados precocemente, sem afetar o desempenho. | JI et al. (2016)/ Índia             |
| Leitões desmamados (28 dias de idade) receberam dietas contendo 0%, 1,5%, 3,0%, 4,5% ou 6,0% da FTM na ração<br>Em 2 períodos pós-desmame (1 a 14 dias, e 15 a 35 dias)                                                                     | À medida em que aumentou o nível de TM na dieta, aumentou o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes, sem prejuízos na resposta imunológica.<br>No segundo período, o consumo médio diário de ração aumentou quando os suínos foram alimentados com 6,0% de FTM<br>O nível crescente de FTM melhorou o GPMD e CMR durante todo o período experimental.<br>A retenção de N e PB, e a digestibilidade da MS aumentaram linearmente.                  | JIN et al. (2016)/ Índia            |
| Frangos de corte: Suplementação com 1g/kg, 2g/kg e 3g/kg de FTM na ração                                                                                                                                                                    | Consumo de ração sem alteração, melhor ganho de peso corporal.<br>CA melhor com 3g/kg de FTM e pior sem FTM.<br>Melhor rendimento de carcaça com FTM.<br>Qualidades sensoriais da carne não alteradas pela suplementação com FTM.                                                                                                                                                                                                                       | HUSSAIN et al. (2017)/ Paquistão    |

## Gafanhotos (*Acrida cinerea* Thunberg) e grilos (*Gryllus testaceus* Walker)

Gafanhotos e grilos são considerados pragas para as lavouras contudo são consumidos por humanos em várias continentes como África, América (México) e Ásia (Japão, China,





Coréia, Tailândia, Índia) (RAMOS-ELORDUY, 1997; VAN HUIS et al., 2013). Também são utilizados na alimentação de animais de companhia e de animais de zoológico e tem-se investigado o potencial de utilização em animais de produção, especialmente na avicultura e na aquicultura (MAKKAR et al., 2014).

A composição química, mineral, aminoacídica e o perfil dos ácidos graxos de grilos e gafanhotos podem variar com o estágio de desenvolvimento desses insetos (MAKKAR et al., 2014; OONINCX et al., 2015).

WANG et al. (2005) ressaltaram que a farinha de grilo (*Gryllus testaceus*) (FGI) tem uma vantagem para a alimentação das aves devido à composição de aminoácidos, especialmente a percentagem de lisina, 4,79%, metionina, 1,93%, e cisteína, 1,01%, por isso pode ser considerada uma nova fonte proteica ou complemento na dieta das aves. Frangos que foram alimentados dos oito aos 20 dias de idade com 5%, 10% e 15% de FGI em substituição à FIP não tiveram prejuízo no ganho de peso vivo, consumo de ração e conversão alimentar.

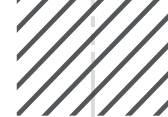
O valor nutricional e qualidade proteica da farinha de gafanhotos chinês (*Acrida cinerea*) (FGF) para frangos de corte foram estudados por WANG et al. (2007). Esses autores estabeleceram que a composição de aminoácidos da dieta contendo FGF apresenta perfil nutricional adequado em relação à farinha integral de peixe (FIP). As concentrações de metionina, cistina e lisina na FGF foram de 17,0 g/kg, 6,9 g/kg e 37,9 g/kg da MS, respectivamente. O coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos metionina, cistina e lisina na FGF foi considerado alto (0,97%, 0,84% e 0,95%, respectivamente). A energia metabolizável verdadeira corrigida por nitrogênio (EMVn) da FGF foi 11,34 MJ/kg. Os pesquisadores estabeleceram ainda que, frangos de 8 aos 20 dias de idade, alimentados FGF em substituição ao milho e FS em três níveis, 50 g/kg, 100 g/kg e 150 g/kg não tiveram prejuízos no peso, na conversão alimentar e no consumo de ração.

Na Nigéria, poedeiras em fase de postura, entre 20 a 36 semanas de idade, receberam substituição gradual de FIP na dieta por FGF (*Ornithacris cavroisi*) na proporção de 0% (controle, 0% FGF + 100% FIP), 25% (25% FGF + 75% FIP), 50% (50% FGF + 50% FIP), 75% (75% FGF + 25% FIP) e 100% (100% FGF + 0% FIP). A taxa de postura, o consumo diário de ração, a conversão alimentar, a altura do albúmen, a espessura da casca e o peso dos ovos foram semelhantes em todas as dietas. Dietas com 25% a 100% de FGF melhoraram a cor da gema e a unidade Haugh dos ovos (BRAH et al., 2017).

### **Barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) e Barata Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*)**

A barata cinérea e a barata de Madagascar, originárias do continente africano, disseminaram-se mundialmente devido à sua convivência com os seres humanos, onde podem ter à disposição água, alimento e abrigo (FERNANDES et al., 2016). Atingem a maturidade





sexual entre três e sete meses de idade; a barata cinérea reproduz-se, principalmente, por via sexuada ou, em menor escala, por partenogênese facultativa, gerando insetos menos viáveis. É de conhecimento popular que as baratas são um dos mais antigos organismos e que sobrevivem há milhões de anos, mesmo sem ar ou submersas em água, demonstrando alta resistência à radiação, inseticidas e doenças infecciosas. São insetos onívoros e podem viver por até 27 a 30 dias sem água e alimento (BELL et al., 2007; FERNANDES et al., 2016). Aparentemente, são eficientes em conversão alimentar e não requerem espaços amplos para grandes produções.

O tecido nervoso das baratas contém moléculas capazes de matar 90% das *Staphylococcus aureus* resistentes à metilina, causadoras de graves infecções hospitalares, e das *Escherichia coli* K1; portanto, o cérebro das baratas é uma espécie de depósito rico em potenciais antibióticos (LEE et al., 2011). Igualmente, as bactérias intestinais das baratas produzem moléculas ativas com propriedades antibacterianas contra *Staphylococcus aureus* resistentes à metilina, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* K1, *Salmonella enterica*, *Serratia marcescens*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Klebsiella pneumoniae* (AKBAR et al., 2018).

As farinhas da barata cinérea (FBC) e da barata de Madagascar (FBM) podem se tornar alternativas como fonte protéica para aves por sua elevada quantidade de proteínas de alto valor biológico.

A inclusão de FBM na alimentação de calopsitas (*Nymphicus hollandicus*) em cativeiro não influenciou a porcentagem de eclosão, os teores da maioria dos ácidos graxos presentes na gema, a taxa de sobrevivência dos filhotes aos 30 e 90 dias de idade, o consumo de ração comercial e de sementes durante as fases reprodutivas dos casais, com exceção do consumo de ração na fase de retorno à reprodução. Porém, aumentou o teor de colesterol na gema, a largura dos ovos, o número de filhotes viáveis com um dia de vida e reduziu o número de dias para o retorno à postura. A FBM não influenciou a taxa de sobrevivência, o peso, o comprimento total e os comprimentos do bico, da asa e da cauda dos animais, porém, aumentou o consumo de sementes do 31º ao 90º dia de idade (CARVALHO, 2017).

Ao avaliar o perfil sanguíneo de codornas de corte alimentadas com diferentes níveis de inclusão (0; 6; 12; e 18%) de FBM em substituição ao farelo de soja, SOARES (2019) observou que a inclusão da FBM na dieta não causou alterações nos parâmetros sanguíneos em comparação aos animais que receberam a dieta tradicional, sugerindo que a farinha de Barata de Madagascar pode se tornar uma alternativa, sem prejuízos à saúde dos animais, em níveis de até 18% de inclusão, por um período de até 35 dias de idade.





## Bicho-da-seda (*Bombyx mori*)

O Brasil ocupa a sexta posição na produção mundial, entre os maiores produtores de seda, juntamente com China, Índia, Uzbequistão, Tailândia e Vietnã. A produção mundial em 2011 foi de 485.000 toneladas de casulos de bicho da seda, o que resultou em 65.000 toneladas de larvas desidratadas (FAO, 2012). Os estados onde concentram a produção brasileira são Paraná (83,3%), São Paulo (12%) e Mato Grosso do Sul (4,7%).

Várias espécies de bicho-da-seda são conhecidas como *Bombyx mori* Linnaeus; *Antheraea assamensis*; *Antheraea mylitta*; *Antheraea paphia*; *Samia cynthia ricini* (MAKKAR et al. 2014). A larva do bicho da seda (LBS) é um subproduto do setor produtivo da seda. Para cada quilo de seda produzido, obtém-se 8kg de larvas in natura ou 2 kg de larvas desidratadas (PATIL et al., 2013). A pupa do bicho da seda (PBS) está disponível após a remoção dos casulos de seda por meio da fiação ou bobinagem como resíduos descartados em grandes quantidades (KHATUN et al., 2005).

Devido ao seu alto teor protéico (Tabela 1), maior que 60% PB, as larvas do bicho da seda têm sido consideradas adequadas como alimento para animais de produção, especialmente, aves e suínos (TRIVEDI et al., 2008), auxiliando na redução do impacto ambiental da indústria da seda. A farinha de pupa de bicho-da-seda possui conteúdo de aminoácidos relativamente alto (lisina, 6% a 7% da PB; e metionina, 2% a 3% da PB) e pode substituir a farinha de soja e a farinha de peixe na dieta de aves, pois não causa efeitos adversos no desempenho da produção de aves, porém requer suplementação mineral (SHEIKH et al., 2018).

Investigando a substituição de 0% a 100% de FIP por FPBS na Índia, pode-se substituir 100% da FIP nas dietas de suínos em fase de crescimento e terminação sem alterar a qualidade da carcaça e parâmetros sanguíneos MEDHI et al. (2009a), MEDHI et al. (2009b)

Em um experimento com poedeiras com 52 semanas de idade no Paquistão observou-se que o peso da ave, consumo diário de ração (g/ dia/ ave), produção diária de ovos (%), peso médio do ovo (g), conversão alimentar, digestibilidade aparente total dos nutrientes, perfil sanguíneo, peso do ovo, altura do albúmen, peso da gema e espessura da casca, não diferiram entre os grupos dietéticos de substituição do FS pelo FBS em 0%, 25%, 50%, 75% e 100% (ULLAH et al., 2017).

Alguns estudos citaram os níveis de substituição parcial de farelo de pupas de bichos-da-seda não desengordurado em até 10% para pintinhos e 50% para suínos em crescimento e terminação por farelo de soja.



## ■ PERSPECTIVAS FUTURAS

As farinhas de insetos alimentícios para serem incorporadas ao uso rotineiro na dieta de animais de produção como as aves e suínos devem estar disponíveis no mercado durante o ano todo, ser produzidas em escala industrial, com rígido controle sanitário, livres de contaminantes biológicos, de metais pesados e de pesticidas.

A literatura consultada demonstrou a viabilidade da substituição total ou parcial das fontes proteicas como farinha de peixe, farelo de soja ou plasma por farinha de insetos para aves e suínos. A digestibilidade dos nutrientes parece não ser alterada, pois, nenhum efeito negativo aparente foi relatado no desempenho ou na digestibilidade dos nutrientes dos animais alimentados com farinha de insetos. A maioria dos estudos descreveu taxas de crescimento semelhantes ou melhores quando comparados com farelo de soja, farinha integral de peixe ou sua combinação. Quando combinadas em uma formulação com farinha de peixe e farinha de insetos a digestibilidade dos nutrientes pode ser melhorada.

Gerar informações sobre a aceitabilidade e preferência do consumidor quanto à saudabilidade e ingestão de produtos de origem animal derivados de animais alimentados com rações que contenham farinha de insetos em suas formulações, bem como, sobre a segurança alimentar, são pontuais e necessários. Dados referentes aos tipos de processamento, custos de produção, composição bromatológica, ensaios de digestibilidade com dados nacionais são essenciais no desenvolvimento desta sustentável e inovadora linha de pesquisa na nutrição animal.

## ■ REFERÊNCIAS

1. Adeniji, A. A. Effect of replacing groundnut cake with maggot meal in the diet of broilers. *International Journal of Poultry Science*, v. 6, n. 11, p. 822-825, 2007.
2. Adeniji, A. A. The feeding value rumen content-maggot meal mixture in the diets of early weaned piglets. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, v. 3, n. 2, p. 115-119, 2008.
3. Agazzi A, Invernizzi G, Savoini G. New perspectives for a sustainable nutrition of poultry and pigs. *J Dairy Vet Anim Res.*, v. 3, n. 3: 00079, 2016.
4. Aguilar-Miranda, E. D.; López, M. G.; Escamilla-Santana, C.; Barba de la Rosa, A. P. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *J. Agric. Food Chem.*, v. 50, p. 192–195, 2002.
5. Agunbiade, J. A.; Adeyemi, O. A.; Ashiru, O. M.; Awojobi, H. A.; Taiwo, A. A.; Oke, D. B.; Adekunmisi, A. A. Replacement of fish meal with maggot meal in cassava-based layers' diet. *Journal of Poultry Science*, v. 44, p. 278-282, 2007.



6. Akbar N.; Siddiqui R.; Iqbal M.; Sagathevan K.; Khan N. A. Gut bacteria of cockroaches are a potential source of antibacterial compound(s). *Letters in Applied Microbiology*, v. 66, 5a Ed., p. 416- 426, 2018
7. Al-Qazzaz, M. F. A.; Ismail, D.; Akit, H.; Hakim Idris, L. H. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 45, n. 9, p. 518-523, 2016.
8. Aniebo, A. O.; Owen, O. J. Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica* Linnaeus) meal (HFLM). *Pakistan Journal of Nutrition*, v. 9, p. 485–487, 2010.
9. Arru, B.; Furesi, R.; Gasco, L.; Madau, F. A.; Pulina, P. The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass Farming. *Sustainability* 2019, 11, 1697; doi:10.3390/su11061697
10. Bellaver, C. Limitações e vantagens do uso de farinhas de origem animal na alimentação de suínos e aves. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2, 2006, CURITIBA, Anais Alltech . . .
11. Bell, W. J.; Roth, L. M.; Nalepa, C. A. Cockroaches: ecology, behavior, and natural history. The Johns Hopkins University Press: Baltimore, 2007.
12. Borrelli, L.; Varriale, L.; Dipineto, L.; Pace, A.; Menna, L. F.; Fioretti A. Insect Derived Lauric Acid as Promising Alternative Strategy to Antibiotics in the Antimicrobial Resistance Scenario. *Frontiers in Microbiology*, Volume 12, Article 620798, 2021.
13. Bovera F, Loponte R, Marono S, Piccolo G, Parisi G, Iaconisi V, Gasco L, Nizza A. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *J Anim Sci.*, v. 94, p. 639–647, 2015.
14. Brah, N.; Issa, S.; Houndonougbo, F. M. Effect of grasshopper meal on laying hens' performance and eggs quality characteristics. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 87, n. 8, p. 1005–1010, 2017.
15. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MAPA. Instrução Normativa nº 110, de 24 de novembro de 2020, sobre a regulamentação da lista de matérias-primas aprovadas como ingredientes e outras.
16. Calvert, C. C.; Martin, R. D.; Morgan, N. O. Housefly pupae as food for poultry. *J. Econ. Entomol.*, v. 62, p. 938–939, 1969.
17. Carvalho, T. S. G. Farinha de barata de madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) em dietas para calopsitas (*Nymphicus hollandicus*) mantidas em cativeiro. Tese [doutorado]. Universidade Federal de Lavras, 2017. 66 p.
18. Costa M. C., Deliza R., Rosenthal A., Hedderley D., Frewer L. Non-conventional technologies and impact on consumer behavior. *Trends in Food Science & Technology*, v. 11, p 188–193, 2000.
19. Cullere, M.; Tasoniero, G.; Giaccone, V.; Miotti-Scapin, R.; Claeys, E.; De Smet, S.; Dalle Zotte, A. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*, v. 10, n. 12, p. 1923-1930, 2016.



20. Cullere, M.; Tasoniero, G.; Giaccone, V.; Acuti, G.; Marangon, A.; Dalle Zotte, A. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Animal*, v. 12, n. 3, p. 640-647, 2017.
21. Cutrignelli, M. I.; Messina, M.; Tulli, F.; Randazzi, B.; Olivotto, I.; Gasco, L.; Loponte, R.; Bovera, F. Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. *Research in Veterinary Science*, v. 117, p. 209–215, 2018.
22. Dankwa, D.; Nelson, F. S.; Oddoye, E. O. K.; Duncan, J. L. Housefly larvae as a feed supplement for rural poultry. *Ghana Jnl agric. Sci.*, v. 35, p. 185-187, 2002.
23. De Marco, M.; Martínez, S.; Hernandez, F.; Madrid, J.; Gai, F.; Rotolo, L.; Belfortid, M.; Bergero, D.; Katz, H.; Dabboud, S.; Kovitvadhid, A.; Zoccarato, I.; Gasco, L.; Schiavone, A. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, v. 209, p. 211–218, 2015.
24. Diener, S.; Zurbrügg, C.; Roa Gutiérrez, F.; Nguyen Dang Hong, M.A.; Koottatep, T.; Tockner, K. Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints. In: *Waste Safe 2011 – 2nd Int. Conf. on Solid Waste Management in the Developing Countries*, 13–15 February, Khulna, Bangladesh, pp. 52–59, 2011.
25. Dierenfeld, E.S.; King, J. Digestibility and mineral availability of phoenix worms (*Hermetia illucens*) ingested by mountain chicken frogs (*Leptodactylus fallax*). *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*, v. 18, p. 100-105, 2009.
26. Domingues C. H. F, Borges J. A. R., Ruviaro, C. F, Guidolin D. G. F, Carrijo J. R. M. (2020) Understanding the factors influencing consumer willingness to accept the use of insects to feed poultry, cattle, pigs and fish in Brazil. *PLoS ONE* 15(4): e0224059. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224059>
27. Erickson, M. C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., Doyle, M. P. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *J. Food Prot.*, v. 67, p. 685–690, 2004.
28. Ewald, N.; Vidakovic, A.; Langeland, M.; Kiessling, A.; Sampels, S.; Lalander, C. Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)—Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Manag.*, v. 102, p. 40–47, 2020.
29. FAO. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012.
30. Fernandes, I. S.; Ferreira, D. N.; Ferreira, J. A.; Lima, C. L. B.; Souza Junior, L. P.; Pena, M. S. Mito ou verdade: baratas *Nauphoeta cinerea* (Oliver, 1789) conseguem sobreviver decapitadas e sem alimento? *Sinapse Múltipla*, v. 5, n. 2, p. 99-99, 2016
31. Ferrer Llagostera P, Kallas Z, Reig L, Amores de Gea D. The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay, *Journal of Cleaner Production*, v. 229, p. 10-21, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.012>.
32. Finke, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.*, v. 21, p. 269–285, 2002.

33. Fontes, T. V.; Oliveira, K. R. B.; Almeida, I. L. G.; Orlando, T. M.; Rodrigues, P. B.; Costa, D. V.; Rosa, P. V. Digestibility of Insect Meals for Nile Tilapia Fingerlings. *Animals* v. 9, n. 4, p. 181, 2019; doi:10.3390/ani9040181
34. Fortuoso, B. F.; Reis, J. H.; Gebert, R. R.; Barreta, M.; Griss, L. G.; Casagrande, R. A.; Cristo, T. G.; Santiani, F.; Campigotto, G.; Rampazzo, L.; Stefani, L. M.; Boiago, M. M.; Lopes, L. Q.; Santos, R. C. V.; Baldissera, M. D.; Zanette, R. A.; Tomasi, T.; Silva, A. S. Glycerol monolaurate in the diet of broiler chickens replacing conventional antimicrobials: impact on health, performance and meat quality. *Microb. Pathog.* v. 129, p. 161–167. doi: 10.1016/j.micpath.2019.02.005
35. Hardouin, J.; Mahoux, G.; 2003. Zootechnie d'insectes – Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. In: Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage (BEDIM), 164 p. Disponível em < [http://www.fastonline.org/CD3WD\\_40/LSTOCK/001/ITProv\\_May\\_2005/h4338f%20Zootehnie%20d'insectes/begin.htm](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/LSTOCK/001/ITProv_May_2005/h4338f%20Zootehnie%20d'insectes/begin.htm) > Acesso em 22 de agosto de 2018.
36. Hornung, B., 1991. The importance of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L. 1758) as carriers of zearalenone when fed to insectivorous birds and other pet animals. In: Die Bedeutung der Larven des Mehlkafers (*Tenebrio molitor*, L. 1758) als Übertrager von Zearalenon in der Fütterung von insektivoren Vögeln und anderen Heimtieren, 81 pp.
37. Hou, L.; Shi, Y.; Zhai, P.; Le, G. Inhibition of foodborne pathogens by Hf-1, a novel antibacterial peptide from the larvae of the housefly (*Musca domestica*) in medium and orange juice. *Food Control*, v. 18, p. 1350–1357, 2007.
38. Hussain, I.; Khan, S.; Sultan, A.; Chand, N.; Khan, R.; Alam, W.; Ahmad, N. Meal worm (*Tenebrio molitor*) as potential alternative source of protein supplementation in broiler. *International Journal of Biosciences*, v. 10, n. 4, p. 255-262, 2017.
39. Hwangbo, J.; Hong, E. C.; Jang, A.; Kang, H. K.; Oh, J. S.; Kim, B. W.; Park, B. S. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J. Environ. Biol.*, v. 30, p. 609–614, 2009.
40. Ji, Y. J.; Liu, H. N.; Kong, X. F.; Blachier, F.; Geng, M. M.; Liu, Y. Y.; Yin, Y. L. Use of insect powder as a source of dietary protein in early-weaned piglets. *J. Anim. Sci.*, v. 94, p. 111–116, 2016.
41. Jin, X. H.; Heo, P.S.; Hong, J. S.; Kim, N. J.; Kim, Y. Y. Supplementation of Dried Mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Blood Profiles in Weaning Pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, v. 29, n. 7, p. 979-986, 2016.
42. Khatun R.; Howlider, M. A. R.; Rahman, M. M.; Hasanuzzaman, M. Replacement of Fish Meal by Silkworm Pupae in Broiler Diets. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, v. 6, n. 11, p. 955-958, 2003.
43. Khatun R, Azmal SA, Sarker MSK, Rashid MA, Hussain MA, Miah MY. Effect of silkworm pupae on the growth and egg production performance of Rhode Island Red (RIR) pure line. *Int J Poult Sci.*, v. 4, p. 718–720, 2005.
44. Khan, M.; Chand, N.; Khan, S.; Khan R. U.; Sultan A. Utilizing the house fly (*Musca domestica*) larva as an alternative to soybean meal in broiler ration during the starter phase. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 20, n. 1, p. 9-14, 2018.

45. Khan S, Naz S, Sultan A, Alhidary IA, Abdelrahman MM, Khan RU, et al. Worm meal: A potential source of alternative protein in poultry feed. *World's Poultry Science Journal*, v. 72, n. 01, p. 93-102, 2016
46. Kim Y. B.; Kim, D.; Jeong, S.; Lee, J.; Kim, T.; Lee, H.; Lee, K. Black soldier fly larvae oil as an alternative fat source in broiler nutrition. *Poultry Science*, v. 99, p. 3133–3143, 2020.
47. Lee, S.; Duce, I.; Atkins, H.; Khan, N. A. Cockroaches and locusts: physicians' answer to infectious diseases. *International Journal of Antimicrobial Agents*, v. 37, n. 3, p. 279–280, 2011. doi:10.1016/j.ijantimicag.2010.12.005
48. Makkar, H. P. S.; Tranb, G.; Heuzéb, V.; Ankersa, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, v. 197, p. 1–33, 2014.
49. Marono, S.; Loponte, R.; Lombardi, P.; Vassalotti, G.; Pero, M. E.; Russo, F.; Gasco, L.; Parisi, G.; Piccolo, G.; Nizza, S.; Di Meo, C.; Attia, Y. A.; Bovera, F. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poultry Science*, v. 96, p. 1783–1790, 2017.
50. Medhi, D.; Math, N. C.; Sharma, D. N. Effect of silk worm pupae meal and enzyme supplementation on blood constituents in pigs. *Indian Veterinary Journal*, v. 8, p. 433-434, 2009a.
51. Medhi, D.; Math, N. C.; Gohain, A. K.; Bhuyan, R. Effect of silkworm pupae meal on carcass characteristics and composition of meat in pigs. *Indian Veterinary Journal*, v. 86, p. 816-818, 2009b.
52. Miller, B. F.; Shaw, J. H. Digestion of poultry manure by *Diptera*. *Poult. Sci.*, v. 48, p. 1844–1845, 1969 (abstract).
53. Miller, B. F.; Teotia, J. S.; Thatcher, T. O. Digestion of poultry manure by *Musca domestica*. *Br. Poult. Sci.*, v. 15, p. 231–234, 1974.
54. Moniello, G.; Ariano, A.; Panettieri, V.; Tulli, F.; Olivotto, I.; Messina, M.; Randazzo, B.; Severino, L.; Piccolo, G.; Musco, N.; Addeo, N. F.; Hassoun, G.; Bovera, F. Intestinal Morphometry, Enzymatic and Microbial Activity in Laying Hens Fed Different Levels of a *Hermetia illucens* Larvae Meal and Toxic Elements Content of the Insect Meal and Diets. *Animals*, v. 9, p. 86, 2019; doi:10.3390/ani9030086.
55. Nekrasov, R. V.; Chabaev, M. G.; Pashkova, L. A.; Bogolubova, N. V.; Ushakova, N. A.; Kravtsova, L. Z.; Pravdin, I. V. Dried black soldier fly larvae *Hermetia illucens* in diets to growing pigs. 66th EAAP Annual Meeting, Warsaw, Poland, 2015.
56. Newton, L.; Sheppard, C.; Watson, D. W.; Burtle, G.; Dove, R. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. *In: Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center. North Carolina State University, 2005. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/267377822\\_Using\\_the\\_Black\\_Soldier\\_Fly\\_Hermetia\\_Illucens\\_as\\_a\\_Value-Added\\_Tool\\_for\\_the\\_Management\\_of\\_Swine\\_Manure](https://www.researchgate.net/publication/267377822_Using_the_Black_Soldier_Fly_Hermetia_Illucens_as_a_Value-Added_Tool_for_the_Management_of_Swine_Manure)>*
57. Newton, G.; Sheppard, D.; Burtle, G. Black Soldier Fly Prepupae: a compelling alternative to fish meal and fish oil. public comment on alternative feeds for aquaculture. NOAA 15/11//2007–29/2. 2008. Disponível em <[https://www.aquacircle.org/images/pdfdokumenter/udvikling/andre/amerika/Soldier\\_fly\\_compelling\\_alternative\\_NOAA-USDA.pdf](https://www.aquacircle.org/images/pdfdokumenter/udvikling/andre/amerika/Soldier_fly_compelling_alternative_NOAA-USDA.pdf)>

58. Odesanya, B. O.; Ajayi, S. O.; Agbaogun, B. K. O.; Okuneye, B. 2011. Comparative evaluation of nutritive value of maggots. *Int. J. Sci. Eng. Res.*, v. 2, n. 11, 2011. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/265076991\\_Comparative\\_Evaluation\\_of\\_Nutritive\\_Value\\_of\\_Maggots](https://www.researchgate.net/publication/265076991_Comparative_Evaluation_of_Nutritive_Value_of_Maggots)>
59. Okah, U.; Onwujiariri, E. B. Performance of finisher broiler chickens fed maggot meal as a replacement for fish meal. *Journal of Agricultural Technology*, v. 8, n. 2, p. 471-477, 2012.
60. Onsongo, V. O.; Osuga, I. M.; Gachui, C. K.; Wachira, A. M.; Miano, D. M.; Tanga, C. M.; Ekesi, S.; Nakimbugwe, D.; Fiaboe, K. K. M. Insects for income generation through animal feed: effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance. *Journal of Economic Entomology*, v. 11, n. 4, p. 1966-1973, 2018. Disponível em <https://doi.org/10.1093/jee/toy118>
61. Oonincx, D. G. A. B.; van Broekhoven, S.; van Huis, A.; van Loon, J. J. A. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, v. 10, n. 12, p. e0144601, 2015.
62. Patil, S. R.; Amena, S.; Vikas, A.; Rahul, P.; Jagadeesh, K.; Praveen, K. Utilization of silkworm litter and pupal waste-an eco-friendly approach for mass production of *Bacillus thuringiensis*. *Bioresour. Technol.*, v. 131, p. 545-547, 2013.
63. Pedigo LP. 2002. *Entomology and pest management*. New York, NY, USA: Prentice Hall.
64. Ramos-Elorduy, J.; González, E. A.; Hernández, A. R.; Pino, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. *Journal of Economic Entomology*, v. 95, n. 1, p. 214-220, 2002.
65. Rumpold, B. A.; Schlüter, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. - *Mol. Nutr. Food Res.*, v. 57, p. 802-823, 2013.
66. Sauvant, D.; Perez, P. M.; Tran, G. *Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. 2nd édition. ISBN 2738011586, 301 p, INRA Editions, Versailles, 2004.
67. Schiavone, A.; De Marco, M.; Martínez, S.; Dabbou, S.; Renna, M.; Madrid, J.; Hernandez, F.; Rotolo, L.; Costa, P.; Gai, F.; Gasco, L. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v. 8, p. 51, 2017.
68. Secci, G.; Bovera, F.; Nizza, S.; Baronti, N.; Gasco, L.; Conte, G.; Serra, A.; Bonelli, A.; Parisi, G. Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Animal*, v. 12, n. 10, p. 2191-2197, 2018
69. Sheikh, I. U.; Banday, M. T.; Baba, I. A.; Adil, S.; Nissa, S. S.; Zaffer B.; Bulbul, K. H. Utilization of silkworm pupae meal as an alternative source of protein in the diet of livestock and poultry: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v. 6, n. 4, p. 1010-1016, 2018.
70. Soares, P. D. F. Características hematológicas e histopatológicas de codornas de corte alimentadas com farinha de barata de Madagascar. Dissertação [Mestrado]. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais – ICA/UFMG, Montes Claros, 2018. Disponível em <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ICAS-BCTENH/1/disserta\\_\\_o\\_final\\_patriicia\\_dawylla\\_de\\_freitas\\_soares\\_\\_pdf.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ICAS-BCTENH/1/disserta__o_final_patriicia_dawylla_de_freitas_soares__pdf.pdf)>

71. Sypniewski, J.; Kierończyk, B.; Benzertiha, A.; Mikołajczak, Z.; Pruszyńska-Oszmałek, E.; Kołodziejcki, P.; Sassek, M.; Rawski, M.; Czekala, W.; Jóźefiak, D. (2020): Replacement of soybean oil by *Hermetia illucens* fat in turkey nutrition: effect on performance, digestibility, microbial community, immune and physiological status and final product quality. *British Poultry Science*, v. 61, n. 3, p. 294-302, 2020. DOI:10.1080/00071668.2020.1716302
72. Trivedy, K.; Kumar, S. N.; Mondal, M.; Kumar Bhat, C. A. Protein banding pattern and major amino acid component in de-oiled pupal powder of silkworm, *Bombyx mori* Linn. *J. Entomol.*, v. 5, p. 10–16, 2008.
73. Tsukamoto R. Y.; Takahashi N. S. Falta de proteína para ração: estrangulamento da aquicultura no Brasil. *Panorama Aquicultura*, p. 8-9, nov./dez. 1992.
74. Ullah, R.; Khan, S.; Khan, N. A.; Mobashar, M.; Sultan, A.; Ahmad, N.; Lohakare, J. Replacement of soybean meal with silkworm meal in the diets of white leghorn layers and effects on performance, apparent total tract digestibility, blood profile and egg quality. *Int J Vet Health Sci Res.*, v. 5, n. 7, p. 200-207, 2017.
75. Ushakova, N. A., Brodskii, E. S., Kovalenko, A. A., Bastrakov, A. I., Kozlova, A. A., & Pavlov, D. S.. Characteristics of lipid fractions of larvae of the black soldier fly *Hermetia illucens*. *Doklady Biochemistry and Biophysics*, v. 468, n. 1, p. 209–212, 2016. doi:10.1134/s1607672916030145
76. van Huis, A.; van Itterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G.; Vantomme, P. *Edible Insects – Future Prospects for Food and Feed Security*. FAO Forestry Paper 171, 2013. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>>.
77. Veldkamp T, Bosch G. 2015. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Anim Front.* 5:45–50.
78. Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, C. M. M., Ottevanger, E., Bosch, G., van Boekel, M. A. J. S., 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. In: *Rapport 638 – Wageningen Livestock Research*. Disponível em <[http://www.wageningenur.nl/upload mm/2/8/0/f26765b9-98b2-49a7-ae43-5251c5b694f6234247%5B1%5D](http://www.wageningenur.nl/upload_mm/2/8/0/f26765b9-98b2-49a7-ae43-5251c5b694f6234247%5B1%5D)>
79. Vidigal MCTR, Minim VPR, Simiqueli AA, Souza PHP, Balbino DF, Minim LA. Food Technology neophobia and consumer attitudes toward foods produced by new and conventional technologies: A case study in Brazil. *Food Science and Technology*, v. 60, p.832–840, 2015.
80. Vrij. M. Insects as alternative raw material for use in fish feeds. *Aquacultuur*, 2013. Disponível em <http://ngn.co.nl/wp-content/uploads/2013/12/Aquacultuur-Insects-for-fishfeed-Jan-2013.pdf>
81. Wang, D.; Zhai, S.; Zhang, C.; Zhang, Q.; Chena, H. Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, v. 135, p. 66–74, 2007.
82. Wang, D.; Zhai, S.; Zhang, C.; Bai, Y.; An, S. ; Xu, Y. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v. 18, n. 5, p. 667-670, 2005.
83. Xu, X.; Ji, H.; Belghit, I.; Sun, J. Black soldier fly larvae as a better lipid source than yellow mealworm or silkworm oils for juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). *Aquaculture*, v. 527, article 735453, 2020.



84. Zhou, Z., Huang, J., Hao, H., Wei, H., Zhou, Y., Peng, J. Applications of new functions for inducing host defense peptides and synergy sterilization of medium chain fatty acids in substituting in-feed antibiotics. *J. Funct. Foods*, v. 52, p. 348-59, 2019. doi: 10.1016/j.jff.2018.11.028
85. Zhu, F. X.; Wang, W. P.; Hong, C. L.; Feng, M. G.; Xue, Z. Y.; Chen, X. Y.; Yao, Y. L.; Yu, M. Rapid production of maggots as feed supplement and organic fertilizer by the two-stage composting of pig manure. *Bioresour. Technol.*, v. 116, p. 485–491, 2012.



---

# Amonização de restolho de milho com diferentes níveis de ureia

| Aksandra Brás Nunes de **Carvalho**  
UESPI

| Anarlete Ursulino **Alves**  
UESPI

| Antonia Leidiana **Moreira**  
UESPI

| Hidaliana Paumerik Aguiar **Bastos**  
UESPI

| Diego Helcias **Cavalcante**  
UFPI

| Miguel Arcanjo **Moreira Filho**  
UFPI

| Warlington Aquilis Araújo **Coelho**  
UESPI

| Tânia Martins de **Sousa**  
UESPI

| Edilberto Oliveira de **Carvalho**  
UESPI

| Marlei Rosa dos **Santos**  
UESPI

# RESUMO

O uso da ureia no tratamento químico de volumosos é uma técnica simples, de fácil desempenho no tratamento de subprodutos da agricultura com altos teores de fibra, sendo uma técnica viável e uma alternativa para produtores rurais, para aumentar a qualidade dos alimentos fibrosos a serem abastecidos aos animais, o uso de ureia justifica-se como fonte de amônia pelo baixo custo. Avaliou-se a composição química do restolho de milho amonizado com diferentes níveis de ureia. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, 3x5 (três níveis de amonização 0, 3 e 6%) com cinco repetições (sacos). O material foi colocado no saco de polietileno escuro, com dimensão 0,6 x 0,9 m e espessura 0,03 mm, vedando-o com fita adesiva para evitar perdas de amônia quando da ureólise, permaneceu vedado por 30 dias. Após 30 dias, os sacos foram abertos e o material amonizado foi submetido à aeração por 48 horas, visando eliminar o excesso de amônia. Observou-se que os teores de MS, PB, FDN e hemicelulose foram influenciados pelos diferentes níveis de adição de ureia na amonização do restolho da cultura do milho. A amonização do feno de restolho da cultura do milho com diferentes níveis de ureia promove redução dos constituintes da parede celular. Recomenda-se, em amonização de restolho de milho com ureia, a adição de até 3% de ureia na MS.

**Palavras-chave:** Parâmetros Bromatológicos, Produtividade Animal, Zea Mays.

## ■ INTRODUÇÃO

A maior parte do território brasileiro caracteriza-se por duas estações (chuvosa e seca) bem definidas, o que implica na estacionalidade da produção de forragens. A alta produção de forrageiras no período chuvoso muitas vezes é subutilizada e parte acaba sendo perdida, enquanto, no período seco do ano, ocorre escassez de forragem para alimentação dos rebanhos. No entanto, para que os animais mantenham bons níveis de produção ao longo do ano, é necessário o uso de volumosos de qualidade também no período seco (DANTAS et al., 2016).

O Brasil produz grande quantidade de subprodutos, e as principais restrições nutricionais para a uso de resíduos agrícolas e sobras de cultura na alimentação de ruminantes deve-se, em geral, aos altos conteúdos dos inibidores da digestão ou fatores antinutricionais como lignina, compostos fenólicos e aos pequenos valores de compostos nitrogenados, minerais e energia disponível nesses restos (SILVA et al., 2014).

Denomina-se restolho ou palhada de milho o resíduo agrícola correspondente à parte aérea da planta de milho sem a espiga principal, seca no naturalmente a campo. O restolho contém folhas, colmos e a espiga secundária. A palhada de milho, seca à campo, sem tratamento prévio, possui baixa qualidade nutricional (MOREIRA FILHO et al., 2013).

A amonização de forragens tem sido utilizada com a finalidade de manter forragens conservadas e também para a melhora do valor nutritivo de volumosos em geral por meio do fornecimento de nitrogênio não proteico, pela diminuição na fração da fibra em detergente neutro (FDN) e pelo aumento na digestibilidade do material tratado (CARVALHO et al., 2006).

O uso da ureia no tratamento químico de volumosos é uma técnica simples, de fácil desempenho no tratamento de subprodutos da agricultura com altos teores de fibra, sendo uma técnica viável e uma das alternativas para os pequenos produtores rurais, para aumentar a qualidade dos alimentos fibrosos a serem abastecidos aos animais, o uso de ureia justifica-se como fonte de amônia pelo seu baixo custo. Segundo Rosa et al. (1998) a utilização de ureia como fonte de amônia tem originado resultados satisfatórios quanto à melhora da qualidade de volumosos.

Muitas pesquisas têm indicado que o tratamento de volumosos de baixo valor nutritivo, utilizando fontes de amônia, pode melhorar a qualidade desses produtos, elevando seu valor nutritivo consumido e aproveitado pelos animais, por promover alterações acentuadas nos componentes das frações fibrosas e compostos nitrogenados (ZANINE et al., 2007).

Portanto, a técnica da amonização é uma alternativa viável para suprir a demanda por volumosos de boa qualidade durante o período seco, por reduzir os teores de FDN (fibra em detergente neutro) e elevar o teor de compostos nitrogenados dos volumosos com baixo valor nutricional (TONUCCI, 2006).



## ■ OBJETIVOS

Objetivou-se avaliar a composição química do restolho de milho amonizado com diferentes níveis de ureia quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro (FDA), cinzas (MM), matéria orgânica (MO), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG).

## ■ MÉTODOS

### Localização do experimento e análises químicas

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Piauí, campus de Uruçuí, PI, localizada na região sul do estado, latitude  $-07^{\circ}13'46''$ , longitude  $-44^{\circ}33'22''$  e altitude 167 metros. As amostras foram processadas no Laboratório de Nutrição Animal, no Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, em Teresina, PI, e encaminhadas para realização das análises químicas no Laboratório da Universidade Federal da Paraíba. O restolho de milho utilizado no experimento foi proveniente da Fazenda Condomínio Agrícola Colibri, área que foi plantado 246 ha com a adubação 250 kg de MAP, 200 kg KCL e 270 kg de ureia, a variedade usada foi STATUS. O restolho de milho foi colhido após a colheita das espigas principais, destinadas a produção de grãos, de forma manual. No momento da colheita o material possuía baixo teor de umidade, cerca de 12%, ponto de feno. Após a colheita triturou-se em máquina forrageira e submeteu-se o restolho à amonização com ureia nas proporções de 0, 3 e 6% da matéria seca (MS), figura 1.

**Figura 1.** A) Restolho de milho picado e B) Níveis de ureia





## Amonização do restolho de milho

Para amonização do material, dissolveu-se a ureia em uma quantidade de água suficiente para elevar o teor de umidade do restolho de milho a 30%, umidade ideal para ação da ureia sobre os nutrientes contidos no material tratado (GOBBI et al., 2005), e aspergiu uniformemente sobre o material com auxílio de um regador, figura 2. Posteriormente, colocou-se o material no saco de polietileno escuro, com dimensão 0,6 x 0,9 m e espessura 0,03 mm, vedando-o com fita adesiva para evitar perdas de amônia quando da ureólise, permanecendo vedado por 30 dias (GOBBI et al., 2005). Após 30 dias, os sacos foram abertos e o material amonizado foi submetido à aeração por 48 horas, visando eliminar o excesso de amônia.

**Figura 2.** Processo de amonização do restolho de milho com diferentes níveis de ureia



## Análises químicas

As amostras do restolho de milho amonizado processadas em moinho tipo *Willey* dotado de peneira com crivos 1,0 mm e acondicionadas em recipientes com tampas para posteriores análises bromatológicas quanto ao teor de matéria seca, e com base na MS, proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM), seguindo as metodologias da AOAC, 2012. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados pelo método de Van Soest (1991), adaptado por Souza et al. (1999). O teor de hemicelulose foi estimado pela fórmula:  $HCEL = FDN - FDA$ .





## Análise estatística

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado 3x5 (três níveis de amonização 0, 3 e 6%) com cinco repetições (sacos) e os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, utilizando a ferramenta PROC GLM do SAS (2002), sendo adotado o teste Tukey ao nível de 5%.

## ■ RESULTADOS

Os teores de MS, PB, FDN e HCEL foram influenciados ( $P<0,05$ ) pelos diferentes níveis de adição de ureia na amonização do restolho da cultura do milho. Os níveis de ureia na amonização do restolho da cultura do milho não influenciaram os teores de MM, MO, FDA e LIG ( $P<0,05$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Composição química de restolho de milho amonizado com diferentes níveis de ureia na MS

| Ingrediente/Nutriente* | Níveis de ureia na MS (%) |                    |                    | CV    |
|------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                        | 0                         | 3                  | 6                  |       |
| MS                     | 92,15 <sup>a</sup>        | 89,80 <sup>b</sup> | 89,48 <sup>b</sup> | 0,36  |
| MM                     | 3,20 <sup>a</sup>         | 4,36 <sup>a</sup>  | 3,35 <sup>a</sup>  | 25,58 |
| MO                     | 96,76 <sup>a</sup>        | 95,64 <sup>a</sup> | 96,64 <sup>a</sup> | 0,97  |
| PB                     | 4,23 <sup>c</sup>         | 13,50 <sup>b</sup> | 29,58 <sup>a</sup> | 19,60 |
| FDN                    | 83,67 <sup>a</sup>        | 75,73 <sup>b</sup> | 73,93 <sup>b</sup> | 5,65  |
| FDA                    | 44,00 <sup>a</sup>        | 42,11 <sup>a</sup> | 41,54 <sup>a</sup> | 3,50  |
| HCEL                   | 39,66 <sup>a</sup>        | 34,19 <sup>b</sup> | 31,82 <sup>b</sup> | 9,02  |
| LIG                    | 4,83 <sup>a</sup>         | 4,49 <sup>a</sup>  | 4,72 <sup>a</sup>  | 13,27 |

\*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.  
CV (Coeficiente de variação), MS (Matéria seca), MM (Matéria mineral), MO (Matéria orgânica), PB (Proteína bruta), FDN (Fibra em detergente neutro), FDA (Fibra em detergente ácido).

A amonização com restolho de milho com diferentes níveis de ureia resultou em aumento ( $P<0,05$ ) no teor de PB, obtendo maior teor o tratamento com 6% de ureia na MS (29,58%).

Observou-se redução nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) nos tratamentos com a adição dos níveis de ureia no material tratado, o mesmo comportamento ocorreu com os teores de hemicelulose, com decréscimos a partir da adição de ureia com 3% (34,19) e 6% (31,82) na amonização de restolho de milho. Enquanto, os teores de FDA e lignina não foram influenciados em função dos níveis de ureia no restolho de milho amonizado.

## ■ DISCUSSÃO

Os teores de matéria seca (MS) decresceram significativamente à medida que as doses de ureia foram elevadas, a redução do teor de MS do feno não implica em perda de MS, podendo ser atribuída à umidade adicionada ao material tratado, uma vez a ureia





foi dissolvida em água em quantidade necessária para elevar o teor de umidade do feno a aproximadamente 30% (GOBBI et al., 2005).

A tendência de redução no teor de MS evidencia que em materiais amonizados é possível que ocorra diminuições desta variável devido ao elevado poder higroscópico da ureia, fazendo com que o material absorva umidade do ambiente. Moreira Filho et al. (2013), observaram redução nos teores de MS quando se aumentou os níveis de ureia em restolho de milho amonizado.

Não se observou diferença significativa ( $P>0,05$ ) para os teores de matéria mineral (MM), resultado diferente do observado por Moreira Filho et al. (2013), ao estudarem diferentes níveis de ureia na amonização do restolho de milho, obtiveram redução nos teores de MM. Os teores de matéria orgânica (MO) não foram influenciados pelos diferentes níveis de ureia.

Carvalho et al. (2006), ao trabalhar com valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de ureia, obtiveram aumento no teor de PB. Esse aumento pode ser explicado pela adição de N não proteico (NNP) em doses crescentes ao material tratado, este composto pode ser utilizado como substrato para crescimento da população microbiana do rúmen (MOREIRA FILHO et al., 2013).

A redução nos teores de FDN nos tratamentos com diferentes doses de ureia ocorreu devido ao processo de amonização no restolho. Segundo Van Soest (1994) quando materiais fibrosos são tratados com produtos alcalinos, como a ureia, as ligações intermoleculares, mais especificamente as pontes de hidrogênio, entre as moléculas de celulose se rompem, solubilizando parte deste componente da parede celular.

Ao estudarem a degradabilidade ruminal de casca de feijão-fava amonizada com ureia, Silva et al. (2017), obtiveram redução nos teores de fibra em detergente neutro obtidas apenas com doses de 6% de ureia (75,7%).

Giuliane (2001), verificou ligeiro aumento nos teores de FDA para feno de capim Tifton-85 amonizado com ureia e amônia anidra, o que pode estar associado a solubilização de um ou mais constituintes da parede celular e ao fato de os resultados obtidos serem expressos em termos percentuais da matéria seca, o que resulta em aumento da frações não-solubilizadas durante o tratamento.

Segundo Klopfenstein et al. (1978), a redução no conteúdo de FDA nos materiais amonizados está associada à solubilização de lignina e celulose, presumidamente como um resultado da redução da cristalinidade da celulose e também em razão de sua expansão e da saponificação das ligações éster entre lignina e hemicelulose.

As reduções nos teores de hemicelulose em função dos níveis de ureia estão paralelamente relacionados com as reduções nos teores de FDN. A solubilização parcial da





hemicelulose, causa alterações na fração fibrosa, proporcionando decréscimo nos conteúdos de fibra em detergente neutro (BERGER et al., 1994). A amônia atua principalmente sobre os constituintes da parede celular, solubilizando a hemicelulose e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade de carboidratos solúveis (PEREIRA et al., 2004).

O teor de lignina não foi influenciado pelos níveis de ureia nas silagens de restolho de milho. Resultados semelhantes foram obtidos por Moreira Filho et al. (2013), ao estudarem diferentes níveis de ureia em silagens de restolho de milho amonizados. Este resultado pode ser explicado devido a lignina ser um complexo polímero com caráter fenólico e resistente à hidrólise. Na planta, sua rigidez e hidrofobia são importantes para o suporte mecânico (BRAGATTO, 2007).

## ■ CONCLUSÃO

Amonização de restolho de milho com diferentes níveis de ureia promove redução da fibra em detergente neutro e hemicelulose. O teor de PB é incrementado com a amonização do restolho da cultura do milho a partir de 3% de ureia na MS.

## ■ REFERÊNCIAS

1. AOAC International. Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th.ed., Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA, 2012.
2. BERGER, L.L., FAHEY JR., G.C., BOURQUIM, L.O. et al. Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY Jr. et al. (Eds) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 922-966. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/1994.foragequality.c23>. Acesso em 27 de março de 2018.
3. CARVALHO, G.G.P. et al. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com https://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n5/24.pdfquatro doses de ureia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.41, p. 125-132, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v41n1/28149.pdf>. Acesso em 03 de junho de 2018.
4. DANTAS, G.F. et al. Produtividade e qualidade da Brachiaria irrigada no outono/inverno. **Journal of the brazilian association of agricultural engineering**. v.36, n.3, 469-481, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p469-481/2016>.
5. GIULIANI, A.C **Consumo, digestibilidade e eficiencia microbiana, em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 amonizado**. Tese (Programa de Pós Graduação em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2001. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/11031>. Acesso em 04 de junho de 2018.
6. GOBBI, K. F. et al. Composição química e digestibilidade in vitro do feno de Brachiaria decumbens Stapf. Tratado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 720-725, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000300002>.



7. KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crop residues. **Journal Animal Science**, v.46, n.3, p.841-848, 1978. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000096&pid=S1516-3598200500030000200012&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000096&pid=S1516-3598200500030000200012&lng=en). Acesso em 02 de maio de 2018.
8. MOREIRA FILHO, M.A.M. et al. Nutritional value of hay from maize-crop stubble ammonia-ated with ureia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 893-901, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400028>.
9. PEREIRA, V.L.A.; SILVA, V.M.; LIRA, M.A. et al. Composição bromatológica, consumo voluntário e digestibilidade do restolho de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) var. Sart) amonizado com ureia. **Revista Científica de Produção Animal**, v.6, n.2, p.9-15, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/rcpa/article/view/42670/21219>. Acesso em 30 de junho de 2018.
10. ROSA, B. et al. Valor nutritivo dos fenos de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 4, p. 815-822, 1998a. Disponível em: <http://www.sbz.org.br/revista/artigos/1821.pdf>. Acesso em 10 de março de 2018.
11. ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: SINPOSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais ... Maringá: UEM/CCA/DZA**, 2001. P.41-63. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/Amonia-anidra.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2018.
12. SILVA, A.M. et al. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata scientiae**. v.5, n.4, p.370-379, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Leide/Downloads/39038-144746-1-PB.pdf>. Acesso em 23 de abril de 2018.
13. SILVA, R.N.P. et al. Degradabilidade ruminal de casca de vagem de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) amonizada com ureia. **Revista brasileira de saúde produção animal**. Salvador, v.18, n.1, p.26-37, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402017000100004>.
14. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). **Statistical Analysis System User's Guide: Statistics**, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA: SAS Institute Inc, 2002.
15. TONUCCI, R. G. **Valor nutritivo do feno de capim-Tifton 85 amonizado com ureia**. 1978. 41p. Dissertação (Mestrado Produção Animal) Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2006. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/5754>. Acesso em 28 de maio de 2018.
16. VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030291785512>. Acesso em 30 de junho de 2018.
17. VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
18. ZANINE, A. M et al. Efeito de níveis de ureia sobre o valor nutricional do feno de capim- Tanzânia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 2, p. 333-340, 2007. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/3446/2802>. Acesso em 04 de junho de 2018.

---

# Desenvolvimento vegetativo de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick) no Sertão de Alagoas

- | Wesley Reniberg Timoteo **Silva**  
UNEAL
- | Ariane Loudemila Silva de **Albuquerque**  
UNEAL
- | Francisca Márcia França **Soares**  
UNEAL
- | Cristina França **Soares**  
UNEAL
- | Maria do Carmo **Carneiro**  
UNEAL
- | Rinaldo José de Souto **Maior Júnior**  
IFAL

# RESUMO

A palma forrageira é adaptada às regiões de clima semiárido, constituindo importante fonte de alimento para os rebanhos no período de estiagem, sobretudo no Nordeste do Brasil. Objetivou-se a avaliar o crescimento da palma miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick) em sistema sequeiro em função da adubação orgânica no município Santana do Ipanema-AL. O experimento foi realizado na comunidade Serrote dos Braz, localizada no município de Santana do Ipanema, mesorregião do Sertão Alagoano. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com arranjo de parcelas subdivididas, sendo 42 repetições ao todo, 18 unidades experimentais correspondente ao tratamento com esterco bovino e o mesmo número de parcelas para o tratamento de com esterco de aves. O tratamento testemunha que recebeu adubação mineral teve um total de 6 unidades experimentais. Para avaliação do desenvolvimento vegetativo da palma forrageira foi observada os aspectos morfométricos dos cladódios e das plantas. As características analisadas nos cladódios foram à largura, comprimento e perímetro, determinados com o auxílio de uma fita métrica. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância seguida pelo teste de Tukey. Conclui-se que as plantas que receberam a adubação orgânica com esterco de aves apresentaram médias morfológicas superiores aos demais tratamentos. Com relação à temperatura do solo, os maiores índices foram observados às 11:00, 13:00 e 15:00 horas durante o período de observação do experimento.

**Palavras-chave:** Cactácea, Esterco, Nutrição, Semiárido.

## ■ INTRODUÇÃO

As irregularidades pluviométricas da região semiárida nordestina afetam não apenas a vida das pessoas, como também a criação de animais e a produção de alimentos para os mesmos. A partir desses desafios é importante buscar alternativas que minimizem os efeitos da escassez de insumos empregados na alimentação animal. Em termos de produção forrageira há períodos de disponibilidade elevada, de boa qualidade, seguido de períodos de extrema escassez, com valor nutritivo em níveis baixos, o que acarreta queda nos índices produtivos.

A produção de forragem é dependente de condições climáticas como temperatura, luminosidade e disponibilidade hídrica. Durante a estiagem a produção de forragem é reduzida, especialmente devido ao déficit hídrico dos solos. Assim, a escolha de práticas de manejo que diminuam os problemas decorrentes da estacionalidade na produção de forragens deve ser coerente, de forma a garantir alimentos ao longo do ano, particularmente nas regiões áridas e semiáridas.

A palma é uma forrageira amplamente cultivada na região Nordeste do Brasil, pois seus mecanismos fisiológicos possibilitam que essa planta resista ao estresse hídrico causado pelos longos períodos de estiagem durante o ano, e ainda se mantenha como uma excelente fonte de matéria natural, rica em energia advinda dos carboidratos. Essa forrageira funciona também como reserva de água, configurando-se deste modo, como uma cultivar altamente adaptada ao clima semiárido brasileiro.

Souza et al (2018), relatam que entre os mecanismos adaptativos da palma forrageira para a produção em ambientes com pouca disponibilidade de água, destaca-se seu metabolismo, que é do tipo CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), no qual a planta fecha seus os estômatos durante o dia para reduzir as perdas de água por transpiração e com isso garantir a hidratação dos tecidos e o melhor aproveitamento de água.

Júnior et al (2014), afirmam que os gêneros de palmas cultivadas no Nordeste brasileiro constituem um importante recurso forrageiro, contribuindo para suprir a oferta de alimento aos animais no período de estiagem, devido a sua rusticidade e elevado potencial de produção de forragem de alto valor nutritivo e disponibilidade de água, quando comparada com a vegetação nativa.

No estado alagoano, desde o médio até o alto sertão é notório o cultivo da palma forrageira. Essas zonas são caracterizadas expressivamente pela criação de bovinos leiteiros, caprinos e ovinos, que durante a seca sazonal, encontra-se em franca escassez de gramíneas e recursos alimentares em geral, sendo à palma, a esperança de manutenção do rebanho nesse período crítico.



Na agropecuária do estado de Alagoas são encontradas algumas espécies de palma forrageira, contudo, a palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick), desponta como a principal espécie cultivada pelos criadores, em virtude de sua alta palatabilidade, produtividade, assim como um bom valor nutricional e ainda, como principal diferencial entre as demais espécies, a alta resistência à cochonilha (*Dactylopius* e *Diaspis echinocacti*).

Neste aspecto, a palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick) apresenta grande potencial produtivo para o semiárido nordestino (REGO et al., 2014). Dada sua relevante importância como fonte alimentar para os animais de regiões semiáridas, a busca por alternativas que visem o melhor crescimento e desenvolvimento da palma forrageira, por conseguinte resulte em uma maior produtividade de massa verde da planta, se apresentam como formas de garantia alimentar e maior aproveitamento de área plantada.

Para tanto, devido aos baixos teores de matéria orgânica e carência mineral dos solos onde a palma vem sendo cultivada, faz-se necessário o emprego de adubações e incorporações de “melhoradores da fertilidade natural” deste ambiente, sendo uma prática bastante difundida a adubação orgânica por meio do uso de esterco em especial da espécie bovina, devido a sua disponibilidade local diretamente correlacionada ao destacável rebanho bovino criado na região.

Os solos do semiárido brasileiro apresentam baixos teores de matéria orgânica, consequentemente a produtividade depende da fertilidade natural, que às vezes, não atende as necessidades de nutrição das culturas. O uso da fertilização química no semiárido brasileiro é reduzido em função dos custos elevados e riscos de perdas devido à irregularidade e imprevisibilidade da precipitação. A adubação orgânica é um dos recursos para elevar a fertilidade do solo e uma das formas mais eficientes é o uso de estercos de origem animal devido sua composição, disponibilidade, benefícios da aplicação, além de ser uma prática comum na região (ALENCAR et al., 2011).

A presença do esterco de animais, principalmente o bovino, na maioria das propriedades agrícolas é uma ferramenta a mais na manutenção da fertilidade dos solos do semiárido brasileiro. Os benefícios da aplicação dos estercos se relacionam tanto aos atributos físicos, químicos quanto as propriedades biológicas do solo. Fisicamente melhora a estrutura do solo, a permeabilidade, estabilidade de agregados, aeração e a retenção de água no solo. Quimicamente tende a melhorar o pH e os teores de N, P, S, Ca, Mg, e a reduzir o Al na camada superficial, proporcionando o aumento da população de macro e microrganismos, cuja atuação na decomposição da matéria orgânica disponibiliza nutrientes as plantas. Estudos realizados com palma forrageira mostram que há uma correlação entre aumento da produtividade, dos teores de nutrientes e da matéria seca nos cladódios quando há um incremento da adubação orgânica (RAMOS, 2012). A avicultura de corte, por ter um ciclo





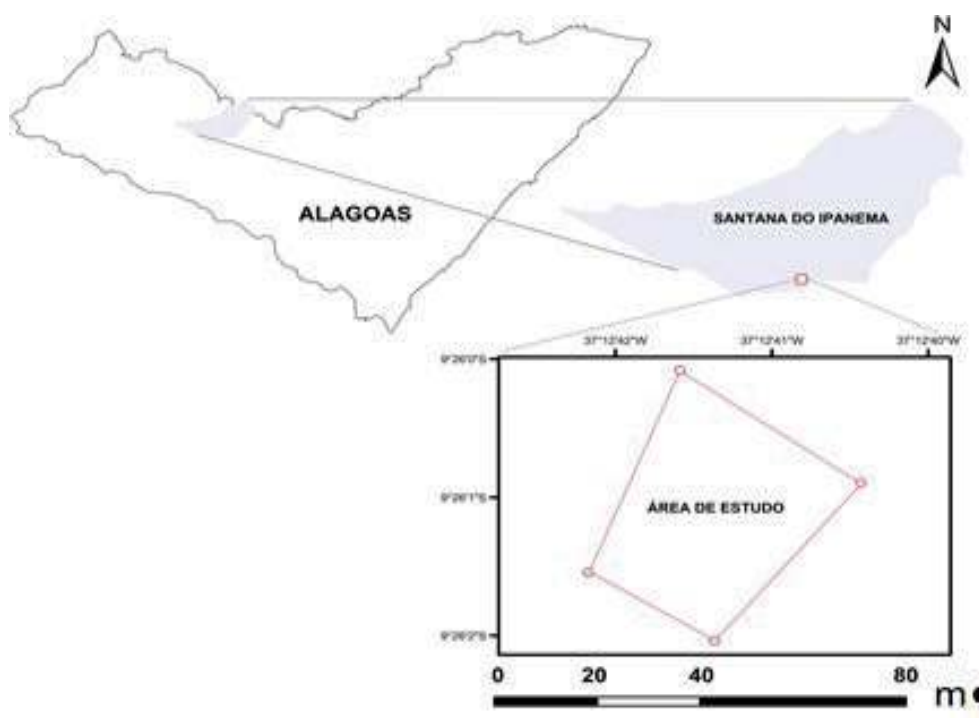
curto de produção, principalmente às aves de corte, um dos subprodutos que se tem à disposição em um curto espaço de tempo é a cama das aves, caracterizada pelo bom potencial nutritivo para adubação de solos.

Com a presente pesquisa, objetivou-se avaliar o crescimento da palma miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick) em sistema sequeiro, em função da adubação orgânica no município Santana do Ipanema- AL.

## ■ METODOLOGIA

O experimento foi realizado na comunidade Serrote dos Braz, a qual está localizada no município de Santana do Ipanema, mesorregião do Sertão Alagoano com altitude média de 250 metros (Figura 1). A duração do experimento foi de um ano, compreendido entre maio de 2018 e maio de 2019. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, clima tropical, marcado por uma estação seca e chuvosa. A média anual das precipitações pluviométricas fica em torno de 693 mm, a estação chuvosa.

**Figura 1.** Localização e croqui da área experimental da Palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick).



**Fonte:** Google maps. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 10 jan. 2021.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com três tratamentos e 6 repetições por bloco, sendo um total de 42 unidades experimentais onde foram testados dois tipos de adubação: mineral e orgânicos (esterco de bovinos e esterco de aves). As plantas que foram submetidas à adubação mineral, receberam 11gramas/raquete uma mistura de NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio no plantio das mudas. Já as plantas que receberam



adubação orgânica de esterco bovino e esterco de aves receberam 1kg por metro linear em cada parcela de cada tratamento. Os blocos experimentais foram constituídos por três linhas para cada rua, sendo que as linhas foram implantadas em curva de nível, as posições das raquetes foram de no mínimo 20 centímetros entre raquetes com espaçamento 1 metro entre linhas e 1,40 metros entre fileiras.

Em cada parcela foi retirada 5 amostras simples de solo (0-20 cm de profundidade), posteriormente misturadas formando uma amostra composta, a qual foi encaminhada para análise e avaliação da fertilidade, (Figura 2).

**Figura 1. Preparo da área experimental.**



**Fonte:** ALBUQUERQUE, A.L.S. (2018)

Para o controle das ervas daninhas nas áreas entre parcelas foram realizadas apenas roçagens sem revolvimento do solo e manutenção dos restos vegetais. Após o roço foram realizados o esquadrejamento e a marcação da área utilizando piquetes de madeira com cerca de 50 cm de comprimento. Os piquetes foram fixados nas extremidades da área com a finalidade de demarcar os blocos e as parcelas, em seguida realizou-se o sulcamento por meio do uso de arado aiveca de tração animal, construindo desta forma os sulcos onde foram plantados os cladódios de palma (Figura 3).

**Figura 3. Sulcamento das fileiras.**



**Fonte:** ALBUQUERQUE, A.L.S. (2018)

As mudas foram distribuídas nas parcelas em função dos espaçamentos experimentais em forma de dominó no sulco, na quantidade adequada em função do espaçamento a seguir: cinco cladódios por metro linear e vinte cladódios, para cada 4 m de sulco plantado. Por emitir brotações mais vigorosas são indicados para o plantio cladódios de dois a três anos de idade (GOMES, 2016).

Para a avaliação do desenvolvimento vegetativo da palma forrageira, foram observados os aspectos morfológicos dos cladódios e das plantas. As características analisadas nos cladódios foram à largura, comprimento e perímetro, determinados com o auxílio de uma fita métrica, conforme Andrade et al. (2009). Com um paquímetro manual foram determinados à espessura de cladódio. Foi realizada a limpeza da área, demarcação das parcelas experimentais.

**Figura 4. Coleta dos dados dos morfológicos estudados.**



**Fonte:** ALBUQUERQUE, A.L.S. (2019)



Para aferição da temperatura do solo da área do experimento, foi utilizado um termômetro digital, dentro de um período de 12 horas por dia procedendo-se à medição da temperatura de duas em duas horas das 5:00 horas até às 17:00 horas. Estas aferições foram realizadas durante o período que compreendeu a duração da pesquisa.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância seguida pelo teste de Tukey, comparando-se todas as médias de cada unidade experimental, adotando-se o nível de confiança à probabilidade de 5% ( $P < 0,05$ ).

## ■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, observa-se a evolução da altura e largura das plantas em função dos tipos de adubação orgânica, constatou-se uma tendência no acréscimo na altura e largura da planta aos 240, 270 e 300 dias após o plantio para os dois tipos de adubação orgânica observando que ocorreram interações significativas ( $P < 0,05$ ) entre os dias avaliados e as variáveis estudadas. Isto pode ser explicado devido que a cama de frango tem uma composição da maioria de macro e micro minerais mais elevada, quando comparada com esterco bovino, boa parte disso se deve alimentação mais rica das rações à base de milho e soja que as aves desperdiçam sobre a cama.

Guimarães et al. (2016), realizaram cinco subamostras de cama de frango, coletadas ao acaso para a obtenção de uma amostra composta, com vistas à caracterização química, conforme apresentada a seguir: 3,54% Nitrogênio (N); 1,19% Fósforo (P); 2,96% Potássio (K); 0,496% Sódio (Na); 2,39% Cálcio (Ca); 0,71% Magnésio (Mg); 0,86% Enxofre (S); 18,56% Carbono orgânico (CO); 5,24 relação Carbono/Nitrogênio (C/N); 530 mg/kg Zinco (Zn); 2134 mg/kg Ferro (Fe); 538 mg/kg Manganês (Mn); 67 mg/kg Cobre (Cu); 55,70 mg/kg Boro (B); e Potencial Hidrogeniônico (pH) = 7,2 e 23,4% umidade.

Segundo Donato et al. (2014), já o esterco bovino, em análise de sua respectiva composição química, apresenta à seguinte composição: macronutrientes: Ca 1,7; Mg 0,2; K 2,5; P 4,7; N 5,2 e S 2,3 gramas por kg de esterco bovino; e micronutrientes: B 2,1; Cu 45,2; Zn 200,5; Mn 391,8 e Fe 1,932,4 miligramas por kg de esterco bovino, respectivamente. pH 7,42.

Hobbie e Vitousek (2000) afirmam que outro fator importante a ser considerado está relacionado com a imobilização dos nutrientes quando os mesmos se encontram em pequenas concentrações nos materiais.

Com relação ao bloco bordadura verificou-se que não houve influência dos dias para a altura da planta, mas ocorreu diferença entre a largura da mesma no presente trabalho. A adição de fertilizantes melhorou a disponibilidade e o transporte de nutrientes no solo e a absorção pelas plantas, interferindo no seu crescimento.





**Tabela 1.** Parâmetros morfológicos analisados e suas respectivas dimensões em centímetros aos 240, 270 e 300 dias após plantio da palma (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick),

| Tipos de adubação<br>(cm) | Dias após o plantio |       |       |      |       |       |                   |      |       |       |       |      |
|---------------------------|---------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------------------|------|-------|-------|-------|------|
|                           | 240                 |       |       |      | 270   |       |                   |      | 300   |       |       |      |
|                           | APL                 | LPL   | CC    | LC   | APL   | LPL   | CC                | LC   | APL   | LPL   | CC    | LC   |
| TESTE                     | 44,9b               | 51,7b | 16,9b | 7,2b | 41,8b | 54,9b | 16,7b             | 7,9b | 44,5b | 61,9c | 17,7b | 8,2b |
| E.BOV                     | 41,5b               | 51,9b | 17,2a | 8,0a | 42,1b | 55,9b | 17,5b             | 8,1a | 52,3a | 65,7b | 19,1a | 9,4a |
| E.AVES                    | 48ba                | 58,8a | 16,4b | 8,3a | 49,7a | 60,3a | 18,9 <sup>a</sup> | 8,6a | 52,5a | 70,1a | 19,6a | 9,0a |

TES=Testemunha; E.BOV= Esterco Bovino; E. AVES= Esterco Aves; APL: Altura da planta; LPL: Largura da planta; CC: Comprimento do Cladódio; LC: Largura do cladódio.  
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Alencar et al. (2011), afirmam que, quanto maior a densidade das plantas, maior será a altura final das mesmas, devido a redução do alongamento lateral do caule, e à competição entre plantas forrageiras. A adição de matéria orgânica via esterco bovino teve efeitos significativos melhorando a qualidade do solo, além de uma retenção maior de água e cobertura do solo. Segundo Dubeux Jr. e Santos (2005), trabalhando com palma forrageira, onde se utilizou esterco animal, estes resultados foram superiores aos obtidos com o uso isolado de fertilizantes químicos.

Estudos realizados com palma forrageira mostram que há uma correlação entre aumento da produtividade, dos teores de nutrientes e da matéria seca nos cladódios quando há um incremento da adubação orgânica (RAMOS, 2012). Lima et al. (2015) relataram uma produção de matéria seca (PMS) de 23,04 t por hectare (há)<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> com palma Miúda irrigada, na densidade de 50 mil plantas, preservando os cladódios secundários e com adubação química e orgânica.

O bloco que continha esterco bovino apresentou um crescimento inferior ao encontrado no bloco do esterco de cama de frango, possivelmente deve ter ocorrido pela menor concentração de nutrientes nesta fonte de adubação, com isto, a palma forrageira não teve uma uniformidade, a mesma retirou reservas nutritivas do solo verificando uma variação inferior.

Miron et al. (2011) concluíram que a substituição do adubo químico pelo esterco propiciou aumento do rendimento e valor nutritivo do feno de trigo bem como os níveis de nutrientes e retenção de água no solo, além de reduzir o número de espécies invasoras. Segundo os autores, a adoção do esterco aumentaria os lucros dos laticínios das regiões e reduziria a contaminação de águas subterrâneas, devido à redução da utilização de fertilizantes químicos.

Na tabela 2, verificaram-se as médias e desvio-padrão do número de cladódios por ordem e por planta em função de adubação, no qual até 300 dias de observação, foi possível constatar que o tratamento com adubação de esterco de aves (EA), em relação ao grupo



testemunha (TES), e o uso de esterco bovino (EB) apresentou médias superiores no tocante ao número de cladódios por planta, evidenciando seu vigor quanto à nutrição das plantas deste tratamento, uma vez que o número de brotações que subsequentemente se tornarão cladódios está intimamente correlacionado com a disponibilidade nutricional juntamente com as demais características edafoclimáticas exigidas pela palma.

**Tabela 2. Parâmetros morfológicos analisados e suas respectivas médias e desvios padrão em centímetros aos 240, 270 e 300 dias após plantio da palma (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick).**

| Tipo de ADB | Dias após o plantio            |          |          |          |           |          |          |          |           |          |          |          |
|-------------|--------------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
|             | Número total de cladódios (NC) |          |          |          |           |          |          |          |           |          |          |          |
|             | 240                            |          |          |          | 270       |          |          |          | 300       |          |          |          |
| UNI         | NC                             | CP       | CS       | CT       | NC        | CP       | CS       | CT       | NC        | CP       | CS       | CT       |
| TES         | 9,8±3,89                       | 4,0±1,48 | 4,1±1,93 | 1,7±1,63 | 14,9±5,63 | 4,3±1,66 | 6,8±2,33 | 3,8±2,71 | 15,1±7,44 | 3,7±1,30 | 7,0±2,60 | 4,4±3,56 |
| EB          | 8,9±3,99                       | 4,6±1,64 | 3,3±1,97 | 1,0±1,22 | 14,9±8,05 | 4,8±1,85 | 6,8±3,16 | 3,3±3,06 | 15,0±6,55 | 5,0±1,35 | 7,0±3,42 | 4,0±2,64 |
| EA          | 11,0±4,95                      | 4,5±1,68 | 4,7±2,18 | 1,8±2,17 | 17,3±9,50 | 4,3±1,66 | 7,8±3,78 | 5,2±4,75 | 20,4±8,11 | 4,8±1,93 | 9,0±3,47 | 5,3±4,08 |

\*ADB=Adubação; UNI=unidade; TES=Testemunha; EB= Esterco Bovino; EA= Esterco Aves; CP: Cladódio Primário; CS: Cladódio Secundário; CT: Cladódio Terciário.

Aos 300 DAP é possível comprovar uma ligeira soberania quanto ao número de cladódios por planta do tratamento realizado com cama de frango, chegando a um acréscimo de 25% a mais do número de cladódios em média comparando-se com os demais tratamentos estudados. Estes números em uma área expressiva representa uma maior produtividade de matéria verde e consequentemente, otimizando o uso de uma dada área de plantio.

Lima et al (2018), em um trabalho feito testando diferentes fontes de adubação orgânica, ressaltando-se o uso de esterco bovino com variedades de palma incluindo a Miúda, afirmam que a média de cladódios por planta variou de 0,82 a 1,43 entre as variedades estudadas aos 240 DAP, com diferenças significativas.

Silva et al (2018), relatam que a adição de esterco e de outras fontes orgânicas ao solo reduz a capacidade de adsorção de fósforo, o tornando mais disponível para a absorção para as plantas, além de aumentar o teor de nitrogênio disponível, e proporciona maior mobilidade desses nutrientes no perfil do solo. Uma vez que o fósforo em virtude de sua carga polar negativa ( $H^2 PO^{-2}$ ) une-se por ligações covalentes aos elementos ferro e alumínio que possuem cargas positivas ( $Fe^{2+}$  e  $Al^{3+}$ ) da solução do solo tornando sua mobilidade dificultada. Com o aumento da Capacidade de Troca de Cátions-CTC promovida pelo incremento de adubação orgânica e ainda à adição de macro minerais que possuem cargas polares positivas com efeito sinérgico em relação ao fósforo e nitrogênio, caso do cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e Potássio ( $K^+$ ) respectivamente, possibilitando uma maior mobilidade e disponibilidade na solução do solo influenciando para uma melhor absorção por parte das plantas.

Com relação ao esterco bovino, observou-se um equilíbrio das médias quanto ao número de cladódios quando comparado ao tratamento testemunha, na qual foi colocada somente



uma adubação mineral. Com isso, pode ser explicado que, ao ponto que a adubação mineral tem uma maior concentração dos nutrientes, entretanto a mesma não tem a capacidade de melhorar fisicamente o solo como à adubação orgânica, pois esta contribui para o aporte de matéria orgânica, influenciando desta forma para a melhoria das características físico-químicas do solo, o que facilita a interação entre a planta, solo, e nutrientes disponíveis.

Segundo Nascimento et al (2020), a palma forrageira é uma planta que possui um mecanismo fisiológico eficiente e específico, principalmente na maneira de absorção de nutrientes e aproveitamento da água para suas funções vitais. Devido a isto, durante os períodos em que há abundância hídrica e disponibilidade nutricional, associada ao manejo de adubação poderá contribuir com o crescimento e desenvolvimento dos cladódios, inclusive na obtenção de maior taxa de rendimento da espécie.

O rendimento de uma área de palma é altamente influenciado pela quantidade de cladódios por planta, assim como suas dimensões morfológicas e consequentemente seu respectivo peso, atrelada obviamente ao espaçamento adotado. Plantas vigorosas, além de possuírem maiores rendimentos por área, são mais resistentes ao estresse hídrico e ainda ao ataque de pragas e doenças.

Observou-se com o presente experimento que as plantas adubadas com esterco de aves se apresentaram mais resistentes a sazonalidade da seca e ainda ao ataque de pragas, fungos e doenças, se mantendo firmes e saudáveis durante o período do experimento.

De acordo com a tabela 2, observa-se uma maior uniformidade, segundo o desvio padrão dos dados, entre o número de cladódios primários, secundários e terciários do grupo testemunha aos 240, 270 e 300 DAP. Isso é explicado, devido ao fato do grupo testemunha ser composto por um menor número de cladódios por planta, o que influi estatisticamente para uma maior homogeneidade dos dados, quando comparado aos demais tratamentos.

Gomes et al (2016), em trabalho realizado com adubação orgânica da palma, afirma que pela comparação das médias de 180 com as 210 DAP foi possível observar que o crescimento de cladódios secundários é mais dinâmico. Isso se deve ao fato de que a divisão celular ser mais intensa para esta ordem, comparada as primárias, apesar de não apresentar interação estatística significativa entre os fatores.

Na literatura ainda são escassos os estudos voltados ao uso da cama de frango na adubação orgânica, entretanto, com o presente trabalho foi possível perceber seu franco potencial na adubação da palma Míuda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick), variedade esta de extrema importância e utilização na pecuária do estado de Alagoas e parte da região Nordeste, sendo praticamente indispensável como fonte de volumoso para alimentação de animais ruminantes do médio e alto-sertão alagoano.





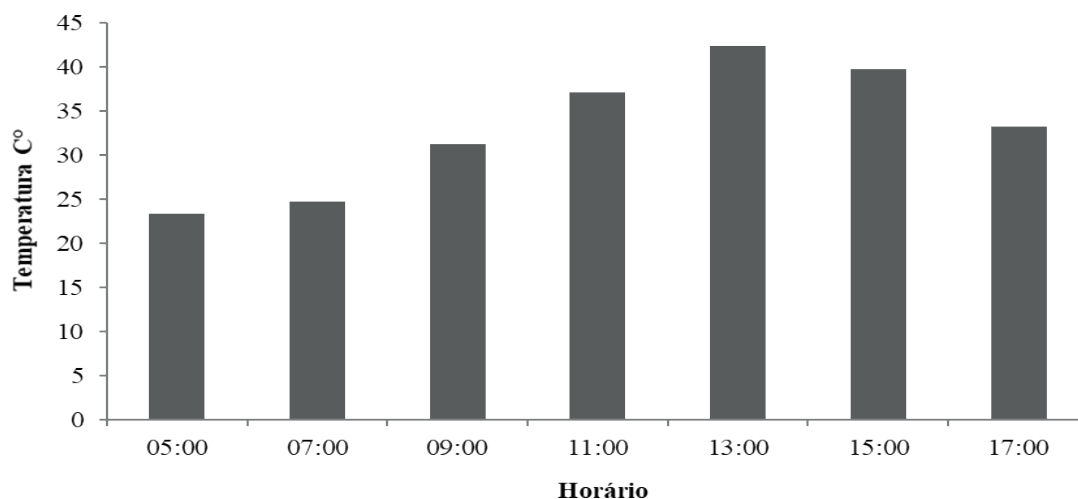
No gráfico 1 observa-se que a temperatura do solo no plantio da palma foi superior nos horários de 11:00 (37,8 °C), 13:00 (42,4 °C) e 15:00 (39,8 °C), influenciado diretamente na absorção de água e de nutrientes, crescimento e desenvolvimento e, por conseguinte, na produtividade da cultura. A palma é relativamente exigente em solo, daí a sua resposta à adubação orgânica.

As altas temperaturas, além de incidir sobre o metabolismo da planta como já foi mencionado, também provocam uma maior perda de água por parte da planta através do aumento da evapotranspiração da cultura, diagnosticadas principalmente durante à época seca e verão durante o ano.

Este fenômeno resulta em um aumento da matéria seca (MS) da palma, o que implica em um maior consumo por parte dos animais, uma vez que o volume de água intrínseco é reduzido. Normalmente, a palma apresenta em média 10% de MS, entretanto no período seco este índice seguramente ultrapassa os 15%.

Ao contrário do que se pensa, a palma tem exigências quanto à temperatura e o solo. A temperatura diurna/noturna ideal da palma é 25/15 °C. Claro que não existe esta temperatura no semiárido do Nordeste, mas tem-se observado que em locais com temperatura mínima de 18 °C, a palma é bem mais sadia do que em locais com temperatura mínima de 21 °C.

**Gráfico 1. Temperatura do solo no plantio da palma miúda no município de Santana do Ipanema, Alagoas.**



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

De acordo com Farias et al. (2005), o crescimento da palma é favorecido nas maiores altitudes, devido à redução da temperatura do ar e ao aumento da umidade relativa no período noturno (55%-60%). As espécies do gênero *Opuntia* não se adaptam a regiões de baixa altitude, às elevadas temperaturas noturnas e à baixa amplitude térmica. Isso ocorre em algumas regiões do semiárido e são a causa da baixa produtividade e até mesmo da morte da palma (SANTOS et al., 2006).



## ■ CONCLUSÃO

O crescimento e desenvolvimento vegetal da palma adubada com esterco de aves foi superior aos demais tratamentos, destacando-se dentre as variáveis analisadas um acréscimo de 25% à mais do número de cladódios por planta, configurando-se desta forma como uma excelente fonte de adubação orgânica, sendo recomendada para o uso no cultivo da palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick).

Com relação à temperatura do solo, os maiores índices foram observados às 11:00, 13:00 e 15:00 horas da época seca do ano durante o período de observação do experimento, sendo possível inferir que para uma maior produtividade por área, de acordo com os dados obtidos e o metabolismo da palma forrageira, faz-se necessário o uso de irrigação, sugerindo-se que seja realizada no período noturno.

## ■ REFERÊNCIAS

1. ALBUQUERQUE, S. G. de. *Cultivo da palma forrageira no Sertão do São Francisco*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. 6 p. il. (Embrapa Semiárido. **Comunicado técnico**, 91). Disponível em:. Acesso em: 09 de fevereiro de 2020.
2. ALENCAR, F. H. H. et al. *Efeito da adubação orgânica e do espaçamento sobre a altura e o número de cladódios da palma forrageira variedade Alagoas*. In: 2 Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas. Anais... Garanhuns-PE, 2011. **CDROM**.
3. Andrade, R. L. *Evolução do crescimento da palma forrageira (Opuntia fícus-indica Mill) em função do adensamento e adubação com farinha de osso no solo*. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2009. 40p. **Dissertação Mestrado**.
4. DONATO, Paulo Emilio Rodrigues et al. Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 163-172, 2014.
5. DOS SANTOS LIMA, Wagner; MARIN, Aldrin M. Pérez; LAMBAIS, George Rodrigues. *Adubos orgânicos no desenvolvimento de variedades da palma forrageira*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 2, p. 170-175, 2018.
6. FARIAS, I. ; SANTOS, D. C. dos; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. *Estabelecimento e manejo da palma forrageira*. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. GOMES, Maria de Lourdes Saturnino et al. *Caracterização biométrica de artículos da palma miúda (Nopalea cochenillifera) em função da adubação orgânica*. **Revista Principia**, v. 29, p. 39-45, 2016.
7. GUIMARÃES, Geicimara et al. Produção de cana-de-açúcar adubada com cama de frango. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 4, p. 617-625, 2016. HOBIE, S.E.; VITOUSEK, P.M. *Nutrient limitation of decomposition in Hawaiian forests*. Ecology, v.81, p.1867–1877, 2000.
8. JÚNIOR, José Geraldo Bezerra Galvão et al. *Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização*. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.



9. LIMA, G.F.C., RÊGO, M.M.T., AGUIAR, E.M. et al. 2015. *Effect of different cutting intensities on morphological characteristics and productivity of irrigated Nopalea forage cactus*. **Acta Hort.** (ISHS), v.1067, p.253-258, 2015.
10. NASCIMENTO, Letícia José do et al. *Efeito de fontes de adubação sobre as características produtivas da palma forrageira*. 2020.
11. RAMOS, J. P. F. *Estimativa do crescimento vegetativo e rendimento forrageiro em função da frequência de colheita e da adubação orgânica em palma forrageira*. 2012. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – **Centro de Ciências Agrárias** – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.
12. RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J. P.; SANTOS, E. M. *Crescimento vegetativo de Opuntia fícus -indica em diferentes espaçamentos de plantio*. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011.
13. REGO, M. M. T., LIMA, G. F. C., SILVA, J. G. M., GUEDES, F. X., DANTAS, F. D. G., LÔBO, R. N. B. *Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte*. **Revista Científica Produção Animal**, v.16, n.2, p.118-130, 2014.
14. SILVA, José Luiz Carneiro da. *Avaliação da produtividade de palma forrageira submetida a diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica no semiárido paraibano*. 2018.
15. SOUZA, D. C. F.; LIMA, I. S.; SANTOS, J. A. S.; ALMEIDA, A. Q.; GONZAGA, M. I. S.; LIMA, J. F. *Zoneamento agroclimático da palma forrageira (Opuntia sp) para o estado de Sergipe*. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.1, p.2338-2347, 2018.
17. V. S. B. (Ed.). *A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. Recife: Ed. Universitária da UF.



---

# Dietas elaboradas com diferentes fontes de carboidratos para o camarão-da-Amazônia

- | Rafael Queiroz dos **Anjos**
- | Tamiris Natalice Santos **Silva**
- | Mariana Cutolo de **Araujo**

# RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o uso de dietas com diferentes fontes de carboidratos no desempenho de *Macrobrachium amazonicum*, bem como realizar uma análise econômica das dietas utilizadas. O estudo foi realizado no Laboratório de Carcinicultura da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e possuiu duração de 60 dias. Foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 3 repetições com diferentes fontes de carboidratos na dieta sendo amido de milho, farinha de trigo e glicose. Camarões juvenis ( $0,95 \pm 0,15\text{g}$  e  $49,60 \pm 2,09\text{mm}$ ) foram acondicionados em tanques circulares (12 Litros) em sistema fechado dinâmico, com filtragem biológica interna individual e aeração constante, na densidade  $0,6 \text{ juvenis.L}^{-1}$ , em fotoperíodo de 12 horas diárias de luz. As dietas foram oferecidas quatro vezes ao dia (08h00, 11h00, 14h00 e 17h00) na quantidade de 15% da biomassa. Foi realizada análise econômica das dietas utilizadas no presente estudo para verificar a viabilidade de sua utilização. As variáveis econômicas analisadas foram o consumo de dieta acumulada, custo por quilo de dieta e o custo alimentar. O tratamento com amido de milho influenciou em melhores resultados nas variáveis ganho de peso, taxa de crescimento específico e eficiência alimentar. O tratamento com farinha de trigo obteve melhor resultado para a variável sobrevivência. O uso de amido como fonte de carboidrato para o *M. amazonicum*, apesar de possuir maior custo, acarreta melhor desempenho em relação a farinha de trigo e glicose.

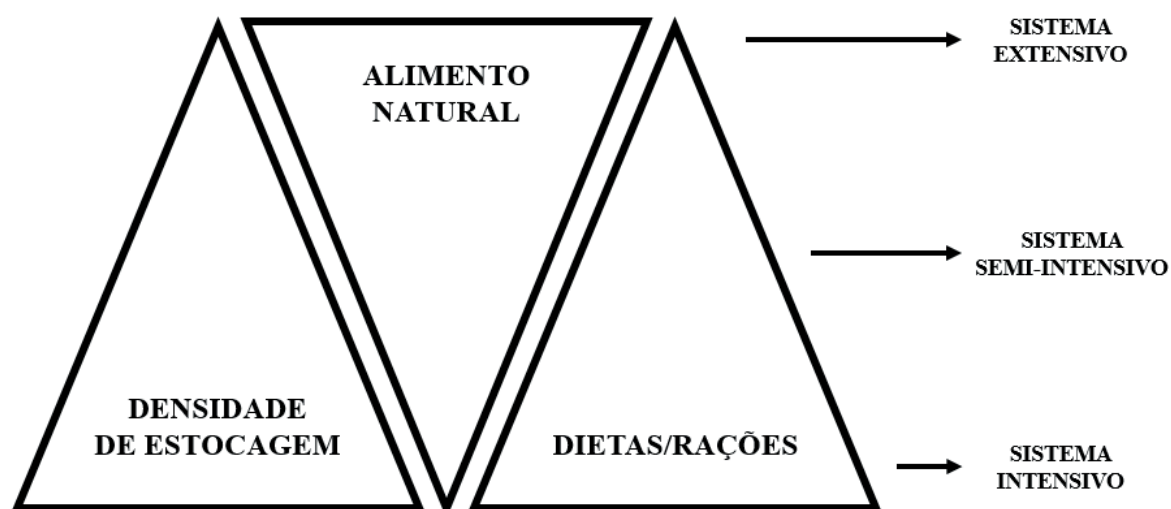
**Palavras-chave:** Amido, Camarão-da-Amazônia, Carboidrato, Glicose, Trigo.

## ■ INTRODUÇÃO

O gênero *Macrobrachium* representa maioria dos camarões de água doce utilizados na aquicultura, sendo o *Macrobrachium amazonicum* a espécie nativa com maior potencial de cultivo (VALENTI e FLICKINGER, 2020). No Brasil pode ser encontrado na Bacia Amazônica, Bacia do São Francisco, Bacia do Paraguai e Bacias Costeiras do Norte e Nordeste (COELHO e RAMOS-PORTO, 1985; PEREIRA et al., 2017). O camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) é uma espécie rústica, resistente a doenças e permite intensificação em diversas fases do cultivo, além de possuir rápida taxa de crescimento e elevadas percentagens de sobrevivência (MORAES-VALENTI e VALENTI, 2010).

Carboidratos representam o terceiro grupo de compostos mais abundante nos animais, dentre eles: glicose, frutose, sacarose, lactose, glicogênio, quitina e celulose (ZIMMERMANN, 1991). Na carcinicultura o uso de rações balanceadas tem formidável papel na alimentação em substituição ao alimento natural (Figura 1), favorecem o desempenho, auxiliam no rápido crescimento e os carboidratos representam importante fonte de energia.

**Figura 1.** Relação entre o alimento natural e as rações com os tipos de sistemas utilizados na carcinicultura



Fonte: Adaptado de TACON (1989).

Os lipídeos são as principais fontes de energia não proteicas utilizadas na nutrição aquícola (TACON, 1989), contudo a inclusão de carboidratos como fontes energéticas em dietas na aquicultura está entre as principais estratégias para reduzir o custo na produção de rações (HONORATO; ALMEIDA; MORAES, 2013), bem como possuem efeito poupador de proteína (WILSON, 1994). O consumo de ração pode variar de acordo com a sua composição e sua palatabilidade (CABOIM et al., 2011) e a inclusão de carboidratos tem considerável importância neste consumo.



O objetivo do estudo foi avaliar o uso de dietas com diferentes fontes de carboidratos no desempenho de *Macrobrachium amazonicum*, bem como realizar uma análise econômica das dietas utilizadas.

## ■ MÉTODO

O estudo foi realizado no Laboratório de Carcinicultura da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, Brasil (Latitude: 12° 39' 11" Sul, Longitude: 39° 07' 19" Oeste) e possuiu período experimental de 60 dias.

Juvenis de camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) com peso médio de  $0,95 \pm 0,15\text{g}$  e comprimento médio de  $49,60 \pm 2,09\text{mm}$  foram acondicionados em tanques circulares (12 Litros) em sistema fechado dinâmico, com filtragem biológica interna individual e aeração constante, na densidade  $0,6 \text{ juvenis.L}^{-1}$ , em fotoperíodo de 12 horas diárias de luz.

Os parâmetros da qualidade da água permaneceram na faixa adequada para o crescimento da espécie (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2002) e não variou entre os tratamentos. Isso foi assegurado pelo sifonamento diário de excretas e da sobra de dieta, com reposição da água retirada. O oxigênio dissolvido ( $4,78 \pm 0,19\text{mg.L}^{-1}$ ) e temperatura ( $27,02 \pm 0,08^\circ\text{C}$ ) foram aferidos duas vezes por dia utilizando oxímetro digital (YSI Model 55). Os níveis de amônia ( $0,093 \pm 0,029 \text{ mg.L}^{-1}$ ), nitrito ( $0,201 \pm 0,037 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e pH ( $7,61 \pm 0,07$ ) foram obtidos a cada três dias a partir de testes colorimétricos (Alcon® Labcon Test).

O delineamento foi inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos do estudo estão descritos na Tabela 1 e consistiram em dietas com diferentes fontes de carboidratos sendo eles Amido de Milho (AM), Glicose (GL) e Farinha de Trigo. As dietas foram formuladas utilizando o programa SuperCrac (Versão 6.4).

As dietas foram oferecidas quatro vezes ao dia (08h00, 11h00, 14h00 e 17h00) na quantidade de 15% da biomassa. A cada dez dias foram realizadas medidas biométricas na proporção de 30% da densidade visando realizar a correção da quantidade do arraçoamento.

**Tabela 1.** Composição (%) das dietas elaboradas com diferentes fontes de carboidratos para o *M. amazonicum*

| Ingrediente             | GL    | AM    | TR    |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| Farinha de Peixe 60% PB | 35,00 | 35,00 | 35,00 |
| Farinha de Trigo        | ----- | ----- | 32.10 |
| Glicose                 | 32.10 | ----- | ----- |
| Amido de Milho          | ----- | 32.10 | ----- |
| Farelo de Soja 45% PB   | 22,40 | 22,40 | 22,40 |
| Óleo de Soja            | 4,80  | 4,80  | 4,80  |
| Premix Vitamínico       | 1,50  | 1,50  | 1,50  |
| Sal Comum               | 0,50  | 0,50  | 0,50  |
| BHT                     | 0,05  | 0,05  | 0,05  |
| Lecitina de Soja        | 1,00  | 1,00  | 1,00  |





| Ingrediente       | GL   | AM   | TR   |
|-------------------|------|------|------|
| Fosfato Bicalcico | 2,65 | 2,65 | 2,65 |
| Total             | 100  | 100  | 100  |

Legenda: GL = Glicose; AM = Amido de Milho; TR = Farinha de Trigo; PB = Proteína Bruta; BHT = Hidroxitolueno Butilado.

Foi realizada análise econômica das dietas utilizadas no presente estudo para verificar a viabilidade de sua utilização. As variáveis econômicas analisadas foram o consumo de dieta acumulada (CDA) que corresponde ao total de dieta utilizada no estudo, custo por quilo de dieta (CQD) e o custo alimentar (CA) que está representado na fórmula a seguir:  $CA = CDA \times CQD$ . Para quantificação dos valores de cada ingrediente foram levados em consideração os preços no período correspondente a Março e Abril/2021.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e posteriormente, a análise de variância (ANOVA). Na ocorrência de diferenças significativas foi realizado o Teste de Tukey a 5% de significância. Houve transformação dos dados expressos em percentagem para análise. As análises foram realizadas utilizando o programa RStudio (versão 1. 2. 5019).

## ■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

### RESULTADOS

As diferentes fontes de carboidratos na dieta causaram efeitos distintos no desempenho de *M. amazonicum* e estes estão descritos na Tabela 2. O tratamento com amido ocasionou melhor ganho de peso, melhor taxa de crescimento específico e eficiência alimentar, já o tratamento com farinha de trigo melhorou o ganho de comprimento e a sobrevivência. Para a variável ganho de peso diário não houve diferença estatística entre os tratamentos.

**Tabela 2.** Desempenho (média  $\pm$  desvio padrão) de *M. amazonicum* alimentado com dietas contendo diferentes fontes de carboidratos

| Variável                   | GL                               | AM                               | TR                               | CV      |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------|
| GP (g)                     | 0,73 $\pm$ 0,17 <sup>c</sup>     | 1,13 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>     | 1,01 $\pm$ 0,22 <sup>b</sup>     | 25,84 % |
| GC (g)                     | 10,88 $\pm$ 2,19 <sup>c</sup>    | 13,58 $\pm$ 2,03 <sup>b</sup>    | 13,97 $\pm$ 1,94 <sup>a</sup>    | 18,99 % |
| GPD (g)                    | 0,0123 $\pm$ 0,0027 <sup>a</sup> | 0,0189 $\pm$ 0,0028 <sup>a</sup> | 0,0169 $\pm$ 0,0037 <sup>a</sup> | 25,74 % |
| TCE (%.dia <sup>-1</sup> ) | 0,57 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>     | 0,71 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>     | 0,66 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>     | 12,29 % |
| EA                         | 0,290 $\pm$ 0,065 <sup>c</sup>   | 0,383 $\pm$ 0,055 <sup>a</sup>   | 0,349 $\pm$ 0,078 <sup>b</sup>   | 22,21 % |
| S (%)                      | 88,88 $\pm$ 4,10 <sup>b</sup>    | 88,88 $\pm$ 4,10 <sup>b</sup>    | 97,22 $\pm$ 4,11 <sup>a</sup>    | 6,15 %  |

Legenda: GL = Glicose; AM = Amido de Milho; TR = Farinha de Trigo; GP = Ganho de Peso; GC = Ganho de Comprimento; GPD = Ganho de Peso Diário; TCE = Taxa de Crescimento Específico; EA = Eficiência Alimentar; S = Sobrevivência. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Os resultados referentes à análise econômica (Tabela 3) das dietas elaboradas com diferentes fontes de carboidratos demonstraram que o tratamento com amido possui o maior custo por quilo, R\$ 5,50. O consumo de dieta acumulada foi maior para os tratamentos com



farinha de trigo e glicose com valores respectivos de 58 gramas e 59 gramas. Já para o custo alimentar, o menor valor foi do tratamento com farinha de trigo.

**Tabela 3.** Análise econômica das dietas elaboradas com diferentes fontes de carboidratos para *M. amazonicum*

| Variável     | GL    | AM    | TR    |
|--------------|-------|-------|-------|
| CDA (g)      | 59,00 | 51,00 | 58,00 |
| CQD (R\$/kg) | 3,18  | 5,50  | 3,17  |
| CA (R\$)     | 0,19  | 0,28  | 0,18  |

Legenda: GL = Glicose; AM = Amido de Milho; TR = Farinha de Trigo; Kg = Quilograma; R\$ = Real Brasileiro; CDA = Consumo de Dieta Acumulada; CQD = Custo por Quilo de Dieta; CA = Custo Alimentar.

## ■ DISCUSSÃO

As fontes de carboidratos do presente estudo possuem diferentes estruturas moleculares e conseqüentemente diferentes vias metabólicas. A glicose é um monossacarídeo e a principal fonte de energia celular sendo transportadas por proteínas específicas (MACHADO, 1998), já o a amido é um polissacarídeo formado por unidades de glicose unidas através de ligações glicosídicas (DENARDIN e DA SILVA, 2008) e farinha de trigo é oriunda do processamento do grão de trigo e rica em amido.

O resultado proveniente dos camarões alimentados com a dieta contendo amido indicam melhor aproveitamento deste carboidrato como fonte de energia demonstrando assim ser o recomendado para o *M. Amazonicum* nas variáveis estudadas. New e Valenti (2010) relatam que carboidratos dietéticos complexos são melhor utilizados e influenciam em melhor desempenho se comparados a monossacarídeos corroborando desta forma com os resultados encontrados no presente estudo.

Os tamanhos das cadeias de carboidratos influenciam diretamente na velocidade da digestão, onde os carboidratos complexos percorrem a hemolinfa mais lentamente em relação aos carboidratos simples proporcionando deste modo um maior aproveitamento energético (GUO et al., 2006), portanto o desempenho inferior do tratamento com glicose pode ser explicado pelo fato desta fonte possuir limitação para algumas espécies de camarão pelo curto período de fornecimento de energia (BARAJAS et al., 2006).

De acordo com Díaz e Nakagawa (1990) diferentes fontes carboidratos podem influenciar diretamente na composição do músculo e do hepatopâncreas. Embora no presente estudo não tenha sido realizada análise da composição centesimal da carcaça e da atividade enzimática do hepatopâncreas, sugere-se que a capacidade digestiva influencia diretamente na quantidade de carboidratos que podem ser ingeridos. Atividade da amilase pode estar relacionada com o estado nutricional da espécie e possuir maior concentração no intestino em relação ao hepatopâncreas (ROY et al., 2018).



A quantidade de carboidratos (32,1%) do estudo contribuiu para o atendimento da exigência energética da espécie (NEW e VALENTI, 2010), apesar de Ding et al. (2017) encontrarem crescimento satisfatório para *Macrobrachium nipponense* com valores inferiores a 15%. Contudo Shiau e Peng (1992) descobriram que a redução de proteína bruta de 40% para 30% simultaneamente ao aumento do teor de amido de 20% para 30% não afeta o crescimento do camarão marinho, *Penaeus monodon*.

Os carboidratos são incorporados em dietas para camarões visando a redução de custos, bem como para aproveitamento de suas funções na fabricação de rações (DING et al., 2017). De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada os valores do amido entre os dias 01/03/2021 e 15/04/2021 oscilou entre R\$2,27 e R\$2,41 por quilo acarretando no aumento do custo por quilo de dieta (CQD) em relação ao uso da farinha de trigo e glicose, ainda que os resultados com amido sejam melhores em relação aos demais tratamentos.

Os custos operacionais em uma carcinicultura podem variar, contudo, na maioria dos casos o maior percentual é destinado para as rações, com valores variando entre 40% e 75% de acordo com a espécie de interesse (LAVENS; THONGROD; SORGELOOS, 2000; CASTILHO e FILHO, 2019). Apesar de valores maiores para custo por quilo de dieta (CQD) e custo alimentat (CA) no tratamento com amido, o consumo de dieta acumulada (CDA) foi menor para o tratamento com amido em função do melhor aproveitamento deste carboidrato. Os altos valores do amido podem ser explicados pela variação do dólar no primeiro trimestre/2021 acarretando em um maior custo.

## ■ CONCLUSÃO

Em conclusão, o uso de amido como fonte de carboidrato para o *M. amazonicum*, apesar de possuir maior custo, acarreta melhor desempenho em relação a farinha de trigo e glicose.

## ■ REFERÊNCIAS

1. BARAJAS, F. J. M. et al. *Litopenaeus vannamei* (Boone) post-larval survival related to age, temperature, pH and ammonium concentration. **Aquaculture Research**, Nova Jersey, v. 37, p. 492-499, 2006.
2. CARBOIM, W. Q. Níveis de inclusão de carboidrato solúvel em dietas para camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, p. 359-364, 2011.
3. CASTILHO, M. A.; FILHO, M. X. P. Desafios da agroindustrialização da aquicultura no Estado do Tocantins a partir da abordagem de Cadeia Global de Valor. **Custos e Agronegócio**, Recife, v. 15, p. 349-373, 2019.



4. COELHO, P. A.; RAMOS-PORTO, M. Camarões de água doce do Brasil: distribuição geográfica. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 6, p. 405-410, 1985.
5. DENARDIN, C. C.; DA SILVA, L. P. Estruturas dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, 2009
6. DÍAZ, G. G.; NAKAGAWA, H. Effects of dietary carbohydrates on growth and body components of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquatic Living Resources**, Les Ulis, v. 3, p. 99-105, 1990.
7. DING, Z. L. et al. Growth and metabolic responses of juvenile *Macrobrachium nipponense* to different dietary carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, Nova Jersey, v. 23, p. 1136-1144, 2017.
8. GUO, R. et al. Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, digestibility and microscopic structure in the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in brackish water. **Aquaculture Nutrition**, Nova Jersey, v. 12, p. 83-88, 2006.
9. HONORATO, C. A.; ALMEIDA, L. C.; MORAES, G. Processamento de dieta – seus efeitos no aproveitamento de carboidrato para peixes. **Nutritime**, Viçosa, v. 10, p. 2700-2715, 2013.
10. LAVENS, P.; THONGROD, S.; SORGELOOS, P. Larval prawn feeds and the dietary importance of Artemia. In: NEW, M. B; VALENTI, W. C. **Freshwater Prawn Culture: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. p. 91-111.
11. MACHADO, U. F. Transportadores de glicose. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 42, p. 413-421, 1998.
12. MORAES-RIODADES, P. M. C; VALENTI, W. C. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.19, p. 1169-1176, 2002.
13. MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. Culture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M. B; VALENTI, W. C; TIDWELL, J. H; D'ABRAMO, L. R; KUTTY, M. N (Ed.). **Freshwater Prawns Biology and Farming**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. p. 485-501.
14. NEW, M. B.; VALENTI, W. C. **Freshwater Prawn Culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2010. 544 p.
15. PEREIRA, J. A. et al. Camarões de água doce (Crustacea: Decapoda) que ocorrem no igarapé Água Boa, municípios de Alto Alegre e Boa Vista, Roraima. **Boletim do Museu Integrado de Roraima**, Boa Vista, v. 2, p. 39-44, 2017.
16. ROY, S. et al. Amylase and protease activity in shrimps and prawn of Sundarbans, West Bengal, India. **Indian Journal of Geo Marine Sciences**, Nova Deli, v. 47, p. 53-59, 2018.
17. SHIAU, S.; PENG, C. Utilization of different carbohydrates at diferente dietary protein levels in grass prawn, *Penaeus monodon*, reared in seawater. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 101, p. 241-250, 1992.
18. TACON, A. G. J. Nutricion y alimentacion de peces y camarones cultivados. **Manual de capacitación (FAO) Doc 4**, Roma, 136 p., 1989.
19. VALENTI, W. C.; FLICKINGER, D. L. Freshwater Caridean Culture. In: LOVRICH, G; THIEL, M. (Ed.). **Fisheries and Aquaculture**. Oxford: Oxford University Press, 2020. p. 207-231.



20. WILSON, R. P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 124, p. 67-80, 1994.
21. ZIMMERMANN, S. O estado da arte na nutrição de camarões de água doce. **Conferência: I Encontro Sul-Brasileiro e V Encontro Catarinense de Aquicultura**, Florianópolis, 15 p., 1991.



---

# Efeitos da suplementação concentrada no consumo de forragem e capacidade de suporte das pastagens na produção bovinos de corte em pastejo

| Geferson Antonio **Fernandes**  
NEPI/UFMT

| João Rafael de **Assis**  
UNIFASIPE

| Cláudio Jonasson **Mousquer**

| Dener **Nunes**  
UFMT

| Vitor Hugo Tadano da Conceição  
**Padilha**

| Lucas Maciel Gomes **Olini**

| Milene Rodrigues **Dias**  
UFMT

| Alvaro Carlos **Galdos-Riveros**  
UNIFASIPE

# RESUMO

Na produção de bovinos de corte em pastejo ocorrem diferentes épocas de produção de forragem com maior ou menor disponibilidade e/ou qualidade de alimento para os animais. Para que esse material seja utilizado corretamente é necessário analisar periodicamente os métodos utilizados no sistema de produção, fazendo os ajustes necessários para que possa ser obtido o maior aproveitamento possível, influenciando positivamente no consumo de matéria seca. O objetivo desse capítulo foi abordar a influência da suplementação alimentar na variação do consumo de forragem pelos animais ruminantes, e que impactam na capacidade de suporte das pastagens. Quando o sistema de produção adotado prioriza um maior ganho de peso dos animais, aumento na produção por área e abate de animais mais jovens, tem se optado pelo fornecimento de maiores quantidades de suplementos. Essa técnica tem apresentado como desvantagem redução no consumo de forragem, porém tem como vantagens aumento na taxa de lotação da área utilizada. As ações adotadas dependem do planejamento e suas metas a serem alcançadas, sendo possível através desses, tornar a pecuária de corte mais sustentável e lucrativa, atendendo o mercado consumidor com produtos de melhor qualidade, além de trazer um aumento no retorno do capital investido pelo produtor.

**Palavras-chave:** Intensificação, Pastejo, Pecuária de Corte, Produção Animal, Ruminantes.

## ■ INTRODUÇÃO

Em consequência do aumento da população, que segundo FAO (2011), passará de sete bilhões de habitantes, para nove bilhões em 2050, a necessidade de aumento na produção de alimentos assume cada dia mais importância, aliado a esse fato a busca por produtos de melhor qualidade e mais seguros para o consumo, faz com que os sistemas de produção busquem se tornar cada vez mais eficientes.

Entre os alimentos e produtos consumidos pela população, os derivados de origem animal, principalmente de ruminantes ocupam lugar de destaque devido aos inúmeros produtos alimentícios obtidos. Por tanto, melhorias no sistema de produção são necessários, devido à grande dimensão territorial utilizada para atividade pecuária, na qual os animais estão submetidos a diferentes condições de manejo e alimentação durante sua vida produtiva.

O princípio básico e universal de qualquer sistema de produção animal é a obtenção do equilíbrio entre suprimento e demanda por alimentos (SILVA e PEDREIRA, 1996). Para sistemas de produção envolvendo pastagens essa afirmativa não poderia ser diferente, pois o pasto está devidamente inserido no sistema de produção como um dos principais fatores produtivos.

A pecuária de corte nacional caracteriza-se pela produção quase que exclusiva em sistemas baseados em pastagens e estes, na maior parte é formada por pastagens dos gêneros *Panicum* e *Urochloa* (Brachiaria). De acordo com Euclides et al. (2008), estima-se que 50% das áreas de pastagens cultivadas na região Centro Oeste e 65% na região Norte são formadas por *Urochloa brizantha* cv. Marandu (*Brachiaria brizantha*). Esta cultivar destaca-se no cenário nacional por apresentar elevada produção de matéria seca em solos cuja fertilidade varia de média a baixa.

Estratégias nutricionais e de manejos que proporcionem um melhor aproveitamento da forrageira ingerida pelos animais, tendo como consequência um aumento no ganho de peso, devem ser priorizadas, com o objetivo de proporcionar desempenho satisfatório durante toda a vida produtiva, ocasionando o abate com menor idade, satisfazendo a necessidade do consumidor por produtos de melhor qualidade. Desta forma, proporcionar melhor oferta de nutrientes aos animais, seja por meio de fornecimentos de suplementos alimentar, ou por estratégias que melhorem a oferta e a qualidade da forrageira consumida, são objetivos dos nutricionistas que buscam uma pecuária mais sustentável e lucrativa.

Diante disso, o presente capítulo teve como objetivo revisar os fatores que implicam na variação do consumo de forragem pelos animais ruminantes, e que impactam na capacidade de suporte das pastagens, visto que esse é fator primordial nos sistemas de criação que utilizam a forragem como alimento principal.

## ■ DESENVOLVIMENTO

### Produção de bovinos em sistemas de pastagens

As condições de clima e a extensão territorial são particularidades que desde o início da pecuária brasileira, definem uma característica importante dessa atividade que é ter a quase totalidade do rebanho criado em pastagens (FERRAZ e FELÍCIO, 2010). Em decorrência dessa aptidão da pecuária nacional, o Brasil tem nas pastagens o fundamento da sua pecuária de corte, garantindo com isso um dos menores custos de produção de carne bovina do mundo, (DEBLITZ, 2013).

De acordo com o Censo Agropecuário Brasileiro, realizado em 2017, a área total de pastagens no Brasil foi calculada em 158,6 milhões de hectares. Entre 1975 e 2017 em todo o Brasil, as áreas de pastagem cresceram, em média, apenas 4% para abrigar um crescimento do rebanho bovino estimado em cerca de 69%, saindo de 101,6 milhões de cabeça em 1975, para 171,8 milhões em 2017.

Esse grande aumento no crescimento do rebanho, ainda que não acompanhado pelo incremento nas áreas de pastagens nos últimos 40 anos, é resultado do aumento de produtividade da atividade pecuária, a qual vem a cada dia melhorando a oferta de alimentos, em particular as pastagens, aos animais (MEYER e RODRIGUES, 2014).

Sendo assim, a pecuária de corte brasileira deve ser compreendida a partir de um ponto de vista complexo, que abrange fatores diferentes dentro do sistema de produção (animal, fatores climáticos, ambiente, suplementos, etc.), assumindo uma grande complexidade na obtenção do produto final, devido a sua quantidade, qualidade e eficiência econômica e ambiental serem afetadas por diferentes interações (MORETTI et al. 2013).

Segundo Paulino et al. (2002), para que seja possível obter alta produção animal em pastagens, três condições básicas devem ser atendidas: 1) deve ser produzida uma grande quantidade de forragem de bom valor nutritivo, cuja distribuição estacional deve coincidir com a curva de exigências nutricionais dos animais; 2) uma grande proporção dessa forragem deve ser colhida pelos próprios animais (consumo); e 3) a eficiência de conversão dos animais deve ser elevada. Porém para que seja possível obter essas três condições, se faz necessário maior intensificação do sistema de produção.

Nesse contexto, a adoção de técnicas que proporcione melhoria na eficiência do pastejo se insere perfeitamente no conceito de intensificação do sistema de produção e ao mesmo tempo não acarreta em dispêndio de insumos agrícolas ou mesmo no aumento da mão-de-obra contratada, mas apresentam reflexos positivos na produtividade e na lucratividade da propriedade rural (MORAES et al. 2013).



A intensificação da produção é o caminho central para a sustentabilidade a fim de crescer a oferta de alimentos, mas isso não é uma regra única. A viabilidade econômica, sim, é um pré-requisito para que seja possível alcançar a sustentabilidade. Se a intensificação sozinha fosse uma receita de sucesso garantido, o problema estaria resolvido, pois há algum tempo existem técnicas para elevar a produtividade da pecuária de corte brasileira (LAMPERT, 2010).

A alimentação deve ser planejada e conduzida de maneira otimizada, pois representa o principal fator de ambiente que afeta o crescimento corporal, a idade ao primeiro parto e os custos da produção animal (OLIVEIRA et al. 2012). Diversas são as técnicas que podem ser utilizadas para incrementar o sistema de produção, onde podem ser utilizadas separadamente, mas preferencialmente em combinação, podendo ser destacado as duas principais: Uso da técnica de suplementação concentrada e melhorias das pastagens.

Raramente as pastagens estão em estado de equilíbrio na relação entre suprimento e demanda exigida pelo animal, em função da sazonalidade quantitativa e qualitativa inerente ao sistema pastagem, sendo necessários ajustes nutricional entre a curva de oferta de pasto e a demanda dos animais, para alcançar maior eficiência dos sistemas de produção de carne bovina. Através da combinação da técnica de suplementação concentrada com a oferta de forragem disponível, torna possível a obtenção de desempenho animal satisfatório durante todo o ano de produção (MORAES, et al. 2013).

O estudo das variáveis que influenciam no sistema de produção deve cada vez mais ser aperfeiçoado, pois a produção de bovinos de corte a pasto em condições tropicais e subtropicais é potencialmente produtiva, no entanto, dependem da aplicação de tecnologias produtivas, para contornar os entraves no sistema de produção.

### **Fatores que interferem o consumo de forragem**

O tempo gasto em pastejo, deslocamento, ruminação e descanso pelos animais, são afetados por diversos fatores que podem estar ligados as forragens, como disponibilidade, palatabilidade e valor nutritivo (PEDROSO, 2004), como também, aos próprios animais, fatores climáticos como temperatura e umidade relativa do ar, e níveis de suplementação fornecidos aos mesmos.

O estudo das características estruturais da pastagem é de grande importância, para melhor compreender a interação planta-animal, uma vez que o processo de pastejo é influenciado pela estrutura do pasto, principalmente, em pastagens tropicais. Devido os ruminantes possuírem preferência e aversão a determinadas espécies de plantas e componentes da planta, a estrutura do dossel tem apresentado enorme influência sobre o processo de desfolha (CARVALHO et al. (2001).





Segundo Trindade (2007), o aumento da presença de colmos e material morto nos estratos superiores do dossel podem prejudicar o processo de apreensão e consumo de forragem, onde a relação folha: colmo pode influenciar no seu valor nutritivo. De modo geral, as altas relações folha:colmo importa em forragem de elevado teor de proteína, digestibilidade e consequentemente aumento no consumo (WILSON, 1982). Segundo Santos et al. (2004) o aumento do tempo de pastejo é o recurso mais eficiente que o animal pode utilizar quando a taxa de consumo de matéria seca (CMS) é baixa ou está sendo reduzida, a qual é reflexo da facilidade de apreensão e remoção da forragem.

O animal pasteja em busca de um alimento que lhe garanta capacidade de sobreviver e de se reproduzir, sendo o padrão de seleção e de colheita do pasto distinto e dependente dos objetivos e grau de importância, podendo ser dividido conforme suas decisões e necessidades (CARVALHO et al. 2007).

O consumo de forragem está relacionado com o número de bocados durante a alimentação, e do acúmulo de forragem consumida durante um ciclo de pastejo. O bocado é visto como o centro e o mais importante elemento no processo de pastejo, devido a esse fato, a maximização do bocado será responsável pelo incremento significativo do consumo de forragem, tendo um acréscimo no desempenho dos animais (CARVALHO et al. 2007). Em situações em que a massa do bocado aumenta, ocasiona maior quantidade de biomassa colhida, ocorrendo um aumento no processo de mastigação e manipulação do alimento, e consequentemente, a taxa de bocado será menor (HODGSON, 1990).

Flores et al. (2008), avaliou comportamento alimentar de bovinos, em pastos de capim marandu e xaraés, submetidos a três intensidades de pastejo (15, 30 e 45 cm de altura do dossel), em método de lotação contínua. Segundo os autores a taxa de bocado foi maior na altura de 15 cm, quando comparado com o pasto de 25 cm, porem tempo de pastejo não diferiu entre os tratamentos.

GiMENES (2010), avaliou diferentes estratégias de manejo, utilizando pastejo rotacionado em capim marandu, foi possível observar que na entrada dos animais no pasto, com base em 95% de interceptação luminosa (IL) (que representou 25 cm de altura do dossel), quando comparado com a entrada dos animais, considerando 100% de IL (35 cm de altura do dossel), no dossel com 95% de IL, o ganho de peso foi maior (0,629 e 0,511 kg/animal/dia), e maior lotação animal (3,13 e 2,85 UA/ha). Diante dos resultados encontrados verifica-se a influência na estrutura da forrageira no consumo, desempenho dos animais e na capacidade de suporte da pastagem.

Barbero et al. (2012), avaliaram o comportamento ingestivo de animais em pastagens de capim Tanzânia, no método de lotação contínuo, com diferentes ofertas de forragem (20, 40, 60 e 80 cm de altura), observaram alterações nas atividades de bocado. Segundo





os autores, o tempo de pastejo e a procura pela forragem aumentaram com a redução da altura do dossel, na tentativa de compensar a menor oferta e manter o consumo diário. Concluíram que em diferentes ofertas de forragem, o efeito da estrutura e da qualidade do pasto influenciam no comportamento de pastejo.

Além dos fatores que afetam o consumo relacionados a planta, estudos tem demonstrados alguns fatores relacionados ao animal que também interferem na ingestão de alimento, como o peso corporal (PC) e a genética. Galyean e Hubbert (1992) observaram que o PC inicial representou 59,8% da variação CMS.

Segundo o National Research Council - NRC (1987), devido a seleção genética para desempenho, produziu-se animais com maior potencial de CMS, a partir disso sugerem que fatores de ajuste na predição do CMS devam ser realizados. Na versão do NRC (2000), seu modelo de predição de CMS, adotou ajustes para raça, onde propuseram que a predição de CMS deve ser aumentada em 8% para raça Holandesa e 4% para animais cruzados das raças Holandesa e britânicas, porém não sugerem alterações no CMS para raças zebuínas.

Aliado ao consumo de MS do pasto e a genética dos animais, o uso da suplementação concentrada tem apresentado resultados positivos, favorecendo o consumo alimentar e melhorando o ganho de peso dos animais criados em sistemas de pastagens, porém também tem se observado redução no consumo de matéria seca de forragem a medida que se aumenta a quantidade de suplementos fornecidos. Segundo Silva et al. (2009), ao fornecer suplementação concentrada a animais em pastejo com níveis de suplementos concentrados de até 0,3%PC, normalmente ocorre um incremento no consumo de forragem, principalmente se a mesma apresentar baixo teor protéico, caracterizando assim, um efeito de adição com estímulo.

Devido a importância do uso da suplementação concentrada para ruminantes criados em pastagens, na busca por um desempenho satisfatório e influência sobre o consumo de forragem, a mesma será discutida mais detalhadamente no decorrer deste capítulo.

### **Influência da suplementação alimentar concentrada sob o consumo de forragem**

A suplementação pode ser caracterizada como o ato de se fornecer os nutrientes que estão em deficiência na pastagem, atendendo as exigências nutricionais dos animais (REIS et al. 2009). O principal objetivo do uso da suplementação para ruminantes em pastejo, é maximizar a eficiência do uso dos recursos nutricionais basais disponíveis. Esses recursos são capazes de fornecer nutrientes que permitem determinado nível de produção animal, onde a forragem é o principal recurso nutricional basal para a produção bovina em regiões tropicais (PAULINO et al. 2008).





Devido as questões climáticas esses recursos basais se tornam complexos, resultando em oscilação na oferta de substratos para os animais, isso ocorre devido à grande variação nas características quali-quantitativas durante as diferentes épocas do ano, em função da região na qual o sistema de criação está inserido. Porém, a produção animal tem que ser ininterrupta durante o ano e, assim, para compensar essa variabilidade na produção, é sugerida, a adoção de recursos nutricionais suplementares (DETMANN et al. 2010).

Quando se faz a opção pela utilização de recursos suplementares adicionais, torna-se de grande importância o conhecimento das relações entre planta-animal, para que seja possível uma eficiente utilização da pastagem. De acordo com Jochims et al. (2010), estudos sobre os possíveis efeitos das condições de pastejo sobre o comportamento ingestivo, consumo de forragem e desempenho dos ruminantes são importantes para o manejo adequado do sistema de produção animal adotado.

No momento da formulação do suplemento deve-se levar em consideração o pasto como ingrediente base da dieta dos animais, a estrutura e sua disponibilidade, devido ao suplemento ter a função de complementar os nutrientes, para que sejam atendidas as exigências nutricionais (RESENDE et al. 2013), atendendo os requerimentos dos microrganismos ruminais, principalmente, no que se refere ao nitrogênio e ao enxofre nas épocas mais críticas de produção (POPPI e MCLENNAN, 1995).

O fornecimento de suplementos alimentares a bovinos em pastejo irá influenciar seu comportamento ingestivo, devido ocorrer interações entre o consumo de suplemento e consumo de forragem, resultando em diferentes respostas relacionadas a quantidade fornecida. Segundo CANDIDO (2009), as possíveis interações entre o suplemento e o consumo de forragem, podem ser caracterizadas como: substituição total, efeito aditivo, substitutivo aditivo, substitutivo depressivo, adição com estímulo.

O efeito da “substituição total” caracteriza-se, quando o consumo de matéria seca total não se altera, porém é observado diminuição no consumo de matéria seca de forragem, indicando que o animal trocou o pasto pelo suplemento. De acordo com MINSON, (1990) esse efeito está relacionado com a qualidade da forrageira disponível. Já o efeito “aditivo” ocorre quando a um aumento no consumo de matéria seca total pelo aumento no consumo do suplemento e manutenção do consumo de forragem. Quando ocorre aumento no consumo de matéria seca total, visto que o consumo de suplemento aumenta e o consumo de forragem reduz, a interação é denominada de “substitutivo aditivo”, isto é, a substituição ocorreu em valores inferiores a 1,0 g/g (COSTA et al. 2011).

Pode ocorrer de a substituição ser maior do que 1, causando o chamado efeito “substitutivo-depressivo”. A taxa com que a substituição ocorre é função, principalmente, da composição do concentrado e valor nutritivo da forragem disponível. Já o efeito de “adição com





estímulo” no consumo total, ocorre quando há o acréscimo no consumo de forragem, com o fornecimento do suplemento. De acordo com DETMANN et al. (2014), esse aumento no consumo de forragem é decorrência do suprimento de compostos principalmente nitrogenados no rúmen, o que favorece o consumo total de alimentos.

Quando é feito uso da suplementação a pasto, é necessário buscar a otimização do consumo de forragem e do desempenho animal por área, sem deixar de lado a viabilidade econômica dessa técnica (LINS, 2015). Em trabalhos realizados por Andrade et al. (2012), foi possível observar efeito positivo ao otimizar o uso da forragem através do manejo do pasto e da suplementação concentrada, utilizada de forma estratégica a fim de aumentar a taxa de lotação e principalmente, o ganho de peso corporal.

### **Relação entre níveis de suplementação e consumo de forragem**

Diversas são as estratégias que podem ser utilizadas para maximizar o ganho de peso dos animais criados em sistema de pastagens. A mais difundida e estudada, está relacionado ao uso de suplementação concentrada, fornecida de acordo as exigências dos animais e de acordo com o ganho de peso almejado. Porém, de acordo com o nível de suplementação podem ocorrer diferentes respostas dos animais ao consumo de forragem disponível.

A ingestão de forragem pelos animais em pastejo é influenciado por dois tipos de fatores: os nutricionais e os não-nutricionais (POPPI et al. 1987). Os fatores nutricionais estão ligados à digestibilidade, composição química da forragem, massa de forragem verde e residual, oferta de forragem, altura do pasto e fatores metabólicos. Por outro lado, os não-nutricionais estão ligados ao comportamento ingestivo dos animais, incluindo a seleção da dieta, tempo de pastejo, tamanho do bocado e taxa de bocados (POPPI et al. 1987).

Devido ao uso crescente de suplementos em sistemas de pastejo, grande parte dos trabalhos apresentados na literatura relata haver mudança comportamental do animal, relacionada à atividade de pastejo, ruminação e ócio, onde essas mudanças podem exercer influência sobre o desempenho final dos animais (CABRAL et al. 2011)

Segundo Zinn e Garces (2006), existe uma redução no consumo de forragem, e no tempo de pastejo, quando são fornecidos suplementos concentrados a partir de 0,3% PC, tornando essa redução mais acentuada, quando a oferta de suplemento é de 0,8% do peso corporal.

Barbosa et al. (2007), avaliou o efeito da suplementação protéico-energética em dois níveis de ingestão diária, mistura mineral (MM), 0,17 e 0,37% do peso corporal médio, sobre consumo de matéria seca de forragem (CMSF), por bovinos, em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Não foi encontraram efeito significativo das suplementações no CMSF, (2,6, 2,4 e 2,3% PV). Segundo os autores isto pode ser explicado devido à quantidade suplementada ser menor que 0,4% do PC.





Sales et al. (2008), avaliou os efeitos dos níveis de energia em suplementos múltiplos sobre o desempenho produtivo e os parâmetros nutricionais de bovinos em fase de terminação mantidos em pastagem de capim-braquiária (*B. brizantha* cv. Marandu) durante o período de transição águas-seca. Avaliou-se quatro tratamentos: mistura mineral (MM) e suplementos formulados à base de milho e grão de soja em três níveis de fornecimento: 1,0; 1,5 e 2,0 kg/dia, correspondendo 0,3; 0,45; 0,6%PC, para permitir consumo de NDT de 0,832; 1,163 e 1,496 kg/dia, respectivamente. Foi encontrado uma influência linear negativa sobre o consumo de forragem, (1,58; 1,34; 1,3 e 0,94% PC) à medida que foram aumentados os níveis de suplementação.

Em trabalho realizado por Silva et al. (2010), com o objetivo de avaliar o comportamento ingestivo diurno de novilhos da raça Nelore, verificou que houve redução linear no tempo de pastejo ao elevar os níveis de suplementação na dieta dos animais de zero para 0,3; 0,6 e 0,9% do PC. O tempo em pastejo por período foi reduzido de 72,4 minutos (sem suplementação) para 42,5 minutos ao nível de 0,9% do PC. Com o menor tempo gasto com o pastejo, ocorreu uma redução no consumo de forragem, em razão do efeito substitutivo total, efeito esse mais marcante para os níveis de 0,6 e 0,9 % do PC.

Sales et al. (2011), avaliaram o consumo de forragem em relação aos níveis de suplementação para recria de bovinos de corte em pastejo durante o período de transição seca-águas. Foram fornecidas diferentes quantidades de suplemento concentrado no seguinte esquema: mistura mineral; suplemento na proporção de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 kg/animal/dia, correspondentes a 0,18; 0,36; 0,54 e 0,72% do PC médio dos animais. De acordo com os autores, os consumos totais de matéria seca, matéria orgânica e FDN, assim como a ingestão desses nutrientes apenas do pasto, não foram influenciados pelos níveis de suplementação.

Mendes (2013), trabalhando com bovinos, em fase de terminação, forneceu suplementos protéicos em níveis crescentes (0,2; 0,4; 0,6; e 0,8% PC) formulados com redução no conteúdo de proteína bruta, para que todos consumissem a mesma quantidade. Observou-se uma redução no consumo de matéria seca oriunda da forragem (8,5; 7,89; 5,23; 5,27 kg/dia), porém não se observou diferença no consumo de MS total (9,37; 9,89; 9,02; 9,35 kg/dia) caracterizando ocorrência de efeito substitutivo, houve uma redução no tempo que os animais permaneceram pastejando e ruminando, com aumento no tempo destinado ao ócio, de acordo com elevação dos níveis de suplementação fornecidos aos animais.

O consumo de forragem por bovinos criados em pastagens, é influenciado por diversos fatores, relacionados: a planta forrageira, ao animal, ao manejo utilizado e nível de suplementação concentrada fornecida, onde a mesma de acordo que ocorre um aumento na porcentagem utilizada, reflete em uma redução no consumo de matéria seca do pasto, provavelmente ocasionado pelo efeito de substituição.





## Influência da suplementação na capacidade de suporte das pastagens

O maior desafio dos sistemas de produção de carne bovina em sistemas de pastagens está na utilização de conhecimentos e alternativas tecnológicas capazes de aumentar a produtividade e a qualidade do produto de forma sustentável, com baixo impacto ambiental. Potencializar o desempenho dos animais e tornar ótimo a utilização dos recursos forrageiros basais, incidem nos principais objetivos de estratégias de manejo a serem implementadas (REIS et al. 2012).

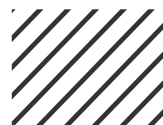
O maior entrave encontrado no manejo de pastagens, é a oferta de forragem sazonal, que ocorre ao longo do ano, sendo necessário aumentar ou diminuir o número de animais em uma propriedade nos períodos de maior e menor crescimento das forrageiras, respectivamente (EUCLIDES et al. 2008). Nos sistemas de produção que buscam elevados índices de eficiência produtiva e econômica, torna-se necessário eliminar as fases que limitem o crescimento animal, promovendo condições favoráveis para que os mesmos desenvolvam todo o seu potencial genético.

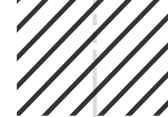
A associação de pastagens com suplementos concentrados, torna possível um aumento no número de animais por área, além de melhoria no ganho de peso, tendo como consequência o abate precoce dos animais. Estudos tem demonstrado a forte relação entre a suplementação protéica-energética ou protéicos com sistemas de produção a pasto, as quais tem proporcionado um aumento no ganho de peso e na capacidade de suporte das pastagens.

A capacidade de suporte é definida a partir da definição da resposta ótima para ganho por área juntamente com o ótimo ganho por animal (MARASCHIN, 2000). Obviamente que as máximas produções por animal e por área não podem ser atingidas simultaneamente, conforme demonstrado por Mott (1960) ao relacionar a influência da pressão de pastejo sobre o ganho por animal e por área. Portanto, a capacidade de suporte representa o número de animais ou a carga animal que uma pastagem pode alimentar assegurando alto rendimento por animal e deve estar próxima do máximo rendimento por área, sem apresentar degradação da mesma (MARASCHIN, 2000).

Em trabalhos realizados por Ítavo et al. (2007), onde utilizaram a técnica de suplementação concentrada (0,25 e 0,5%PC) para novilhos em pastagem de *Brachiaria brizantha*, não observaram diferença no ganho por animal (1,05 kg dia), quando comparou os dois níveis de suplementação, porém, o tratamento com 0,5%PC foi possível uma taxa de lotação (TL) duas vezes maior que o nível de suplementação 0,25% PC. Onde a taxa de lotação alcançada por estes autores foi de 1,03 e 2,04 UA/ha para os tratamentos 0,25 e 0,5%PC, respectivamente.

Casagrande (2010) realizou experimento com objetivo de reduzir a idade de abate de novilhas de corte criadas em pastos de capim marandu com suplementação. Os animais





foram suplementados com sal mineral, ou 0,3% PV de suplemento protéico energético, sob pastejo em lotação contínua, com dosséis mantidos em três alturas, 15; 25 e 35cm. O autor observou aumento do desempenho individual nos animais mantidos em pastos com maior altura, no entanto, a taxa de lotação foi menor, o que possibilitou maior desempenho por área nos pastos mantidos a 15cm de altura, os quais tiveram uma maior taxa de lotação. Segundo o autor o suplemento protéico-energético proporcionou incremento no desempenho, na taxa de lotação e consequentemente, no ganho por área.

Souza et al. (2010), observaram um aumento na quantidade de arrobas produzidas por hectare com uso da suplementação a pasto no período seco do ano, de acordo com os autores, este aumento foi economicamente viável até o nível de suplementação de 0,3% do peso corporal (%PC) dos animais.

Lins (2015) forneceu suplemento alimentar para novilhos mestiços com níveis crescentes de suplementação (0,2; 0,4; 0,6 e 0,8% PC) com teores de proteína bruta decrescentes, proporcionando que cada animal recebesse diariamente a mesma quantidade de proteína bruta via suplemento. O autor obteve uma taxa de lotação média de 2,1 UA.ha<sup>-1</sup> sem diferença de desempenho entre os grupos de animais, obtendo um desempenho médio de 0,586 kg\dia.

Neves et al. (2018), em experimento utilizando animais mestiços (Zebú x Holandês) consumindo suplementação protéica ao nível de 0,5% do peso corporal (PC) durante o período seco, atingiram uma taxa de lotação de 2,86 UA\ha e obtiveram um ganho médio diário de 0,501g\dia.

É possível observar que de acordo com o nível de suplementação, pode ser proporcionado um aumento na taxa de lotação das pastagens, promovendo maior ganho por área, deixando de produzir uma pecuária extensiva com baixos índices de produção e baixa taxa de lotação.

## ■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando o sistema de produção adotado prioriza maior ganho de peso dos animais, aumento na produção por área e abate de animais mais jovens, tem se optado pelo fornecimento de maiores quantidades de suplementos. Essa técnica tem apresentado como desvantagem redução no consumo de forragem, porém tem como vantagens aumento na taxa de lotação da área utilizada.

As ações adotadas iram depender do planejamento e suas metas a serem alcançadas, sendo possível através desses, tornar a pecuária de corte mais sustentável e lucrativa, atendendo o mercado consumidor com produtos de melhor qualidade, além de trazer um aumento no retorno do capital investido pelo produtor.



## ■ REFERÊNCIAS

1. ANDRADE, R.R.; RUGGIERI, A.C.; OLIVEIRA, A.A. et al. **Suplementação como estratégia de Produção de Carne de Qualidade em Pastagens Tropicais**. Revista Brasileira de Saúde Produção Animal, v.13, n. 3, p. 642-655, 2012.
2. BARBERO, R. P. et al. **Comportamento ingestivo de novilhos de corte sob diferentes alturas de pastejo do capim Tanzânia**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 6, p. 3287-3294, 2012.
3. BARBOSA, F.A; GRAÇA, D.S; MAFFEI, W.E. et al. **Desempenho e consumo de matéria seca de bovinos sob suplementação proteico-energética, durante a época de transição água-seca**. Arquivo brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. v.59, n.1, p.160-167, 2007.
4. CABRAL, C. H. A.; M. O. BAUER.; R. C. CARVALHO. et al. **Steers performance and economical viability supplemented in the rainy season**. Revista Caatinga. v.24, p.173-181, 2011.
5. CANDIDO, M. J. D. **Manejo de pastagens**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009.
6. CARVALHO, P. C. D. F.; SANTOS, D. D.; NEVES, F. P. **Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal**. In: Simpósio de forrageiras e produção animal, 2., 2007, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2007. p. 23-59.
7. CASAGRANDE, D.C. **Suplementação de novilhas de corte em pastagem de capim-marandu submetidas a intensidade de pastejo sob lotação contínua**. 2010. 127p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal.
8. COSTA, V. A. C. et al. **Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, p. 1788-1798, 2011.
9. DEBLITZ, C. 2013 **Beef and Sheep Report: understanding agriculture worldwide**. Agri benchmark. 2013. Disponível em: <http://www.agribenchmark.org/beef-and-sheep/%20publications-and-projects/beef-and-sheep-report>. Acesso em: 30 abr. 2020.
10. DETMANN, E. et al. **Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos**. In: Simpósio de produção de gado de corte, 9. 2014, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 239-283.
11. DETMANN, E.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. D. C. **Otimização do uso de recursos forrageiros basais**. In: **Simpósio de produção de gado de corte**, 7., 2010, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 191-240.
12. EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, C. B. et al. **Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de Brachiaria brizantha sob pastejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.1805-1812, 2008.
13. FAO, **Global foods losses and food waste. Internacional Congress save food**. Rome, 2011.
14. FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. DE. **Production systems - An example from Brazil**. Meat Science, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

15. FLORES, R. S. et al. **Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 37, n. 8, p. 1355-1365, 2008.
16. GALYEAN, M. L.; HUBBERT, M. E. **Predicting intake by beef cattle—Relationship of dry matter intake to initial weight.** Clayton: Clayton Livestock Research Center, 1992.
17. HODGSON, J. **Grazing management: science into practice.** Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
18. ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F.; DIAS, A.M. et al. **Desempenho produtivo e avaliação econômica de novilhos suplementados no período seco em pastagens diferidas, sob duas taxas de lotação.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.8, p. 229-238, 2007.
19. IBGE. **Censo agropecuário 2017.** Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 de abril. 2020.
20. JOCHIMS, F.; PIRES, C.C.; GRIEBLER, L., et al. **Comportamento ingestivo e consumo de forragem por cordeiras em pastagem de milheto recebendo ou não suplemento.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.572-581, 2010. DOI: 10.1590/S1516-35982010000300017.
21. LAMPERT, V.N. **Produtividade e eficiência de sistemas de ciclo completo na produção de bovinos de corte.** 2010. 124 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
22. LINS, T.O.J.D'A. **Suplementação para bovinos mestiços recriados a pasto no período seco do ano.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus Itapetinga-BA- (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, PPZ/ UESB). 135f. 2015.
23. MARASCHIN, E. G. **Relembrando o passado, entendendo o presente e planejando o futuro uma herança em forrageiras e um legado em pastagens.** In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia: simpósio sobre nutrição de ruminantes, 37., 2000, Viçosa. Anais ... Viçosa: UFV, 2000, 113- 180.
24. MENDES, F.B.L.; **Níveis de suplementação em dietas de novilhos terminados em pastagens.** 2013. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus Itapetinga – (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, PPZ/UESB). 93p. 2013.
25. MEYER, P. M.; RODRIGUES, P. H. M. **Progress in the Brazilian cattle industry: na analysis of the Agricultural Censuses database.** Animal Production Science, v. 54, n. 9, p. 1338-1344, 2014.
26. MINSON, D. **Forage in ruminant nutrition.** Queensland: Academic, 1990. p. 162-205.
27. MORAES, E.H.B.K.; MORAES, K.A.K.; OLIVEIRA, A.S., et al. **Sistemas intensivos de produção de carne bovina com uso de suplementos múltiplos.** In: II SIMBOV MT – Simpósio mato-grossense de bovinocultura de corte, 2013, Anais... Cuiabá-MT: UFMT, 2013, v.02, p. 107-150.
28. MORETTI, M.H.; RESENDE, F.D.; SIQUEIRA, G.R. et al. **Performance of nellore young bulls on marandu grass pasture with protein supplementation.** Revista Brasileira de Zootecnia., v.42, n.6, p.438-446, 2013.
29. MOTT, G.O. **Grazing pressures and the measurement of pastures production.** In: International Grassland Congress, 8., 1960, Reading. Proceedings... Reading: 1960. p.606-611.

30. NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th.ed. (rev.). Washington: National Academy Sciences. 2000. Cap. 7: Feed Intake, p.85- 96.
31. NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1987.
32. NEVES, D.S.B.; SILVA, R.R.; SILVA, F.F. et al. **Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year**. Tropical Animal Health and Production, v.51, p.1-6, 2018.
33. OLIVEIRA, A.S.; ABREU, D.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. **Estratégias de suplementação para recria econômica de novilha em pastagens**. I Simpósio Nacional e VI Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite UFMG, 2012, Belo Horizonte, FEPMVZ, Anais... v.1, p.158-181, 2012.
34. PAULINO, M. F.; DETMAN, E.; VALENTE, E. E. L. **Nutrição de bovinos em pastejo**. In: Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 4., 2008, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: DZO-UFV, 2008. p. 131-169.
35. PAULINO, M. F. et al. **Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.31, Supl., p.484-491, dez. 2002.
36. PEDROSO, C.E.S., et al. **Comportamento de ovinos em gestação e lactação sob pastejo em diferentes estádios fenológicos de azevém anual**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.5, p. 1340-1344, 2004.
37. POPPI, D. P.; MCLENNAN, S. R. **Protein and energy utilization by ruminants at pasture**. Journal of Animal Science, Champaign, v. 73, n. 1, p. 278-290, 1995.
38. POPPI, D.P., HUGHES, T.P., L’Huillier, P.J. **Intake of pasture by grazing ruminants**. In: NICOL, A.M. (Ed.). Livestock feeding on pasture. Society of Animal Production, p.55- 64, 1987.
39. REIS, R. ANDRADE et al. **Suplementação como Estratégia de Produção de Carne de Qualidade em Pastagens tropicais**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 13, n. 3, p. 642– 655, 2012.
40. REIS, R. A. et al. **Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 38, p. 147-159, 2009.
41. RESENDE, F. D. et al. **Estratégias de suplementação na recria de bovinos de corte**. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Ed.). Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. Jaboticabal: Embrapa, 2013. v. 1.
42. SALES, M.F.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Níveis de suplementação para bovinos de corte em pastejo na estação de transição seco-chuvosa**. Revista Brasileira de Zootecnia, vol.40 no.4 Viçosa abr. 2011.
43. SALES, M.F.L. **Desempenho e exigências nutricionais de novilhos zebuínos sob pastejo**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2008, 128p.
44. SANTOS, E.D.G.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em tourinhos Limousin-Nelore, suplementados durante a seca em pastagem diferida de Brachiaria decumbens Stapf**. Rev. Bras. Zootec., v.33, n.3, p.704-713, 2004.

- 
45. SILVA, R. R. et al. **Níveis de suplementação na terminação de novilhos Nelore em pastagens: aspectos econômicos.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 39, n. 9, 2010.
46. SILVA, F. D. et al. **Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 38, n. 1, p. 371-389, 2009.
47. SILVA, S. C.; PEDREIRA, C.G.S. **Fatores condicionantes e predisponentes da produção animal a pasto.** In: A. M. Peixoto; J. C. de Moura; V. P. de Faria. Eds. **Anais... 13º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Tema: Produção de Bovinos a Pasto.** FEALQ, 1996, Piracicaba, SP, 1996, p. 97-122, 352p.
48. SOUZA, M. A.; DETMANN, E.; PAULINO, M. F., et al. **Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch.** Tropical Animal Health and Production, v. 42, p.1299-1310, 2010.
49. TRINDADE, J.K. DA; DA SILVA, S.C.; SOUZA JÚNIOR, S.J. DE; GIACOMINI, A.A., et al. **Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.883- 890, 2007.
50. WILSON, J.R. **Environmental and nutritional factors affecting herbage quality.** In: Hacker, J.B., ed. Nutritional limits to animal production from pastures. Farnham Royal: CAB, 1982. p. 111-113.
51. ZINN, R.A., GARCES, P. **Supplementation of beef cattle raised on pasture: biological and economical considerations.** In: Simpósio de produção de gado de corte, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV; DZO, 2006. p.1-14.

---

# Efeitos do gossipol em diferentes níveis na dieta de novilhas nelore

- | Ranulfo **Piau Júnior**
- | Edson de Azevedo **Ribeiro**
- | Ana Maria **Quessada**
- | Ederson de Azevedo **Ribeiro**
- | André Felipe Berto de **Almada**

# RESUMO

No Brasil ainda há carência de estudos sobre a toxicidade do gossipol para animais e a maioria dos estudos com algodão na alimentação de ruminantes é realizado em vacas leiteiras. Dessa maneira, o objetivo do presente estudo foi observar o efeito da adição de gossipol na dieta de novilhas nelore. Foram utilizadas 15 novilhas que receberam a dieta diária no cocho, constituída de 12 kg de silagem de capim-elefante e 100g de suplemento mineral. Os animais foram divididos em três grupos. No grupo A (controle) a dieta não continha gossipol, no grupo B foi adicionado à dieta 900 mg/kg de gossipol livre e no grupo C a dieta continha 1.500 mg/kg de gossipol livre. Antes da administração das dietas e após o início do trabalho, os animais foram pesados quinzenalmente (0, 15, 30, 45, 60 e 75 dias). Transcorridas 10 semanas, os animais foram para abate, sendo que o fígado, coração e baço foram pesados e foram coletadas amostras destes órgãos para confecção de cortes histológicos. Os animais foram examinados diariamente e não foram observados sinais clínicos de intoxicação. Em relação ao ganho de peso, não houve diferença estatística entre os animais tratados e o grupo controle. Na necropsia, não foram vistas alterações macroscópicas no coração, baço, fígado, rins e pulmões. O peso do fígado, do coração e do baço não apresentaram diferenças entre os grupos. Não ocorreram sinais clínicos de lesão renal, mas histopatologicamente constatou-se lesão renal discreta. Os outros órgãos não evidenciaram lesões histológicas. Concluiu-se que novilhas Nelore podem ser alimentadas com subprodutos de algodão sem apresentar intoxicação clínica, desde que o nível de gossipol não ultrapasse 1.500 mg/kg.

**Palavras-chave:** Algodão, Alimentação, Bovino, Toxicidade.

## ■ INTRODUÇÃO

Com a diminuição das áreas de pastagem para o plantio de cana-de-açúcar e soja, e a sua estacionalidade de produção, tornam escassos alguns recursos alimentares, refletindo em elevação do custo de produção. A grande necessidade de produção de alimentos para ruminantes desafia os pesquisadores e técnicos a buscar novas alternativas de recursos alimentares, com objetivo de reduzir custos, facilitar o gerenciamento e aumentar a produtividade dos rebanhos (GERON et al., 2010). Além disso, a utilização de sementes oleaginosas na dieta dos animais pode resultar na produção de ácidos graxos específicos para obtenção de produtos lácteos e cárneos cada vez mais saudáveis, atendendo às exigências do mercado consumidor (ROGÉRIO et al., 2003).

Entre os alimentos alternativos, oriundos de resíduos agroindustriais, o caroço de algodão tem-se mostrado uma excelente opção (COSTA, 2011).

A utilização do caroço de algodão na alimentação de ruminantes é de interesse, principalmente por ser uma importante fonte energética e proteica suplementar às forragens. Além disso, representa reflexos positivos na produtividade do rebanho (GOMES et al., 2014), a alta concentração energética é devido ao elevado conteúdo de óleo. Suplementar a alimentação de vacas leiteiras com semente de algodão pode ser uma estratégia alternativa para melhorar a performance de vacas leiteiras (WONGNEN et al., 2009).

Apesar das vantagens do algodão na alimentação de ruminantes, seus subprodutos possuem um fator antinutricional, o gossipol (GADELHA et al., 2011). O gossipol é um composto polifenólico formado por aldeídos e terpenos, biossintetizado por planta do gênero *Gossipium* da família Malvaceae, especificamente produzido em glândulas subepidérmicas e encontrado sobre cotilédones, folhas, estípulas, sépalas, caule, ramos, frutos e na amêndoa da semente, apresentando baixo peso molecular. Está presente especialmente na parte interna da semente do algodão (Cunha et al., 2008).

O gossipol livre, que pode ter efeito tóxico, é a parte do gossipol solúvel em acetona. Normalmente no caroço de algodão o teor de gossipol livre é semelhante ao teor total, o que pode restringir a utilização deste na alimentação de ruminantes e não ruminantes (GOMES et al., 2014).

No Brasil ainda há carência de estudos sobre a toxicidade do gossipol para animais, sendo que os coprodutos da indústria algodoeira (tortas e farelos de algodão), já utilizados na alimentação de ruminantes ainda não foram extensivamente estudados quanto à toxicidade proporcionada pelo teor de gossipol.

A maioria dos estudos envolvendo o algodão na alimentação de ruminantes são realizados em vacas leiteiras. Dessa maneira, o objetivo do presente estudo foi observar o efeito da adição de gossipol em diferentes níveis na dieta de novilhas da raça nelore.



## ■ OBJETIVO

Observar o efeito da adição de gossipol na dieta de novilhas da raça Nelore confinadas.

## ■ MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Copacabana no município de Xambrê, localizado na região Noroeste do Estado do Paraná (Brasil). Durante todas as etapas do trabalho, os animais foram mantidos em lotes a céu aberto, durante o verão, com temperatura ambiental média de 30° C. Foram utilizadas 15 novilhas *Bos taurus indicus* da raça Nelore, com idade em torno de 20 meses e peso corporal médio de  $230 \pm 30$  kg.

Todos os animais receberam diariamente a dieta no cocho, fracionada em três vezes: pela manhã (8h), no meio do dia (12h) e no final da tarde (18h), durante os sete dias da semana, sendo a água oferecida *ad libitum* em bebedouros coletivos. Durante o período de adaptação, os animais foram agrupados em um único lote por 30 dias, para condicionamento do manejo alimentar. A dieta oferecida diariamente a cada animal foi composta de 12 kg de silagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e 100g de suplemento mineral (Confisal®, Minerphós) (Tabela 1). Na primeira semana do período de adaptação, todos os animais foram vacinados contra a febre aftosa (Bovicel®, Vallée S.A.), *Clostridium chauvoei*, *C. septicum*, *C. perfringens*, *C. novyi* e *C. sordellii* (Sintoxan®, Rhodia-Mérieux) e vermifugados com doramectina (Dectomax®, Pfizer).

**Tabela 1.** Composição de suplemento mineral fornecido a novilhas nelore (por quilo do produto)

|                 |            |
|-----------------|------------|
| Cálcio          | 19.400 mg  |
| Sódio           | 11.100 mg  |
| Enxofre         | 2.000 mg   |
| Magnésio        | 1.500 mg   |
| Zinco           | 2.920 mg   |
| Antioxidante    | 2.000 mg   |
| Niacina         | 1.000 mg   |
| Cobre           | 800 mg     |
| Ferro           | 784 mg     |
| Manganês        | 560 mg     |
| Iodo            | 50 mg      |
| Cobalto         | 84 mg      |
| Selênio         | 18 mg      |
| Vitamina A      | 300.000 UI |
| Vitamina D3     | 100.000 UI |
| Vitamina E      | 100 mg     |
| Veículo (Q.S.P) | 1.000 g    |

Os animais foram identificados com brincos e divididos de forma aleatória em três grupos iguais alojados em três baias coletivas com cinco animais em cada baia, separados por grupos.





No primeiro grupo (A, controle) a dieta não continha gossipol, no segundo grupo (B) foi adicionado à dieta 900 mg/kg de gossipol livre e no terceiro grupo (C) a dieta continha 1.500 mg/kg de gossipol livre.

Para obtenção do gossipol foi utilizada na dieta semente de algodão adquirida da empresa Algoeste situada no município de Umuarama no Estado do Paraná - Brasil, oriunda de plantações da região Noroeste do Estado do Paraná. A análise da semente utilizada no trabalho (Tabela 2) foi realizada no Laboratório de Análises da Purina do Brasil localizado em Paulínia (SP) e revelou valores que serviram como base para a elaboração das dietas dos diferentes grupos de estudo, com valores definidos para a concentração de gossipol em mg/kg. A quantidade de gossipol foi determinada de acordo com a metodologia preconizada por Hron et al. (1990).

**Tabela 2.** Análise de semente de algodão fornecida pela empresa Algoeste (PR), realizada no Laboratório de Análises da Purina do Brasil (Paulínia, SP), utilizada em dietas de novilhas nelore.

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Umidade %                 | 6,65  |
| Proteína %                | 23,62 |
| Gordura %                 | 21,13 |
| Fibra %                   | 30,46 |
| Fibra detergente ácido %  | 29,35 |
| Fibra detergente neutro % | 38,33 |
| Cinza %                   | 3,88  |
| Cálcio %                  | 0,19  |
| Fósforo %                 | 0,48  |
| Gossipol livre %          | 0,68  |

Após os 30 dias de adaptação, no início do trabalho, cada grupo recebeu uma dieta específica (Tabela 3) formulada com o mínimo de ingredientes para evitar interferências no trabalho. Sendo assim, o grupo A recebeu uma dieta contendo 0 mg/kg de gossipol livre, o grupo B 900 mg/kg, limite máximo recomendado na literatura (ROGERS; POORE 1994) e o grupo C, 1.500 mg/kg de gossipol livre, valor considerado tóxico para novilhas e vacas adultas (OSWEILER, 1998). As dietas foram formuladas de forma a atingirem as exigências nutricionais mínimas para fêmeas *Bos indicus* de 250 kg (NRC, 2001).

**Tabela 3.** Composição percentual dos ingredientes de dietas experimentais fornecidas a novilhas nelore, de acordo com o nível de gossipol em mg/kg.

| Ingrediente (%)      | Grupos Experimentais |               |                 |
|----------------------|----------------------|---------------|-----------------|
|                      | A ( 0 mg/kg)         | B (900 mg/kg) | C (1.500 mg/kg) |
| Silagem de milho     | 93,80                | 83,52         | 74,15           |
| Germen de milho      | 3,84                 | -             | -               |
| Caroço de algodão    | -                    | 13,20         | 22,05           |
| Melaço de cana em pó | 1,42                 | 2,38          | 3,00            |
| Suplemento Mineral   | 0,94                 | 0,90          | 0,80            |





Com o objetivo de se evitar possíveis influências das variações circadianas nos diferentes parâmetros estudados, todos os trabalhos se iniciaram na mesma hora do dia (07 h - 17 h).

Antes da administração das dietas experimentais e após o início do trabalho, os animais foram pesados quinzenalmente até que o período experimental completasse 75 dias (balança modelo 6010, Açores Brasil)."

Uma vez transcorridos 75 dias de tratamento com gossipol, os animais foram pesados e encaminhados para abate, sendo que o abate dos animais ocorreu na mesma hora a fim de se evitar possíveis influências de variações circadianas nas atividades enzimáticas e fisiológicas. Após o abate, foi realizada coleta dos órgãos. O fígado, coração e baço foram pesados e foram coletadas várias amostras de fígado, rins, coração, ovários e baço. Nesse mesmo período foram feitas coletas de líquido biliar para mensuração da quantidade. As amostras desses tecidos foram colocadas em formaldeído a 10%, foram desidratadas e incluídas em parafina, com ponto de fusão de 56-57°C e foram feitos cortes histológicos convencionais. Foram confeccionadas lâminas histológicas que foram coradas com as técnicas de hematoxilina-eosina.

Para a expressão dos resultados, foi calculada a média e o erro padrão da média. A significação das diferenças foi determinada mediante análise de variância seguida pelo teste de Tukey. Consideraram-se valores estatisticamente significativos para  $P < 0,05$ .

A análise estatística e a representação gráfica dos resultados se realizaram utilizando o programa "Statistics".

## ■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

As principais manifestações clínicas da intoxicação por gossipol observados em ruminantes são: diminuição do consumo de matéria seca, redução da produção de leite, respiração ofegante, aumento da taxa de batimentos cardíacos, falhas na concepção, hemoglobinúria e, em alguns casos, morte súbita (ROGERS et al., 2002). No entanto, durante todo o trabalho até o abate, os animais foram examinados diariamente e não foram observadas alterações que se manifestassem por meio de sinais clínicos em nenhum dos grupos. Resultados semelhantes foram observados em tourinhos da mesma raça que receberam ração contendo 30% de caroço de algodão (GERON et al., 2010), em touros Nelore que receberam 5,0 gramas de gossipol livre/touro/dia. (GOMES et al., 2014) e em caprinos machos jovens com peso médio de 20kg (LEMECHA et al., 2013). Com estes resultados, infere-se que os ruminantes têm a habilidade de tolerar o gossipol, devido à existência de microrganismos do rúmen que promovem ligações com o grupo e-amino da lisina de proteínas solúveis que impedem sua absorção, tornando-o fisiologicamente inativo (GOMES et al., 2014). Deve-se levar em consideração a dose administrada aos animais, sendo que a intoxicação por



gossipol é dose dependente (EL-SHARAKY et al., 2010). Em ruminantes, a toxicidade se manifesta principalmente por alterações reprodutivas (diminuição da eficiência reprodutiva do rebanho), principalmente em machos, ocasionando diminuição da qualidade espermática e degeneração testicular (LIMA JÚNIOR et al., 2010). Em ovelhas foi comprovada diminuição de folículos ovarianos viáveis e aumento significativo no número de folículos atrésicos em animais alimentados com torta de algodão e níveis não tóxicos de gossipol (CÂMARA et al., 2015). Tal efeito não foi avaliado no estudo em questão por se tratarem de fêmeas novilhas, mas pode ser revertido ou anulado pela administração de vitamina E (VELASQUEZ-PEREIRA et al., 2002)

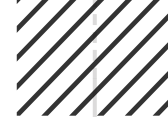
Na necropsia, realizada 10 semanas após a introdução do gossipol na dieta das novilhas, não foram observadas alterações macroscópicas no coração, baço, fígado, ovários, rins e pulmões. Tais resultados são semelhantes aos registrados em bezerros alimentados com caroço de algodão (BERNARDES et al., 2007). Algumas lesões decorrentes da intoxicação por gossipol em ruminantes incluem presença de grande quantidade de fluido proteináceo amarelado em todas as cavidades corporais (NUNES et al., 2010). Estas alterações também não foram vistas nos animais estudados. De acordo com Osweiler (1998), recomenda-se que a adição de algodão como fonte proteica não ultrapasse os limites considerados seguros de gossipol (1.000 mg/kg). No presente trabalho não foram observados sinais clínicos em concentrações de até 1500 mg/kg de gossipol. Sugerindo a possibilidade de utilizar maiores níveis de caroço de algodão na dieta de novilhas nelore.

Em relação ao ganho de peso, não houve diferença estatística entre os animais tratados e o grupo controle (Tabela 4). O mesmo ocorreu em outros trabalhos nos quais foram utilizados caroço de algodão na alimentação de bezerros (BERNARDES et al., 2007) e touros nelore (GERON et al., 2014, GOMES et al., 2014). Tais resultados expressam o fato de que o caroço de algodão pode ser utilizado em novilhas nelore como suplemento alimentar sem afetar o ganho de peso.

**Tabela 4.** Efeitos do gossipol sobre o ganho de peso, peso do fígado, peso do coração, peso do baço, volume de bile e relação hepatossomática em cinco novilhas da raça nelore (valores médios  $\pm$  erro padrão da média).

| Parâmetros                  | Grupo A (controle) | Grupo B (900 mg/kg de gossipol) | Grupo C (1.500 mg/kg de gossipol) |
|-----------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Ganho de peso (kg)          | 49,4 $\pm$ 8,74    | 43,4 $\pm$ 5,84                 | 48,6 $\pm$ 5,87                   |
| Peso do fígado (g)          | 2850 $\pm$ 126,49  | 2860 $\pm$ 116,62               | 2520 $\pm$ 217,72                 |
| Peso do coração (g)         | 960 $\pm$ 24,49    | 950 $\pm$ 44,72                 | 860 $\pm$ 60,00                   |
| Peso do baço (g)            | 866 $\pm$ 51,50    | 760 $\pm$ 42,31                 | 782 $\pm$ 27,28                   |
| Volume de bile (mL)         | 197,2 $\pm$ 38,80  | 181,2 $\pm$ 23,38               | 147,2 $\pm$ 17,42                 |
| Relação Hepatossomática (%) | 1,1 $\pm$ 0,05     | 1,0 $\pm$ 0,07                  | 0,85 $\pm$ 0,08                   |

O peso do fígado é uma das características utilizadas na avaliação da carcaça em bovinos. Esse órgão é o melhor indicador da massa corporal, por aumentar o desenvolvimento em resposta ao maior metabolismo de uma maior massa corporal (VAZ, 2015). Além disso, o



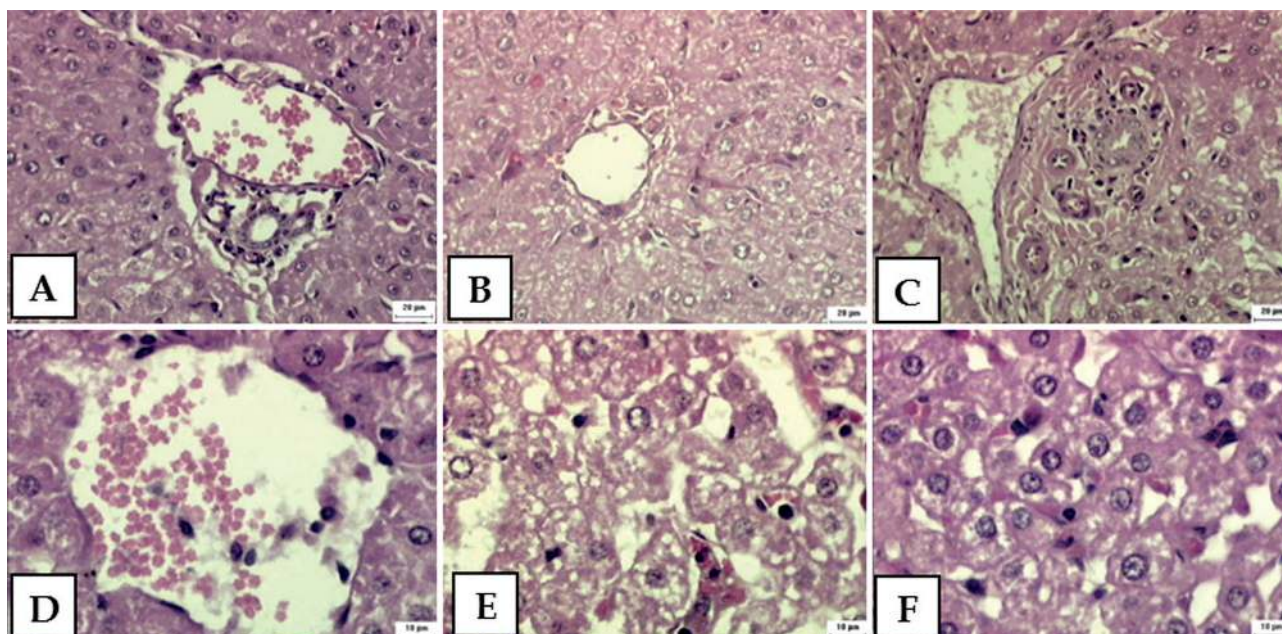
fígado é o principal órgão na detoxificação de substâncias presentes na dieta, podendo estar hipertrofiado na intoxicação pelo gossipol em ovinos (CALHOUN et al., 1990). O fígado é um dos órgãos onde ocorre acúmulo de gossipol livre em ovinos que receberam a substância na dieta (NIKOKYRIS et al., 1999). Ratos alimentados com 20mg/kg/dia de gossipol apresentaram aumento do peso do fígado (AKINGBEMI et al., 1996) e foi detectada severa lesão de hepatócitos em ratos intoxicados por gossipol (EL-SHARAKY et al., 2010). No entanto, o peso do fígado nas novilhas estudadas não apresentou diferença entre os grupos (Tabela 4). Provavelmente tal resultado está relacionado ao fato de que a quantidade de gossipol das dietas não foi suficiente para causar intoxicação clínica nos animais do trabalho. Apesar de não ocorrer alteração no peso do fígado, microscopicamente foi observada metamorfose gordurosa discreta a moderada nos animais que receberam gossipol na dieta (Figura 1). Tal achado pode significar hepatite (discreta a moderada), a qual é um achado comum em animais que recebem gossipol na dieta (EL-SHARAKY et al., 2010). No entanto, conforme já mencionado, não houve manifestação clínica de tal hepatite.

Pode ocorrer acúmulo de gossipol no coração de ruminantes alimentados com subprodutos de algodão (NIKOKYRIS et al., 1999), sendo que o gossipol pode produzir alterações eletrocardiográficas em ovinos com consequente aumento do peso do coração (MORGAN et al., 1988). Apesar dessas evidências de cardiotoxicidade, os animais de todos os grupos não apresentaram diferenças estatísticas no peso do coração (Tabela 4) e também não ocorreram alterações histopatológicas significantes no coração das novilhas. Este achado indica que o gossipol não produz lesão cardíaca nas doses administradas.

O gossipol pode afetar a função esplênica, sendo que em ratos intoxicados por gossipol houve redução do peso do baço e diminuição de linfócitos B, mas sem significância estatística em relação ao grupo controle (KITADA et al., 2008). Nos animais aqui tratados não houve diferenças estatísticas significativas em relação ao peso do baço (Tabela 4), denotando que, o gossipol não afetou a função esplênica em novilhas nelore nos níveis administrados. Confirmando isso, não ocorreram alterações microscópicas no baço dos animais estudados.



**Figura 1.** Parênquima hepático de novilhas nelore submetidas a dietas com gossipol, observando-se hepatócitos, células de Küpffer, espaço porta com veia porta e ducto biliar interlobular. **A:** normal sem alteração histológica significativa. H-E. 200x. (controle) **B:** metamorfose gordurosa discreta a moderada H-E. 200x. (900 mg/kg de gossipol); **C:** metamorfose gordurosa discreta a moderada H-E. 200x. (1.500 mg/kg de gossipol); **D:** normal sem alteração histológica significativa. H-E. 400x. (controle); **E:** metamorfose gordurosa discreta a moderada H-E. 400x. (900 mg/kg de gossipol); **F:** metamorfose gordurosa discreta a moderada H-E. 400x. (1.500 mg/kg de gossipol).

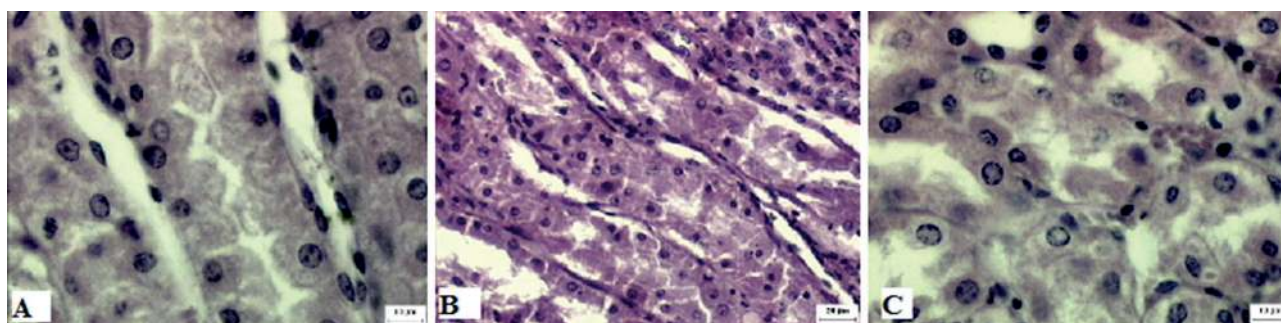


Embora em ovelhas tenha ocorrido diminuição de folículos ovarianos viáveis e aumento significativo no número de folículos atresícos em animais alimentados com torta de algodão com níveis não tóxicos de gossipol (CÂMARA et al., 2015), nos animais do presente estudo, microscopicamente não foram vistas alterações ovarianas em todos os grupos. Resultados semelhantes foram obtidos em novilhas alimentadas com adição de gossipol (GAMBILL; HUMPHREY, 1993). É provável que bovinos, especialmente os *Bos taurus indicus*, sejam mais resistentes à toxicidade ovariana produzida pelo gossipol, o que explica o fato de não terem sido observadas alterações histopatológicas nos ovários das novilhas em questão. Também é possível que o tempo de administração não tenha sido suficiente para produzir lesões ovarianas. Em vacas alimentadas com suplementação de gossipol na dieta durante 170 dias houve alteração na performance reprodutiva dos animais (SANTOS et al., 2003).

Foi observado acúmulo de gossipol livre nos rins de cordeiros que receberam cerca de 20 mg/kg/dia da substância (NIKOKYRIS et al., 1999), mas vacas lactantes alimentadas com 1.894 mg/kg de gossipol total não apresentaram indicativo de lesão renal (MENA et al., 2004). Em caprinos a alimentação com gossipol não produziu sinais clínicos de injúria renal (LEMECHA et al., 2013). Nos animais do trabalho não ocorreram sinais clínicos de lesão renal, mas histopatologicamente, ocorreu tumefação celular e um discreto grau de necrose tubular (Figura 2), compatíveis com lesão renal discreta (MORGAN et al., 1988) mas sem significado clínico.



**Figura 2.** Parênquima renal de novilhas nelore submetidas a dietas com gossipol. **A:** tumefação celular discreta. H-E. 400x. (controle) **B:** tumefação celular mais intensa e um discreto grau de necrose tubular H-E. 200x. (900 mg/kg de gossipol); **C:** tumefação celular mais intensa, e um discreto grau de necrose tubular. H.E. 400x (1.500 mg/kg de gossipol).



## ■ CONCLUSÃO

Nas condições do trabalho, novilhas Nelore podem ser alimentadas com subprodutos de algodão como fonte suplementar de alimentação sem apresentar intoxicação clínica, desde que o nível de gossipol não ultrapasse 1.500 mg/kg.

## ■ AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Paranaense e a fazenda Copacabana pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

## ■ REFERÊNCIAS

1. AKINGBEMI, B. T.; RAO, P. V. V.; AIRE, T. A. Ethanol intake may modify gossypol toxicosis in the rat. **Journal of Applied Toxicology**, v.16, p.375-380, 1996.
2. BERNARDES, E. B.; COELHO S. G.; CARVALHO A. U. *et al.* Efeito da substituição do feno de Tifton 85 pelo caroço de algodão como fonte de fibra na dieta de bezerros. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, n.59, p.955-964, 2007.
3. CALHOUN M. C.; HUSTON S. W.; KUHLMANN B. C. *et al.* Effects of cottonseed meal source and dietary crude protein on performance of early-weaned lambs: With observation of gossypol toxicity. Sheep and goat, Wool and Mohair, **Texas Agricultural Experiment Station**, p.62-68, 1990.
4. CÂMARA, A. C. L.; GADELHA, I. C. N.; BORGES, P. A. B. *et al.* Toxicity of gossypol from cottonseed cake to sheep ovarian follicles. **Plos One**, v.10, e0143708, 2015.
5. COSTA, Q. P. B.; WECHSLER F. S.; COSTA D. P. B. *et al.* Desempenho e características da carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p. 63, p.729-735, 2011.





6. CUNHA, M. G. G.; CARVALHO, F. F. R.; GONZAGA NETO S. *et al.* Características quantitativas de carcaça de ovinos Santa Inês confinados alimentados com rações contendo diferentes níveis de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1112-1120, 2008.
7. EL-SHARAKY, A. S.; NEWARY, A. A.; ELGUINDY, N. M. *et al.* Spermatotoxicity, biochemical changes and histological alteration induced by gossypol in testicular and hepatic tissues of male rats. **Food and Chemical Toxicology**, v.48, p.3354-3361, 2010.
8. GADELHA, I. C. N., RANGEL, A. H. N., SILVA A. R. *et al.* Efeitos do gossipol na reprodução animal. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.5, p.129-135, 2011.
9. GAMBILL, M. D.; HUMPHREY, W. D. Effects of diets containing gossypol on ovarian histology, function and fertility in prepubertal beef heifers. **Theriogenology**, v.40, p.585–593, 1993.
10. GERON, L. J. V.; MOURA, D.C.; RODRIGUES, D.N. *et al.* Viabilidade econômica de tourinhos terminados em confinamento alimentados com diferentes teores de caroço de algodão em dietas elaboradas com co-produtos agroindustriais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p. 2673-2684, 2014.
11. GERON L. J. V.; PAULA E. J. H.; RODRIGUES D. N. *et al.* Consumo de nutrientes de tourinhos confinados alimentados com rações de alto concentrado contendo co-produtos agroindustriais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, p.31- 44, 2010.
12. GOMES, A. H. B.; SANTOS M. D.; MURARO L. S. *et al.* Avaliação de parâmetros hematológicos e bioquímicos de touros submetidos a dietas com diferentes níveis de gossipol livre. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.8, p.161-180, 2014.
13. HRON, R.J., KUK, M.S.; ABRAHAM G. Determination of free and total gossypol by high performance liquid chromatography. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.67, p. 182-187, 1990.
14. KITADA, S.; KRESS, C.L.; KRAJEWSKA, M. *et al.* Bcl-2 antagonist apogossypol (NSC736630) displays single-agent activity in Bcl-2–transgenic mice and has superior efficacy with less toxicity compared with gossypol (NSC19048). **Blood**, v.111, p.3211–3219, 2008.
15. LEMECHA I., THIENGTHAM J., TUDSRI, S. *et al.* Effects of feeding graded levels of whole cottonseed on blood serum parameters of arsi-bale growing male goats. **Kasetsart Journal: Natural Science**, v.47, p.835–843, 2013.
16. LIMA JÚNIOR, D. M.; MONTERIO, P. B. S.; RANGEL, A. H. N. *et al.* Fatores anti-nutricionais para ruminantes. **Acta Veterinaria Brasilica**, 3:132-143, 2010.
17. MENA, H.; SANTOS, J.E.P.; HUBER, J.T. *et al.* The effects of varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood parameters in lactating dairy cows. **Journal of dairy Science**, v.87, p.2506–2518, 2004.
18. MORGAN, S.; STAIR, E.L.; EDWARDS, W.C. *et al.* Clinical, clinicopathologic, pathologic, and toxicologic alterations associated with gossypol toxicosis in feeder lambs. **American Journal of Veterinary Research**, v.39. p.493-499, 1988.
19. NIKOKYRIS, P.N.; KANDYLIS, K.; DELIGIANNIS, K. Effects of varying levels of dietary free gossypol in whole cotton seed on physiological responses of growing-fattening lambs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79. p.969-1981, 1999.



- 
20. NRC- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7th rev. ed. Washington, DC.: NRC, 2001
21. NUNES. F. C. R.; ARAÚJO D.A.F.V., BEZERRA M.B. *et al.* Effects of gossypol present in cottonseed cake on the spermatogenesis of goats. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.9, p.75-78, 2010.
22. OSWEILER, G. D. **Toxicologia Veterinária**, Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 526p.
23. ROGÉRIO, M. C. P.; BORGES, I.; SANTIAGO, G. S. *et al.* Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v.6, p.85-90, 2003.
24. ROGERS G. M.; POORE M. H. Alternative feeds for reducing beef cow feed costs. **Veterinary Medicine**, v.89, p.1073–1084, 1994.
25. ROGERS, G. M., POORE, M. H.; PASCHAL, J. C. Feeding cotton products to cattle. **Veterinary Clinics of North American, Food Animal Practice**, 18:267-94, 2002.
26. SANTOS, J. E. P.; VILLASENOR, M; ROBINSON, P. H. *et al.* Type of cottonseed and level of gossypol in diets of lactating dairy cows: plasma gossypol, health, and reproductive performance. **Journal of Dairy Science**, 86: 892–905, 2003.
27. VAZ, F. N.; RESTLE, J.; PÁDUA, J. T. *et al.* Componentes não carcaça de bovinos nelore abatidos com diferentes pesos. **Ciência Animal Brasileira**, v.16, p. 313-323, 2015.
28. VELASQUEZ-PEREIRA, J.; ARÉCHIGA, C. F.; MCDOWELL, L. R. *et al.* Effects of gossypol from cottonseed meal and dietary vitamin E on the reproductive characteristics of superovulated beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2485-2492, 2002.
29. WONGNEN. C.; WACHIRAPAKORN, C.; PATIPAN C. *et al.* Effects of fermented total mixed ration and cracked cottonseed on milk yield and milk composition in dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.22. p.1625-1632, 2009.

---

# Fisiologia da formação do ovo: um referencial teórico

| Erika Martins de **Figueiredo**  
UFMT

| Rogério **Pinto**  
UNIVIÇOSA

| Gerusa da Silva Salles **Corrêa**  
UFMT

| Marcelo Dias da **Silva**  
UNIVIÇOSA

| Luiz Fernando Teixeira **Albino**  
UFV

| André Brito **Corrêa**  
UFMT

| Rita Flávia Miranda de Oliveira **Donzele**  
UFV

| João Marcos Novais **Tavares**  
Grupo Mantiqueira

| Juarez Lopes **Donzele**  
UFV

# RESUMO

Esta revisão discute os aspectos fisiológicos da formação do ovo. Considerado um alimento completo, o ovo é nutritivo e de fácil digestão, que fornece nutrientes indispensáveis ao ser humano. Para se ter a formação deste alimento é necessário o transporte de grandes quantidades de materiais por meio de numerosas membranas biológicas, além da formação de muitas substâncias novas, particularmente proteínas e lipídios específicos. Este processo é controlado pelo eixo hipotálamo-hipófise-gonadal após a fêmea alcançar a maturidade sexual. Com a aproximação da maturidade sexual e o início da produção de ovos, verifica-se uma série de mudanças no organismo da fêmea. Durante este período, há um aumento considerado na produção de lipídios no fígado devido à secreção de estrógeno. Este hormônio altera a produção das lipoproteínas (VLDL) para lipoproteínas (VLDLg) que apresentam diâmetro reduzido e ricas em triglicérides, sendo específicas na produção da gema. A VLDLg é importante para as aves, principalmente durante o período de postura, pois são elas que transportam a gordura do fígado para os tecidos extra-hepáticos, como por exemplo, para o ovário, onde serão usados para a síntese da gema do ovo. Assim, objetivou-se discorrer sobre a fisiologia da formação do ovo, entrada de nutrientes na gema e controle hormonal.

**Palavras-chave:** Fisiologia, Mecanismos Hormonais, Ovo, Regulação.

## ■ INTRODUÇÃO

O ovo é o produto de eficiente transformação biológica feita pela galinha de postura (*Gallus domesticus*). Esta ave transforma recursos alimentares de menor valor biológico em produto com alta qualidade nutricional para o consumo humano (Bertechini, 2005).

Desde a antiguidade, o ovo constitui um dos alimentos mais importantes para o homem (Instituto Huevo, 2002). Com a domesticação de algumas espécies de aves, os ovos tornaram-se uma fonte popular de alimento e, ainda hoje, são considerados como a maior fonte de nutrientes essenciais na dieta contemporânea e, além disso, são utilizados como componentes de muitos outros alimentos consumidos pela população mundial (Watkins, 1995).

O ovo apresenta alta qualidade proteica, com elevada concentração de aminoácidos essenciais, vitaminas A, B2 e B12, D e minerais, como ferro, manganês, zinco, fósforo e magnésio. Apenas um ovo supre Aproximadamente 10% da ingestão recomendada para adultos de vitamina A e de ácido fólico, 17% da recomendação de vitamina B2 sendo considerável sua contribuição de B12 e vitamina D (Asociacion de Productores de Huevos do Chile, 2005).

Segundo Mazzuco (2008) os ovos apresentam componentes bioativos. Como exemplo, destacam-se as gemas que são fontes altamente biodisponíveis dos carotenoides, luteína e zeaxantina, ambos envolvidos no funcionamento adequado da região da mácula ocular e na redução do risco de degeneração macular, principalmente em idosos. A colina é outro nutriente naturalmente encontrado nos ovos e que tem sido identificada como essencial para gestantes, memória e no desenvolvimento cerebral de recém-nascidos. A colina é encontrada na forma de fosfatidilcolina e esfingomielina, os dois tipos de fosfolipídios encontrados na gema.

Pesquisas têm sido focadas nos componentes específicos de outros fosfolipídios da gema, incluindo o ácido araquidônico, ácido docohexaenóico (DHA), além da colina, cujos produtos metabólicos têm a função protetora da integridade e modulação de receptores de membrana e na ativação de células imunitárias. Um ovo grande contém aproximadamente 25 a 140mg de DHA de acordo com a dieta da ave, enriquecida ou constituída por precursores essenciais de DHA (Hoffman et al., 2004).

Os ovos apresentam uma função essencial na nutrição, visto que este é um alimento completo, nutritivo e de fácil digestão, que fornece nutrientes indispensáveis ao ser humano. Assim, objetivou-se revisar as literaturas científicas com o intuito de discorrer sobre a fisiologia da formação do ovo: entrada de nutrientes e controle hormonal.

## ■ DESENVOLVIMENTO

### Aparelho reprodutivo de aves

O sistema reprodutor das aves é constituído basicamente pelo sistema anatômico (ovário e oviduto esquerdo) nas fêmeas e (testículos e vasos seminíferos) nos machos, e pelo sistema endócrino, constituído pelo hipotálamo, hipófise anterior e folículos ovarianos que são responsáveis pela produção e secreção de hormônios envolvidos na reprodução. Esses componentes devem estar sintonizados e ajustados entre si para uma eficiente produção de ovos férteis e ou comerciais (Sesti, 2003).

### Características anatômicas das regiões do oviduto

Na anatomia das aves o termo oviduto é usado para descrever a genitália tubular completa da fêmea. Ela é grande pesando cerca de 60 g na ave de postura comercial sexualmente madura (galinha) e se estende desde o ovário até a cloaca. O oviduto é altamente espiralado, mas quando removido pode ser arrumado em forma retilínea e atingir de 70 a 80 cm de comprimento. O oviduto apresenta estrutura típica de um órgão tubular oco, ou seja, uma camada de mucosa rodeada por uma túnica muscular que é envolvida pela serosa (Sesti, 2003). O oviduto pode ser dividido em cinco regiões funcionais. A partir do final do ovário, elas são o infundíbulo, magno, istmo, útero (glândula da casca) e vagina (Swenson e Reece, 1996).

O infundíbulo é uma estrutura em forma de funil formada por um fino tecido membranoso com músculo liso e na região caudal apresenta uma estrutura mais espessa. Seus filamentos envolvem o ovo no momento de sua liberação no ovário. O epitélio de revestimento interno é composto por células colunares ciliadas e não ciliadas, formando uma camada simples. A borda fimbriada é constituída por uma camada de epitélio mucoso visceral e uma camada parietal, estando coberto por células ciliares de longos e densos cílios. As células ciliadas estão alternadas por células caliciformes, produtoras de mucinas. Glândulas multicelulares estão presentes entre as pregas da mucosa (Sesti, 2003).

O magno é considerado a maior porção do oviduto. Sua parede é constituída por numerosas pregas espessas da mucosa, semelhante a cristas, com glândulas tubulares. Apresenta um epitélio com a mesma disposição celular do infundíbulo com células ciliadas e não ciliadas (Sesti, 2003).

O istmo é reconhecido por suas paredes mais estreitas e finas por pregas luminiais menos volumosas do que aquelas encontradas no magno (Froman et al., 2004).



A glândula da casca (útero) é a porção dilatada, onde o ovo se completa e a casca é formada. Apresenta epitélio colunar com células ciliadas e células secretoras, como nos outros segmentos. Na camada mucosa, além de apresentar superfície epitelial, há uma extensa camada de glândulas tubulares ramificadas, localizada no tecido subepitelial (Banks, 1992).

A vagina é a região terminal que desemboca na cloaca juntamente com a porção terminal do tubo digestório e o rudimento do oviduto direito. A vagina apresenta uma camada muscular bem desenvolvida e pregas luminas altas e estreitas (Garcia e Fernández, 2001).

### **Maturidade sexual em aves**

Quando a ave inicia a maturidade sexual (18-20 semanas de idade), verifica-se um desenvolvimento gradual do ovário a partir de uma pequena estrutura irregular com superfície granular fina para uma estrutura na qual os folículos individuais podem ser identificados (Sesti, 2003). O ovário maduro tem um aspecto de um cacho de uva, devido à projeção externa dos folículos arredondados e de tamanhos variados.

De acordo Rutz et al. (2007) em aves, os folículos grandes e amarelos, destinados a ovulação estão organizados dentro de uma hierarquia. Os folículos pré-ovulatórios são numerados de acordo com seu tamanho, onde o folículo F1 é o maior e mais próximo de ovular, seguido pelo F2, F3, F4 e F5, respectivamente. O folículo se difere do oócito (folículo imaturo) pela sua grande proporção, ocasionada pela adição do material da gema quando atinge sua maturidade e é envolvido pela membrana vitelina. Cada um dos folículos que consegue chegar à ovulação tem diferença de cerca de um dia de crescimento de outro. Uma vez a gema formada dentro do folículo, ocorre a liberação, por ação do hormônio luteinizante (LH), rompendo uma faixa avascularizada do folículo denominada “estigma”. Então, o óvulo se desprende do ovário ocorrendo, assim, a ovulação (Burke, 1996).

### **Neuroendocrinologia da produção de ovos**

Após a fêmea alcançar a maturidade sexual, a exposição subsequente a um fotoperíodo crescente faz com que ela inicie a produção de ovos (Rutz et al., 2007).

A função reprodutiva de aves é controlada pelo eixo hipotálamo-hipófise-gonadal (HHG). No hipotálamo há neurônios que secretam o GnRH (hormônio liberador das gonadotrofinas). As células neurosecretoras do hipotálamo comunicam diretamente com hipófise anterior (também conhecida como pituitária ou adeno-hipófise) por meio de vasos sanguíneos curtos e especializados, que transportam os hormônios produzidos no hipotálamo para as células da adeno-hipófise. Os neurônios que sintetizam o GnRH fazem parte de um sistema neural primário essencial para o desenvolvimento da reprodução. Esses neurônios secretam o GnRH, que estimula os gonadotrofos, localizados na hipófise anterior, a secretar as





gonadotrofinas, FSH (hormônio foliculo estimulante) e LH (hormônio luteinizante) ou lactotrofos também presentes na hipófise a secretar o hormônio VIP (peptídeo intestinal vasoativo) responsável pela secreção de prolactina (Sobreira et al., 2011).

O LH é responsável por estimular a produção de progesterona no folículo maduro, além de provocar o rompimento do folículo e a ovulação.

O peptídeo intestinal vasoativo (VIP) é um hormônio hipotalâmico inicialmente descoberto no intestino. No cérebro de aves, o VIP atua na liberação de prolactina pela pituitária anterior (El Halawani e Noll, 1995; El Halawani *et al.*, 1995).

O outro hormônio produzido pela pituitária é o FSH. O FSH pode estimular a produção de hormônios esteróides pelas células do folículo em desenvolvimento, particularmente dos folículos menores (Johnson, 1993). O FSH também é produzido por gonadotrofos, mas pouco se sabe se o LH e o FSH são produzidos pelos mesmos ou diferentes gonadotrofos (Jonhson, 1991).

## **Fisiologia da formação do ovo**

A transformação do oócito em um ovo completamente formado requer de 08 a 10 dias do início do crescimento folicular até a oviposição. O sistema reprodutivo feminino da ave difere marcadamente daquele dos mamíferos para permitir a maturação graduada dos folículos pré-ovulatórios que simplesmente ovulam, seguida pela formação sucessiva de todos os outros componentes durante a passagem de aproximadamente um dia através do oviduto (Proudman, 2004).

A formação do ovo envolve o transporte de grandes quantidades de material por meio de numerosas membranas biológicas e a formação de muitas substâncias novas, particularmente proteínas e lipídios específicos (Proudman, 2004).

## **Etapas da formação do ovo**

A ovulação em galinhas poedeiras ocorre aproximadamente em intervalos diários. A gema é liberada a partir do ovário após a ruptura do folículo e entra no oviduto. O óvulo (gema) é impulsionado para baixo do oviduto por contrações peristálticas. A descida da gema para a parte inferior do oviduto é caracterizada pela adição sequencial de proteínas (albumina), membranas da casca e da casca do ovo (Jonhson, 2006).

Após ocorrer a ovulação, aproximadamente 6 horas após o pico de LH e de 15-45 minutos após a oviposição, os óvulos são recolhidos no infundíbulo, local onde recebe a membrana vitelínica e a chalaza. A membrana vitelínica é a camada que reveste a gema e tem função de protegê-la de rupturas; a membrana vitelínica torna-se mais fina e frágil conforme o período de armazenamento do mesmo após a postura. Já as chalazas são os





espessamentos de albúmen encontrados nos pólos dos ovos, na forma de cordões em espiral que tem a função de centralizar a gema, mantendo-a suspensa no albúmen (Proudman, 2004; Johnson, 2006; Samuelson, 2007; Parizzi et al., 2008; Jung et al., 2011; Reed-Jr et al., 2011). Após a ovulação o óvulo fica nesta região por aproximadamente 18 minutos. A transição para o interior do magno é repentina, sendo marcada pelo súbito intumescimento maciço das pregas da mucosa (Sesti, 2003).

O magno é a região responsável pela produção e secreção dos componentes proteicos do albúmen, tendo sua atividade controlada por hormônios esteroides sexuais, como a progesterona. A maior parte das 40 proteínas do albúmen é produzida na mucosa do oviduto. Sendo que as glândulas tubulares produzem e secretam a ovoalbumina, que forma mais de 54% da clara, ovotransferrina, lisozima e ovomucóide sob a ação do estrogênio. As células das glândulas tubulares parecem produzir continuamente proteínas da clara, estocando-as em grânulos, que são liberados com a passagem do ovo. A proteína avidina é formada nas células do tipo taça sob a influência da progesterona e de estrogênio. Uma quantidade mensurável de cálcio é secretada no magno, no entanto, porém esta secreção não é maior em relação a secreção basal de cálcio que ocorre na glândula da casca (Sesti, 2003).

O istmo é a porção mais curta do oviduto, responsável pela produção das membranas da casca ao redor do ovo em desenvolvimento. Supõe-se que as células secretórias das glândulas tubulares do istmo secretem a matéria base (proteínas) para as fibras que compõem a membrana da casca, e que as células secretórias do epitélio secretem a capa que recobre essas fibras. À medida que o ovo passa pelo istmo, aproximadamente 90 minutos, as fibras são enroladas e passam a constituir as membranas interna e externa da casca do ovo. Em galinhas, a forma típica do ovo é produzida pelas membranas e não pela casca calcificada e o ovo é posto em um formato já pronto (Sesti, 2003).

O útero (glândula da casca) é o responsável pela deposição da casca do ovo. A casca é uma estrutura única, resultado de um processo de evolução extraordinário, cujas funções primárias incluem a proteção do conteúdo interno do ovo contra injúrias mecânicas e invasão de microorganismos, o controle da troca de gases e evaporação de água através dos poros da casca e o fornecimento de cálcio para o desenvolvimento embrionário (Sesti, 2003).

A casca contabiliza entre 9-12% do peso total do ovo, dependendo do tamanho do mesmo. O cálcio presente na casca dos ovos (39%), na forma de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), contém proteínas como o colágeno (Tipo I, V e X) nas membranas da casca, além de proteoglicanas e glicoproteínas. Imediatamente antes da postura, o ovo recebe uma camada protetora chamada de cutícula, que protege os poros distribuídos ao longo da superfície da casca, preservando o ovo e constituindo-se em uma primeira barreira contra a contaminação bacteriana. As membranas da casca são depositadas internamente entre a casca e o





albúmen e quando o ovo é oviposto, forma-se a câmara de ar entre as membranas, num dos pólos do ovo (Mazzuco, 2008).

O ovo permanece nesta região durante 20 horas. Durante aproximadamente 6 horas, um líquido aquoso produzido pela região do colo passa para dentro do ovo, resultando em um aumento de duas vezes na massa da clara. Esta dilatação pode continuar durante o tempo em que o ovo permanecer na glândula da casca. Todavia, o processo mais importante é a calcificação. Este processo provavelmente tem início no istmo, onde as projeções pequenas da membrana mais externa da casca, os centros mamilares, são formadas. Na glândula da casca, o crescimento dos cristais de cálcio continua em uma taxa constante de mineralização (aproximadamente 300 mg de cálcio por hora). O oviduto não armazena cálcio e aproximadamente 20% do cálcio sanguíneo é removido com a passagem do ovo pela glândula da casca. As células responsáveis pela transferência do cálcio para dentro do lúmen parecem ser as células epiteliais de superfície e não as células epiteliais das glândulas tubulares. Uma galinha de alta produção apresenta uma elevada exigência de cálcio, visto que deposita de 2,0 a 2,5 g desse elemento na casca do ovo por dia (Jonhson, 2006).

A deposição de cálcio na casca ocorre no período noturno, quando o consumo de alimento é baixo ou inexistente. Para atender suas necessidades calcíticas, a galinha estoca o cálcio da dieta nos ossos, quando a demanda é baixa, e mobiliza este cálcio quando necessita, para a formação da casca. O cálcio é estocado como fosfato de cálcio no osso medular, processo que tem início com o aumento na secreção de estrogênio na época da maturidade sexual. A calbindina-D28k é uma proteína intracelular que apresenta alta afinidade com o cálcio, desempenhando uma importante função no transporte no intestino e na glândula da casca deste mineral ao ligar a ele. A forma ativa da vitamina D3 ( $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ ) regula a síntese da calbindina-D28k no intestino, já a produção desta proteína na glândula da casca parece ser estimulada pela presença do ovo, fluxo de cálcio associado com a deposição da casca (Ieda et al., 1995).

A glândula da casca também é responsável pela pigmentação e formação da cutícula da casca. Os pigmentos consistem em derivados de porfirina do metabolismo da hemoglobina e são depositados durante as últimas horas na glândula da casca. A cutícula é depositada após a casca estar completa, pouco antes da ovoposição.

A vagina é o órgão responsável pela passagem para o ovo formado para a cloaca durante a postura. A oviposição ocorre aproximadamente 24-26 horas após a ovulação e após o ovo ter sido formado no oviduto. As prostaglandinas e os hormônios da pituitária posterior são os mais importantes no processo da oviposição. Dentre as prostaglandinas se destacam a PGF2a e a PGE2. A PGF2a atua na contração do útero da galinha, enquanto a PGE2 atua na abertura útero-vaginal. Assim como nos mamíferos, ocorre um mecanismo de





feedback entre arginina-vasotocina e a prostaglandina na contração do útero e a ovoposição (Benez, 1998). A vagina também apresenta uma importante função na seleção, transporte e armazenamento de espermatozoides.

## **Principais componentes proteicos do albúmen**

O albúmen possui em torno de 11 e 13% de sólidos, que são compostos por basicamente um complexo de proteínas e apenas traços de minerais e carboidratos. O teor de lipídios encontrados no albúmen (0,3%) é insignificante em relação aos encontrados na gema (Oliveira e Oliveira, 2013).

As proteínas da clara formam a camada densa e fina e por fim as chalazas (estruturas protéicas responsáveis por manter a gema centralizada no ovo que representa 2,7% da clara).

No albúmen, se concentram mais da metade do conteúdo protéico do ovo. As proteínas do albúmen, particularmente as ovoalbuminas (A1, A2), ovoglobulinas (G1, G2 e G3), ovomucóide, lisozima e conalbumina possuem propriedades funcionais físico-químicas como a gelatinização, formação de espuma, aeração, coagulação, entre outras, altamente exploradas em processos tecnológicos, pelas indústrias de alimentos. Essas proteínas formam um sistema constituído de fibras de ovomucinas imersas em uma solução aquosa, contendo glóbulos de inúmeras outras proteínas (Mazzuco, 2008).

A camada mais densa da clara apresenta um conteúdo de ovomucina quatro vezes maior em relação a camada fina, sendo esta a única diferença em relação a composição proteica da clara entre as camadas.

As proteínas do albúmen possuem propriedades biológicas antibacteriana direta e indireta que contribuem para a proteção do embrião, como também para a conservação dos ovos. A seguir as principais proteínas da clara que apresentam função antimicrobiana:

### **Ovotransferrina**

É uma glicoproteína que não apresenta enxofre e fósforo em sua composição e representa 12% do total das proteínas do ovo. Esta proteína tem capacidade de se complexar com íons metálicos bi e trivalentes, como Cu, Zn, Al e principalmente o Fe. O ferro ao se quelatar com a ovotransferrina torna-se indisponível para a multiplicação bacteriana.

### **Ovomucóide**

Uma glicoproteína que apresenta entre 20 e 25% de carboidratos, representados por D-manose, D- galactose, D-glicosamina e ácido siálico. Os carboidratos estão presentes na forma de três cadeias de polissacarídeos unidos individualmente ao polipeptídeo





pelos resíduos de asparagina. Dentre suas características, têm a capacidade de inibir a ação da tripsina.

### **Lisozima**

É uma enzima que está presente no albúmen. Representa 3,4% das proteínas e atua promovendo a lise da parede celular das bactérias, tanto Gram negativa quanto Gram positiva.

### **Avidina**

Esta glicoproteína está presente na composição do albúmen na ordem de 0,02 a 0,05%. Têm como principal propriedade a capacidade de se complexar com a biotina tornando-a indisponível. Desta forma, impede o crescimento bacteriano no ovo. Além disso, esta proteína têm a capacidade de se ligar a bactérias Gram negativas e Gram positivas.

### **Processo de formação da gema (Vitelogênese)**

A vitelogênese, ou a formação da gema do ovo, ocorre no interior de um folículo ovariano. É um processo longo, que tem início na pintainha e termina logo antes da ovulação, no animal adulto. Durante este processo verifica-se um intenso metabolismo lipídico no fígado da galinha. Os precursores vitelogênicos são produzidos inicialmente no fígado (lipoproteínas, especificamente de densidade muito baixa (VLDL), e vitelogenina) em resposta ao estrogênio, e em seguida são transportados, via corrente sanguínea, até o ovário, onde serão incorporados aos folículos em fase de maturação, para posterior formação do vitelo (Johnson, 2000).

### **Transferência de nutrientes para a gema**

O transporte dos lipídeos se realiza do fígado até os tecidos periféricos por meio de lipoproteínas plasmáticas, que são macromoléculas complexas de lipídios e por proteínas específicas, denominadas apoproteínas. A função destas lipoproteínas é manter os lipídios em solução durante o seu transporte entre os tecidos (Stryer, 1996). Dentre as lipoproteínas têm-se as lipoproteínas de densidade muito baixa (VLDL). As VLDL de aves apresentam uma densidade  $<1,03 \text{ g/cm}^3$ , sendo estas constituídas por 41,7% de triacilglicerídeos, 15,2% de ésteres de colesterol e 26,8% de proteínas, representadas pelas apoproteínas-B (apo B100 e apo B48) e VLDL-II (presentes apenas em galinhas poedeiras em postura) que é responsável por garantir a especificidade dos receptores das lipoproteínas de densidade muito baixa (Evans e Burley, 1987; Jolivet et al., 2006).





As VLDL de aves transportam triglicerídeos exógenos, provenientes do metabolismo hepático de parte dos portomícrons e triacilglicerídeos endógenos sintetizados no fígado, para serem metabolizados nos tecidos periféricos (Stevens, 1996; Pál et al., 2002). Vários estudos mostram que a lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL) é a principal fonte de colesterol e de outros lipídeos para os folículos ovarianos.

Além da VLDL, outras lipoproteínas também podem ser identificadas no plasma de aves: lipoproteína de baixa densidade (LDL), lipoproteínas de alta densidade (HDL) e em galinhas poedeiras em postura verifica-se a presença de uma lipoproteína específica, chamada de lipoproteínas de densidade muito baixa, específica para gema (VLDLg) (Walzem, 1996). Após a síntese, as lipoproteínas, as apoproteínas e a vitelogenina são transportadas pela corrente sanguínea até o ovário, onde serão incorporadas aos folículos em crescimento. A vitelogenina, VLDL-II e a VLDLg não estão presentes no plasma de frangos de corte e de fêmeas que estão fora do período de postura (Walzem, 1999).

Os folículos hierárquicos são muito vascularizados, o que é provavelmente importante para a transferência de grandes quantidades de vitelo. Uma característica do desenvolvimento dos folículos no ovário é o crescimento intenso da célula, tipicamente de 0,07 para 37 milímetros de diâmetro. A captação de componentes da gema derivadas do fígado ocorre principalmente na última fase do processo, durante o crescimento de 4-37 mm (Jonhson, 2006).

### **Alterações lipídicas no plasma de aves no período de postura**

Com a aproximação da maturidade sexual, e o início da postura de ovos, verifica-se uma série de mudanças no organismo da fêmea. A produção de lipídios no fígado aumenta consideravelmente durante este período, devido à secreção de estrógeno.

O estrogênio regula a expressão de genes que estão relacionados com a formação de VLDL nos hepatócitos. Este hormônio também estimula a biossíntese de triacilglicerídeos e de fosfolipídeos nos hepatócitos, enquanto a síntese de colesterol permanece inalterada (Dashti et al., 1983, Kudzma et al. 1975). O estrogênio estimula também a síntese hepática de apoproteínas (apoB) em aves (Capony, 1980; Williams e Kirchgessner et al., 1987; Williams, 1979) e induz a síntese de novo da apoproteína específica para produção de ovos, apoVLDL-II (Chan et al., 1976; Lin e Chan, 1980; Williams, 1979).

Da mesma forma, as concentrações de vitelogenina no plasma, e de outras proteínas específicas da gema, também aumentam drasticamente durante este período. A deposição da gema é um processo contínuo, e os folículos aumentam em tamanho, de 7 até 35 mm de diâmetro e em peso de 0,2 a 17 g dez dias antes da ovulação (Etches 1996).

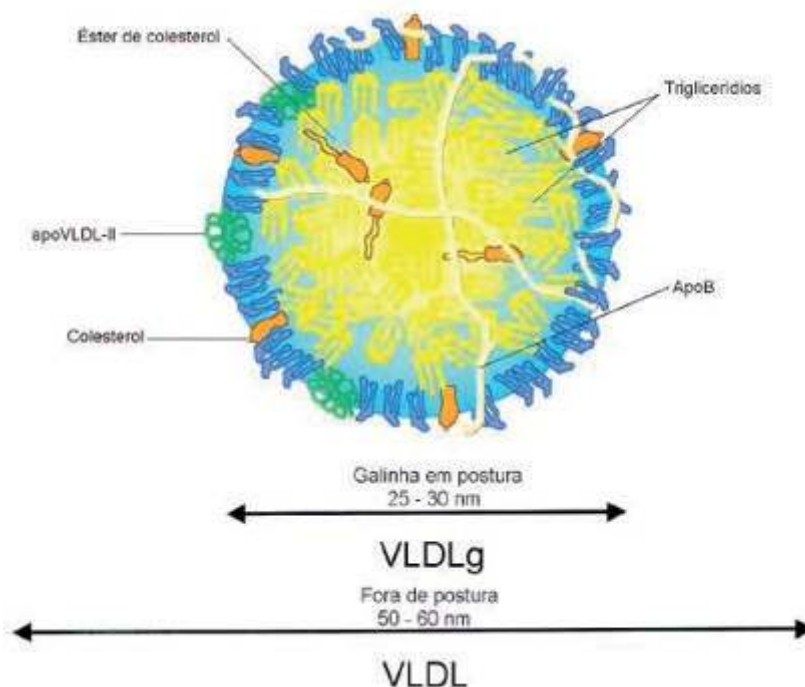




## Lipoproteína específica para deposição de gema “VLDLg”

O termo “VLDLg” foi proposto por Walzem, (1996) para descrever uma classe específica de VLDL, uma lipoproteína com diâmetro reduzido e ricas em triglicédeos. Segundo estudos, as VLDL presentes em frangas e galos são partículas maiores com diâmetro entre 50 e 70 nm, e contêm de seis a nove apoproteínas diferentes, incluindo o maior componente estrutural, a apoproteína B (apoB). Já as partículas de VLDLg secretadas pelo fígado de galinhas em postura são pequenas, com tamanho regular em torno de 25 a 30 nm, e contêm apenas duas apoproteínas, apoB e apoVLDL-II. Estas partículas estão relacionadas com a deposição de gema nos ovos (Figura 1) (Walzem 1996).

**Figura 1.** VLDLg x VLDL. A escala mostra a diferença entre os diâmetros da VLDLg e VLDL, observadas no plasma de galinhas em postura e galinhas fora de postura, respectivamente (Adaptado de Walzem, 1996).



Diversos estudos realizados com galinhas mostraram que partículas de VLDL com diâmetros de 25-44 nm foram altamente correlacionadas com uma produção de ovos de sucesso (Walzem, 1996). Entretanto galinhas que continham maiores quantidades de partículas de VLDL com diâmetros < 25 nm ou > 50 nm apresentavam baixa produção de ovos.

As VLDLg são importantes para as aves, principalmente durante o período de postura, pois são elas que transportam a gordura do fígado para os tecidos extra-hepáticos, como por exemplo, para o ovário, onde serão usados para a síntese da gema do ovo (Baião e Lara, 2005).

Com o início da produção de ovos, o estrogênio altera a produção das lipoproteínas (VLDL) para lipoproteínas (VLDLg) específica na produção de gema.





A redução do tamanho da VLDLg ocorre, apesar de haver um excesso de triacilgliceróis no fígado, visto que esta redução se faz necessária para que as partículas de VLDL consigam atravessar a lâmina basal da camada da granulosa e alcançar os receptores localizados na superfície do oócito.

No folículo ovariano, o oócito é cercado por várias camadas de tecidos (Griffin et al., 1984). A camada mais externa composta pela teca externa e teca interna, é bem vascularizada, com capilares estendendo-se até a camada granulosa, localizada logo abaixo. As moléculas plasmáticas (VLDLg e vitelogenina) para serem incorporadas aos folículos precisam atravessar três barreiras: parede capilar; lâmina basal, que envolve a camada granulosa; e a camada granulosa, que envolve o oócito. A lâmina basal, além de funcionar como suporte mecânico, age como um filtro que impede VLDL com grandes diâmetros e portomícrons de atravessarem esta barreira e serem depositados no oócito em desenvolvimento (Griffin e Perry, 1985).

Estudos conduzidos por Walzem (1999) comparando os tamanhos da lipoproteína (VLDL) de galos com a lipoproteína (VLDLg) de galinhas poedeiras, mostraram uma notável redução no diâmetro desta partícula durante a produção de ovos. As VLDL com tamanho maior que 44 nm sofrem uma série de mudanças metabólicas para formar as VLDLg, que são menores (25-44 nm) de diâmetro, porém ricas em triacilglicerídeos e responsáveis por transportarem os nutrientes necessários para formar a gema do ovo. O diâmetro médio das partículas de VLDL encontrados foram de 27,9 e 72,3 nm para as galinhas poedeiras e galos, respectivamente.

Após serem absorvidos pelos folículos, os componentes lipídicos da VLDL são depositados na gema essencialmente inalterados. Baião e Lara (2005) notaram semelhanças entre a gordura ingerida pela ave através da dieta e a gordura corporal depositada, visto que não ocorre nenhuma alteração na composição dos ácidos graxos durante os processos de absorção e transporte. Diferentemente dos componentes lipídicos, os componentes proteicos dos precursores da gema são modificados por ação de enzimas proteolíticas. A apoproteína apoB é clivada liberando uma série de polipeptídeos menores; a subunidade apoVLDL-II permanece intacta. A vitelogenina é transportada por via sanguínea ao ovário onde é endocitada e fragmentada em duas proteínas vitelínicas: lipovitelina e fosvitina (Wallace e Selman, 1981; Matsubara e Sawano, 1995). A fosvitina é uma proteína altamente fosforilada que atua como carreadora do ferro se ligando a ele, fazendo com que este não esteja disponível para absorção. Segundo Jiang e Mine (2000), 95% do ferro presente na gema está ligado à fosvitina, numa conformação muito estável. A lipovitelina contém apenas alguns lipídios associados.





As propriedades específicas da VLDLg associadas com um elevado grau de produção de gema são: 1) o diâmetro da partícula de 25 a 44 nm; 2) alta quantidade de apoVLDL-II em relação a apoB; 3) resistência à lipoproteína lipase; e 4) alta concentração de triacilglicerídeos e baixo teor de ésteres de colesterol (Walzem, 1999).

### **Ação da enzima Lipase Lipoproteica**

A enzima lipase lipoproteica, sintetizada pelos tecidos muscular e adiposo, promove o metabolismo da VLDL (hidrólise dos triacilglicerídeos). Após sua síntese, a enzima é secretada pelo tecido e migra para o endotélio vascular, onde possui acesso imediato ao substrato. A hidrólise dos triacilglicerídeos pela lipase lipoproteica reduz o tamanho do núcleo da VLDL e cria um relativo excesso de lipídios na superfície (Mahley et al., 1991). A remoção dos triacilglicerídeos do núcleo pela ação da lipase converte progressivamente a VLDL em partículas menores e mais densas, como lipoproteínas de densidade intermediária (IDL) e as lipoproteínas de baixa densidade (LDL).

### **Lipase lipoproteica x VLDLg**

Até o final da década de 1970, acreditava-se que os triacilglicerídeos poderiam ser depositados na gema por meio de uma lipase lipoproteica, mecanismo análogo aos eventos que ocorre no tecido adiposo (Benson et al., 1975; Clifford e Bensadoun, 1975). Entretanto, estudos documentaram que as partículas de lipoproteínas eram absorvidas intactas por endocitose através de depressões revestidas localizados no oolema do oócito de folículos em desenvolvimento (Perry et al. 1978).

A VLDLg apresenta uma característica peculiar, é a única lipoproteína resistente à ação da lipase lipoproteica. Esta partícula resiste à atividade lipolítica da lipoproteína lipase in vitro (Griffin et al., 1982) e in vivo (Bacon et al., 1978). A VLDLg contém grandes quantidades de apo-VLDL-II, que são resistentes à atividade lipolítica da lipoproteína lipase (inibe a ação da lipase), por esta razão previne a formação de IDL ou LDL garantindo assim um elevado teor de triacilglicerídeos para a gema de ovo (Schneider et al., 1990; Barber et al., 1991; Nimpf e Schneider, 1991; Hermier, 1997; Elkin, 2006).

### **Absorção e transporte das vitaminas A, E e carotenóides para a gema do ovo**

As pesquisas sobre o processo de absorção e transporte das vitaminas A, E e dos carotenóides em aves são escassas, entretanto parece ser semelhante ao que ocorre com os lipídios (Bjorneboe et al., 1990). Desta forma, os portomícrons transportam estas vitaminas para os tecidos e fígado, a VLDL faz o transporte aos tecidos e a VLDLg à gema do ovo.



## ■ REFERÊNCIAS

1. Asociacion de Productores de Huevos de Chile. Disponível em:<<http://www.asohuevo.cl>>. Acesso em: 20 abril 2005.
2. Bacon, W.L.; Leclercq, B.; Blum, J.C. Difference in metabolism of very low density lipoprotein from laying chicken hens in comparison to immature chicken hens. *Poultry Science*. 57: 1675-1686, 1978.
3. Baião, N.C.; Lara, L.J.C. Oil and fat in broiler nutrition. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 7, n. 3, p. 129-141, 2005.
4. Banks, W.J. Sistema reprodutivo feminino. BANKS, WJ-Histologia veterinária aplicada, v. 2, p. 565-588, 1992.
5. Barber, D. L.; Sanders, E. J.; Aebersold, R.; Schneider, W. J. The receptor for yolk lipoprotein deposition in the chicken oocyte. *Journal of Biological Chemistry*, v. 266, n. 28, p. 18761-18770, 1991.
6. Benez, S. M. Aves: Criação clínica teórica prática, silvestres ornamentais avinhados. *Anatomia e fisiologia das aves*. São Paulo, Roben Editorial. p. 18-91, 1998.
7. Benson, J.D.; Bensadoun, A.; Cohen, D. Lipoprotein lipase of ovarian follicles in the domestic chicken (*Gallus domesticus*). *Experimental Biology and Medicine*, v. 148, n. 2, p. 347-350, 1975.
8. Bertechini, A. G. Mitos e verdades sobre o ovo de consumo. Disponível em:<<http://www.avisite.com.br>>. Acesso em: 10 março 2005.
9. Burke, W.H. Reprodução das aves. In: SWENSON M.J. e REECE W.O. DUKES. *Fisiologia dos Animais Domésticos*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. cap. 38. p. 660- 680.
10. Capony, F., Williams, D.L. Apolipoprotein B of avian very low density lipoprotein: characteristics of its regulation in nonstimulated and estrogen-stimulated rooster. *Biochemistry*, v. 19, n. 10, p. 2219-2226, 1980.
11. Chan, L.; Bradley, W. A.; Means, A. R. Amino acid sequence of the signal peptide of apoVLDL-II, a major apoprotein in avian very low density lipoproteins. *Journal of Biological Chemistry*, v. 255, n. 21, p. 10060-10063, 1980.
12. Clifford, C.K.; Bensadoun, A. In vivo uptake of triglyceride fatty acids and free fatty acids by ovarian follicles of hens (*Gallus domesticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, v. 51, n. 1, p. 133-137, 1975.
13. Dashti, N.; Kelley, J.L.; Thayer, R.H.; Ontko, J.A. Concurrent inductions of avian hepatic lipogenesis, plasma lipids, and plasma apolipoprotein B by estrogen. *Journal of lipid research*, v. 24, n. 4, p. 368-380, 1983.
14. El Halawani, M.E.; Noll, S.L. Managing turkeys for maximum egg production. In: International Symposium on the Artificial Insemination of Poultry, 1, 1995, Savoy, IL. *Proceedings ...* Edited by MR Bakst and G J Wishart. Savoy, IL: Poultry Science Association, p.184-196, 1995.
15. El Halawani, M. E.; Silsby, J. L.; Rozenboim, I.; Pitts, G. R. Increased egg production by active immunization against vasoactive intestinal peptide in the turkey (*Meleagris gallopavo*). *Biology of reproduction*, v. 52, n. 1, p. 179-183, 1995.



16. Elkin, R.G. Reducing shell egg cholesterol content. I. Overview, genetic approaches, and nutritional strategies. *World's Poultry Science Journal*, v. 62, n. 04, p. 665-687, 2006.
17. Etches, R.J. *Reproduction in poultry*. Wallingford: CAB International; 1996.
18. Evans, A.J.; Burley, R.W. Proteolysis of apoprotein B during the transfer of very low density lipoprotein from hens' blood to egg yolk. *Journal of Biological Chemistry*, v. 262, n. 2, p. 501-504, 1987.
19. Froman, D.P.; Kirbys, J.D.; Proudman, J.A. Reprodução em aves: macho e fêmea. In: HAFEZ, B.E. e HAFEZ, E.S. (Coor.). *Reprodução animal*. 7ed. São Paulo: Manole, p.237- 242, 2004.
20. Garcia, S.M.L.; Fernández, C.G. *Embriologia*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. 416p.
21. Griffin, H.; Grant, G.; Perry, M. Hydrolysis of plasma triacylglycerol-rich lipoproteins from immature and laying hens (*Gallus domesticus*) by lipoprotein lipase in vitro. *Biochem. J*, v. 206, p. 647-654, 1982.
22. Griffin, H.D.; Perry, M. M.; Gilbert, A.B. Yolk formation. In: FREEMAN, B.M. *Physiology and Biochemistry of the domestic fowl*. London: Academic Press, 1984. v. 5. p. 345-376, 1984.
23. Griffin, H.D.; Perry, M.M. Exclusion of plasma lipoproteins of intestinal origin from avian egg yolk because of their size. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, v. 82, n. 2, p. 321-325, 1985.
24. Hermier, D. Lipoprotein metabolism and fattening in poultry. *The Journal of nutrition*, v. 127, n. 5, p. 805S-808S, 1997.
25. Hoffman, D.R.; Theuer, R.C.; Castañeda, Y.S.; Wheaton, D.H.; Bosworth, R.G.; O'Connor, A.R.; Birch, E. E. Maturation of visual acuity is accelerated in breast-fed term infants fed baby food containing DHA-enriched egg yolk. *The Journal of nutrition*, v. 134, n. 9, p. 2307-2313, 2004.
26. Ieda, T.; Saito, N.; Ono, T.; Shimada, K. Effects of presence of an egg and calcium deposition in the shell gland on levels of messenger ribonucleic acid of CaBP-D28K and of vitamin D3 receptor in the shell gland of the laying hen. *General and comparative endocrinology*, v. 99, n. 2, p. 145-151, 1995.
27. Instituto huevo. Setor econômico - história. [online] Disponível: <http://www.institutohuevo.com/scripts/historia.asp>.
28. Jiang, B.; Mine, Y. Preparation of novel functional oligophosphopeptides from hen egg yolk phosvitin. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 48, n. 4, p. 990-994, 2000.
29. Johnson, A. L. Regulation of follicle differentiation by gonadotropins and growth factors. *Poultry science*, v. 72, n. 5, p. 867-873, 1993.
30. Johnson, A.L. *Reproduction in the female*, p. 569-591. In: Whittow, G.C. (ed.) *Sturkie's Avian Physiology*. 5ª ed. Academic Press, San Diego, Califórnia, 2000.
31. Johnson, P.A. Reprodução de Aves. In: Reece, W.O. Dukes, *Fisiologia dos Animais Domésticos*. 12ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2006, p. 691-701.
32. Jolivet, P.; Boulard, C.; Beaumal, V.; Chardot, T.; Anton, M. Protein components of low- density lipoproteins purified from hen egg yolk. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 54, n. 12, p. 4424-4429, 2006.





33. Jung, J. G.; Lim, W.; Park, T. S.; Kim, J. N.; Han, B. K.; Song, G.; Han, J. Y. Structural and histological characterization of oviductal magnum and lectin-binding patterns in *Gallus domesticus*. *Reprod Biol Endocrinol*, v. 9, p. 62, 2011.
34. Kudzma, D. J.; St. Claire, F.; DeLallo, L.; Friedberg, S.J. Mechanism of avian estrogen- induced hypertriglyceridemia: evidence for overproduction of triglyceride. *Journal of lipid research*, v. 16, n. 2, p. 123-133, 1975.
35. Matsubara, T.; Sawano, K. Proteolytic cleavage of vitellogenin and yolk proteins during vitellogenin uptake and oocyte maturation in barfin flounder (*Verasper moseri*). *Journal of Experimental Zoology*, v. 272, n. 1, p. 34-45, 1995.
36. Mazzuco, H. Ovo: alimento funcional, perfeito à saúde. *Avicultura Industrial*, n. 2, p. 12-16, 2008.
37. Nimpf, J.; Schneider, W. J. Receptor-Mediated Lipoprotein Transport in Laying Hens1. *J. Nutr*, v. 121, p. 1471-1474, 1991.
38. Pal, L.; Grossmann, R.; Dublec, K.; Husveth, F.; Wagner, L.; Bartos, A; Kovacs, G. Effects of glucagon and insulin on plasma glucose, triglyceride, and triglyceride-rich lipoprotein concentrations in laying hens fed diets containing different types of fats. *Poultry science*, v. 81, n. 11, p. 1694-1702, 2002.
39. Parizzi, R. C.; Santos, J. M.; Oliveira, M. F.; Maia, M. O.; Sousa, J. A.; Miglino, M. A.; Santos, T. C. D. Macroscopic and microscopic anatomy of the oviduct in the sexually mature rhea (*Rhea americana*). *Anatomia, histologia, embryologia*, v. 37, n. 3, p. 169-176, 2008.
40. Perry, M.M.; Gilbert, A.B.; Evans, A.J. Electron microscope observations on the ovarian follicle of the domestic fowl during the rapid growth phase. *Journal of anatomy*, v. 125, n. Pt 3, p. 481, 1978.
41. Proudman, J.A. Reprodução em Aves: Machos e Fêmeas - Reprodução da Fêmea. In: Hafez, B. *Reprodução Animal*. 7ª ed. Manole, Barueri, SP, p.242-255, 2004.
42. Reed Jr, R.B.; Cope, L.A.; Blackford, J.T. Macroscopic anatomy of the reproductive tract of the reproductively quiescent female emu (*Dromaius novaehollandiae*). *Anatomia, histologia, embryologia*, v. 40, n. 2, p. 134-141, 2011.
43. Rutz, F.; Anciuti, M. A.; Xavier, E. G.; Roll, V. F. B.; Rossi, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 31, n. 3, p. 307-317, 2007.
44. Samuelson, D.A. *Textbook of veterinary histology*. Saunders-Elsevier, 2007, 546p.
45. Schneider, W.J.; Carroll, R.; Severson, D.L.; Nimpf, J. Apolipoprotein VLDL-II inhibits lipolysis of triglyceride-rich lipoproteins in the laying hen. *Journal of lipid research*, v. 31, n. 3, p. 507-513, 1990.
46. Sesti, L.A.C. Órgãos reprodutivos e reprodução de aves domésticas. In: MACARI, M., GONZALES, E. (ed.) *Manejo da incubação*. Campinas: FACTA, 2003. p.3-33.
47. Sobreira, R.R.; Guedes, J.F.H.; Gualberto, J.; Silva, J.R. *Fisiologia reprodutiva das aves*. Webartigo.com.br, 2011.
48. Stevens, L. Lipids and their metabolism. In: *Avian Biochemistry and Molecular Biology*. New York: Cambridge University Press, 1996. P. 46-64.





49. Stryer, L. Biossíntese de lipídeos de membrana e esteróides. In: Bioquímica. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. p. 652-678.
50. Swenson, M.J.; Reece, W.O. Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos 11<sup>a</sup> ed. Editora Guanabara Koogan Rio de Janeiro Brasil 1996, 856 p.
51. Wallace, R.A.; Selman, K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. American Zoologist, v. 21, n. 2, p. 325-343, 1981.
52. Walzem, R. L.; Davis, P. A.; Hansen, R. J. Overfeeding increases very low density lipoprotein diameter and causes the appearance of a unique lipoprotein particle in association with failed yolk deposition. Journal of lipid research, v. 35, n. 8, p. 1354-1366, 1994.
53. Walzem, R. L. Lipoproteins and the laying hen: form follows function. Poultry and Avian Biology Reviews (United Kingdom), 1996.
54. Walzem, R. L.; Hansen, R. J.; Williams, D. L.; Hamilton, R. L. Estrogen induction of VLDL assembly in egg-laying hens. The Journal of nutrition, v. 129, n. 2, p. 467S-472S, 1999.
55. Watkins, B.A. The nutritive value of the egg. Egg science and technology, v. 4, p. 177-194, 1995.
56. Williams, D. L. Apoproteins of avian very low density lipoprotein: demonstration of a single high molecular weight apoprotein. Biochemistry, v. 18, n. 6, p. 1056-1063, 1979.



---

# Nutrição materna e o crescimento e desenvolvimento fetal

| Vivian Aparecida Rios de **Castilho**  
UFGD

| Alexandre Rodrigo Mendes **Fernandes**  
UFGD

# RESUMO

O crescimento e desenvolvimento fetal é um processo complexo e dinâmico controlado por vários fatores de origem materna, placentária e fetal. Esse estágio é crucial para o desenvolvimento do músculo esquelético, bem como para o desenvolvimento do tecido adiposo e conjuntivo, visto que após o nascimento não existe o aumento no número de fibras musculares, apenas hipertrofia das miofibras já existentes para a produção de carne. Além disso, é um estágio importantíssimo para a formação de adipócitos intramusculares que fornecerão locais para o acúmulo de gordura intramuscular ou formação de marmoreio durante o período de engorda. O tecido conjuntivo juntamente com as fibras musculares, são fatores determinantes na maciez da carne, uma vez que a carne macia é limitada aos músculos com baixo conteúdo de colágeno. Inúmeros estudos nos permitem verificar que a nutrição materna durante a gestação pode afetar diretamente o desempenho da prole sobre esses parâmetros. Sendo assim, é preciso compreender os mecanismos de desenvolvimento desses tecidos para lidarmos com os manejos adequados que contribuam para a melhoria da eficiência e qualidade da progênie. Nessa revisão, abordaremos os mecanismos de desenvolvimento e crescimento fetal e como a nutrição materna influencia no crescimento e desenvolvimento dos tecidos muscular, adiposo e conjuntivo.

**Palavras-chave:** Adipogênese, Fibrogênese, Miogênese, Nutrição Materna.

## ■ INTRODUÇÃO

Na produção animal, os animais produtores de carne foram selecionados intensamente para o seu máximo desempenho e crescimento, isto é, quanto a sua taxa de crescimento e conversão alimentar. No entanto, além da base genética, o desenvolvimento fetal adequado também é importante para maximizar o potencial de crescimento, desempenho e produção de carne (Du et al., 2015).

O crescimento e desenvolvimento fetal é um processo complexo e dinâmico controlado por vários fatores de origem materna, placentária e fetal. No início da vida embrionária, o genoma é o principal determinante de crescimento e desenvolvimento, mas os fatores nutricionais ambientais e hormonais destacam-se com grande importância nesse processo.

Animais produtores de carne são criados para o desenvolvimento do tecido muscular esquelético. Sendo assim, o estágio fetal é crucial para o desenvolvimento do músculo porque após o nascimento não há o aumento no número de fibras musculares, apenas hipertrofia (Stickland, 1978; Zhu et al., 2004). Portanto, uma diminuição no número de fibras musculares ocorre a redução permanente da massa muscular e afeta negativamente o desempenho do animal. Já o marmoreio, ou gordura intramuscular, é de suma importância para a palatabilidade da carne, e a vida fetal é um estágio importantíssimo para a formação de adipócitos intramusculares (Tong et al., 2008) que fornecerão locais para o acúmulo de gordura intramuscular ou formação de marmoreio durante o período de engorda (Du et al., 2010).

A maciez da carne é determinada principalmente por dois fatores: fibras musculares e tecido conjuntivo. O tecido conjuntivo, principalmente o colágeno, é responsável pela dureza da carne, por esse motivo a carne macia é limitada aos músculos com baixo conteúdo de colágeno, enquanto a carne derivada dos músculos dos membros, por exemplo, possui maiores teores de colágeno e conseqüentemente é mais resistente (McCormick, 1999). Além do conteúdo de colágeno, a reticulação tem um impacto maior na dureza da carne, e estudos mostram que a quantidade de colágeno e a reticulação estão correlacionadas de forma positiva (Archile-Contreras et al., 2010). Para tanto, é preciso compreender os mecanismos de desenvolvimento desses tecidos para lidarmos com os manejos adequados que contribuam para a melhoria da eficiência e qualidade da progênie.

Sendo assim, nessa revisão, discutiremos primeiramente os mecanismos de desenvolvimento fetal com foco na miogênese e adipogênese, bem como os mecanismos que regem o processo de diferenciação celular. Em seguida, abordaremos a influência nutricional materna sobre o crescimento e desenvolvimento do tecido muscular esquelético, adiposo e conjuntivo.

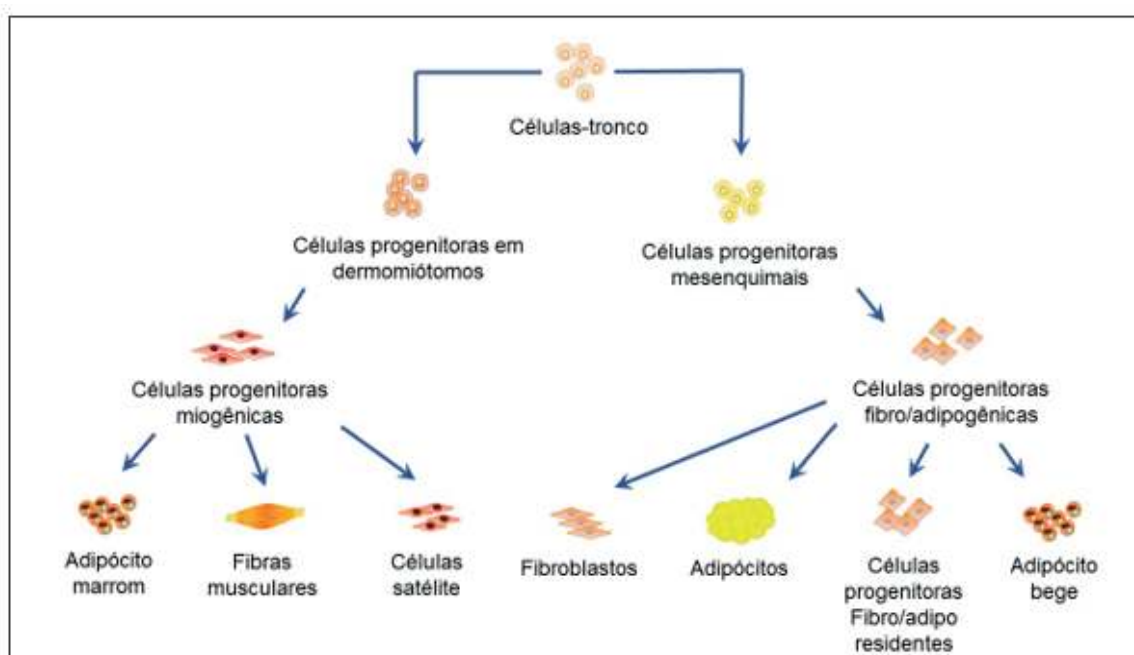
## ■ DESENVOLVIMENTO

### Desenvolvimento tecidual

O estágio embriofetal é crucial para o desenvolvimento do músculo esquelético, bem como para o desenvolvimento do tecido adiposo e conjuntivo (Yan et al., 2013). O crescimento dos tecidos corporais é representado pelo aumento do número das células que se inicia no momento da concepção. A partir desse momento ocorre o crescimento tecidual, estendendo-se durante os períodos embrionário, fetal e após o nascimento até a maturidade, período em que o crescimento dos órgãos é interrompido, seguido apenas pelo crescimento do tecido adiposo (Paulus e Paris, 2016).

O desenvolvimento fetal envolve os diferentes processos de miogênese, adipogênese e fibrogênese, consistindo na diferenciação da população de células-tronco mesenquimais no embrião em desenvolvimento alocadas em um mesmo microambiente (Du et al., 2010; Yan et al., 2013). Como tanto os miócitos, adipócitos e fibroblastos compartilham a mesma fonte de nutrientes e fatores de crescimento no início da vida embrionária e fetal, pode haver o comprometimento das células-tronco mesenquimais em seus devidos processos de diferenciação para suas respectivas linhagens miogênicas, adipogênicas ou fibrogênicas todas derivadas do mesoderma (Figura 1). Especificamente as células do músculo esquelético são desenvolvidas a partir de dermomiótomo durante o desenvolvimento embrionário inicial, enquanto os progenitores dos adipócitos são derivados do mesoderma lateral (Du et al., 2010).

**Figura 1.** Desenvolvimento e comprometimento das células progenitoras mesenquimais em linhagens celulares miogênicas e fibro/adipogênicas.



Fonte: Adaptado de Du et al. (2015)



Alterar o processo de diferenciação das células-tronco da miogênese para adipogênese aumentará a quantidade de gordura intramuscular, sendo associado à resistência à insulina do músculo devido ao efeito parácrino dos adipócitos intramusculares, ou seja, devido a ações hormonais produzidas nos adipócitos sobre as células musculares (Petersen e Shulman, 2002; Aguiari et al., 2008). Da mesma forma, a mudança para a fibrogênese poderá levar ao comprometimento da função muscular, inclusive da sua própria capacidade oxidativa. Já a atenuação do processo de miogênese reduzirá a densidade da fibra muscular, exercendo efeito negativo permanente sobre a força muscular da prole (Bayol et al., 2009; Tong et al., 2009).

O processo de diferenciação adequado das células-tronco mesenquimais durante o desenvolvimento fetal é crucial para a saúde e produção da prole a longo prazo. Nos animais de produção todas as fibras musculares são formadas na fase de desenvolvimento embrionário e fetal. Consequentemente, compreender o desenvolvimento pré-natal é importante, porque os eventos que ocorrem neste estágio têm impacto direto no desenvolvimento e crescimento pós-natal (Baschat, 2004).

## **Músculo esquelético**

As fibras musculares ou miofibras são as unidades estruturais do músculo esquelético (Sciote e Morris, 2000) e os mioblastos são células mononucleares que têm a capacidade de se proliferar e diferenciar-se dando origem as miofibras esqueléticas (Zammit et al., 2006). A formação de novas fibras musculares é denominada miogênese, um processo de diferenciação onde as células-tronco multipotentes são convertidas em células musculares comprometidas. No entanto, as células comprometidas, denominadas células progenitoras miogênicas, ainda não são células musculares (Yan et al., 2013).

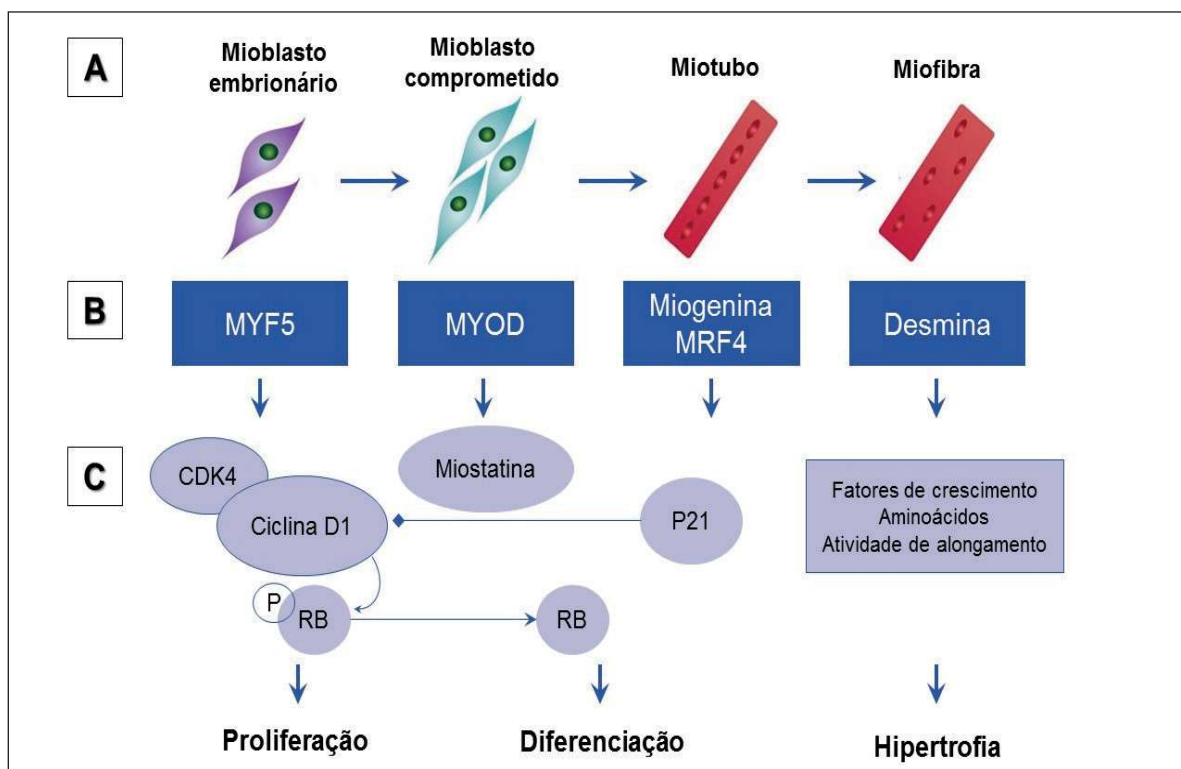
O processo de miogênico pode ser dividido em miogênese primária e miogênese secundária, em que a primeira ocorre principalmente durante o estágio embrionário, momento em que um pequeno número de mioblastos embrionários se fundem para formar miofibras primárias em 20% do tempo da gestação de ovinos (Russell e Oteruelo, 1981). A miogênese secundária ocorre durante o estágio final da gestação onde as miofibras primárias funcionam como um modelo para a proliferação e diferenciação que leva a formação das fibras musculares secundárias (Beermann et al., 1978). As miofibras secundárias compreendem a maioria das fibras e são altamente responsivas aos nutrientes (Zhu et al., 2004), ocorrendo de 20 a 70% da gestação (Russell e Oteruelo, 1981) envolvendo a proliferação dos mioblastos fetais seguido pela expressão de Fatores de Regulação Miogênica (MRF's). Os MRF's são um conjunto de fatores transcricionais que atuam ligando-se as sequencias de DNA, conhecidas como na região responsável por promover vários genes músculo-específicos





para sua expressão (Du et al., 2013). Os MRF's são expressos de maneira sequencial durante o processo de diferenciação e incluem MYF5, MYOD, MRF4 e miogenina (Amthor et al., 1999) (Figura 2A). Tanto as células precursoras miogênicas quanto os mioblastos se proliferam para aumentar seu número.

**Figura 2.** Principais genes reguladores e proteínas envolvidas na miogênese fetal.



Fonte: Adaptado de Brown (2014)

Quando existem sinais ambientais pertinentes, os mioblastos comprometidos se alinham, se fundem e se diferenciam em fibras musculares imaturas, conhecidas como miotubos (Du et al., 2010) (Figura 2B). Dessa forma, o MYF5 converte as células precursoras em mioblastos embrionários enquanto a MYOD atua na progressão da diferenciação dessas células em mioblastos comprometidos (Stewart e Rittweger, 2006). A MRF4 e a miogenina são necessários para a fusão dos mioblastos em miotubos (Barnoy e Kosower, 2007), sendo expressa durante todo o período fetal. A desmina é o principal filamento intermediário específico do músculo e sua expressão aumenta conforme o avanço do desenvolvimento fetal (Zammit et al., 2006; Du et al., 2015).

Os alvos dos MRF's incluem proteínas que regulam proliferação para a diferenciação, onde a expressão da ciclina D1 e cinase-4 dependente de ciclina (CDK4) induzem a proliferação de mioblastos mantendo a proteína inibidora do retinoblastoma (RB) em seu estado fosforilado e inativo (Figura 2C). Conforme a diferenciação é ativada, o MYOD se liga à miostatina e os mioblastos se retiram do ciclo celular (Spiller et al. 2002). Além disso, o inibidor do ciclo transcrricional (P21) atua sobre a CDK4 que resulta na desfosforilação





de RB para reduzir a atividade do ciclo celular (Guo et al., 2012). Este processo resulta na retirada dos mioblastos do ciclo celular e subsequente fusão em miotubos, concomitantemente com a expressão de MYOD, MYF5 e miogenina. A maturação e hipertrofia das miofibras são estimuladas por fatores de crescimento, aminoácidos e atividades de alongamento (Gaster et al., 2001; Zammit et al., 2006).

O processo de miogênese está quase completo ao final do ciclo gestacional, como foi observado que o número total de miofibras estava finalizado no momento do nascimento em camundongos e leitões (Rowe e Goldspink, 1969; Wigmore e Stickland, 1983). Durante o final da vida fetal e o início da vida pós-natal, o crescimento da miofibras é acompanhado pela proliferação e fusão de células satélite com as miofibras existentes (White et al., 2010; Brown, 2014). As células satélites são células miogênicas comprometidas que contribuem com o crescimento muscular pós-natal (Du et al., 2013). No período pós-natal ou vida adulta ocorre aumento na área da secção transversal da miofibras sem que haja alteração na quantidade de fibras musculares (White et al., 2010).

Em resposta a vários estímulos ambientais relacionados ao crescimento, as células satélites, células progenitoras mononucleares, servem como células-tronco ósseas que podem se proliferar e se diferenciar para criação de novos músculos (Ten Broek et al., 2010; Yan et al., 2013). As células satélites sofrem proliferação assimétrica com uma parte das células filhas reabastecendo o *pool* original, quanto o restante diferencia-se em mioblastos. Esses mioblastos se fundem com as fibras musculares existentes para aumentar o tamanho da fibra muscular, bem como o número de fibras musculares. Assim, as células satélites retêm plasticidade e capacidade regenerativa durante a vida pós-natal (Brown, 2014).

A hipertrofia da miofibras, ou o aumento no diâmetro e comprimento da fibra com ou sem fusão de células satélite, ocorre como um aumento no equilíbrio entre a síntese e degradação de proteínas. Quando a taxa de síntese protéica excede a de degradação protéica, o resultado final é o acréscimo de proteína e consequentemente leva a hipertrofia da miofibras. Nutrientes e fatores de crescimento são reguladores primários do balanço proteico e da hipertrofia muscular. No entanto, o alongamento e a carga muscular também regulam a massa muscular e a síntese de proteínas, mesmo durante a vida fetal (Racca et al., 2013).

## **Tecido adiposo**

Além do armazenamento de energia, o tecido adiposo desempenha um papel crítico na regulação do metabolismo de todo o corpo e na homeostase (Ailhaud, 2006; Kahn e Filer, 2000). Em cordeiros, por exemplo, o tecido adiposo é utilizado para a manutenção da termogênese e é a principal fonte de energia para os cordeiros recém-nascidos (Alexander, 1968).





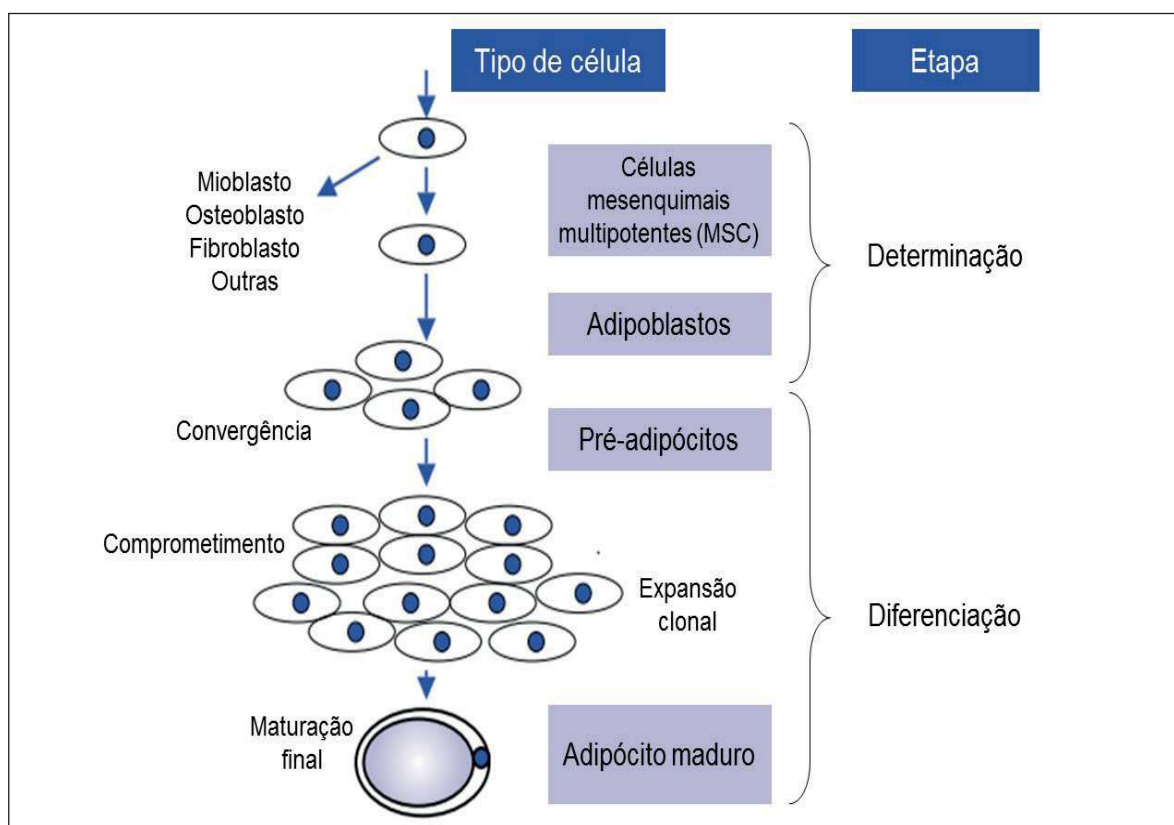
A formação dos adipócitos inicia-se antes do meio da gestação em bovinos de corte (Bonnet et al., 2010), com a primeira detecção de adipócitos em depósitos de gordura visceral seguidas por depósitos de gordura subcutânea, intermuscular e intramuscular (Du et al., 2013). A formação no depósito visceral ocorre durante o estágio fetal médio até o pós-natal inicial (Robelin, 1981); a formação de adipócitos subcutâneos ocorre mais tardia, entre o estágio fetal médio/tardio e o estágio inicial de desmame (Hood e Allen, 1973). Estima-se que a formação de adipócitos intramusculares ocorra principalmente durante o estágio fetal tardio, até cerca de 250 dias de gestação (Du et al., 2013).

A nível molecular, o desenvolvimento do tecido adiposo depende da hiperplasia dos pré-adipócitos, da proliferação e assimilação dos lipídios, hipertrofia dos adipócitos e angiogênese. A adipogênese é o desenvolvimento de novos adipócitos a partir das células-tronco, semelhante com o ocorrido na miogênese, entretanto, pode ser dividida apenas em determinação e diferenciação, que ocorrem no final da fase fetal expandindo-se após o nascimento (Yan et al., 2013).

As células-tronco, quando estimuladas apropriadamente, passam por um processo de comprometimento de várias etapas, na qual as células progenitoras embrionárias diferenciam-se em células-tronco mesenquimais multipotentes (MSC) que perdem sua capacidade de diferenciar-se em outras linhagens celulares e ficam restritas às linhagens de adipócitos, dando origem aos adipoblastos (Otto e Lane, 2005; Cahill, 2006) (Figura 3). Após o processo de replicação as células apresentam uma fase de crescimento exponencial até atingir a convergência. A partir de uma parada exponencial da multiplicação celular, as células são comprometidas com o processo de diferenciação, mudando de forma devido a uma reorganização da matriz extracelular e das proteínas do citoesqueleto, dando origem aos pré-adipócitos. Essas células possuem um número limitado de mitoses adicionais, a chamada “expansão clonal”, que permite o aumento na proporção final de células de gordura diferenciadas (Feve, 2005; Tang e Lane, 2012) que quando induzidos, sofrem múltiplas mitoses e, em seguida, diferenciam-se em adipócitos (Tang e Lane, 2012). A partir de então, as células entram no processo de maturação final e adquirem todas as características finais dos adipócitos, tornando-se capazes de transportar glicose em resposta à insulina, sintetizar ácidos graxos e armazenar triacilgliceróis (Feve, 2005).



**Figura 3.** Etapas de determinação e diferenciação da adipogênese.



Fonte: Adaptado de Feve (2005).

O destino dos adipoblastos depende da convergência de vários fatores de transcrição adipogênicos e essa reprogramação genética altamente complexa está sob controle de hormônios, citocinas, nutrientes e moléculas de sinalização que alteram a expressão e/ou atividade de uma variedade de fatores no processo de transcrição, que por sua vez, regulam intimamente o processo para a conversão adiposa. Inúmeros fatores são conhecidos por influências na adipogênese graças aos estudos experimentais realizados *in vitro* e *in vivo* salientam que todos esses fatores atuam de forma coordenada e sequencial para controlar as etapas do processo (Feve, 2005).

As várias famílias de fatores de transcrição exibem diferentes modos de ativação e funções específicas, e são os principais reguladores do processo adipogênico incluindo o receptor ativado por proliferadores peroxissomais (PPAR $\gamma$ ), proteínas de ligação a CCAAT-intensificador (C/EBP) e o fator alça-hélice-alça (HLH) (Gregoire et al., 2000; Holst e Grimaldi, 2002; Avram et al., 2007). O PPAR $\gamma$  é altamente expresso e desempenha um papel indispensável na diferenciação terminal dos adipócitos (Morrison e Farmer, 2000). O C/EBP é induzido nas fases iniciais da adipogênese e desencadeiam a expressão de PPAR $\gamma$  (Fajas et al., 2001). A proteína morfogenética óssea (BMP), pertencente à superfamília do fator de transformação do crescimento (TGF $\beta$ ), exerce papéis importantes na determinação adipogênica das células-tronco multipotentes (MacDougald e Mandrup, 2002), enquanto a



via de sinalização Wnt inibe a adipogênese pela atuação na indução dos genes de PPAR $\gamma$  (Rosen e MacDougald, 2006).

A literatura encontra-se repleta de estudos que identificam os sinais extracelulares e intracelulares que influenciam na determinação e crescimento dos adipócitos e na diferenciação terminal. Existe uma variedade surpreendente de hormônios, fatores de crescimento e outras substâncias que atuam diretamente no processo. Sendo assim, existem algumas observações importantes que devem ser levadas em consideração no estudo das linhagens de células pré-adipócitas (Feve, 2005).

As primeiras observações revelaram que a diferenciação eficiente *in vitro* exigia insulina (Rosen e Spiegelman, 2000). A insulina aumenta a porcentagem de células que se diferenciam e também aumenta a quantidade de acúmulo de lipídios em cada célula de gordura, atuando também com atividade antiapoptótica (Girard et al., 1994; Kiess e Gallaher, 1998). A partir de então, a insulina tem um papel indutor nas vias de sinalização, iniciando uma série de eventos que regulam o processo de diferenciação. Após a indução, os pré-adipócitos entram de forma síncrona no ciclo celular e passam por várias rodadas de mitose, conhecida como expansão clonal mitótica. Essas células saem do ciclo celular e acumulam triglicerídeos citoplasmáticos e adquirem aparência e características metabólicas dos adipócitos (Green e Kehinde, 1974; Student et al., 1980). O acúmulo de triglicerídeos está intimamente relacionado com uma taxa elevada de lipogênese e um aumento coordenado na expressão das enzimas que atuam sobre os ácidos graxos e na biossíntese do triacilglicerol (MacDougald e Lane, 1995; Tang e Lane, 2012).

Da mesma forma, inúmeras proteínas regulatórias, características de adipócitos *in situ* são expressas de forma coordenada, incluindo os receptores de insulina (Reed e Lane, 1980), o transportador de glicose responsivo a insulina (GLUT4) (Kaestner et al., 1989), hormônio leptina (Hwang et al., 1996; Hwang et al., 1997), dentre outros (MacDougald e Lane, 1995; Hwang et al., 1997; Cornelius et al., 1994).

Uma variedade de citocinas e muitas outras moléculas pró-inflamatórias foram identificadas por suprimir a diferenciação das células de gordura nas linhagens de pré-adipócitos podendo até mesmo fazer com que a haja a desdiferenciação celular dos adipócitos maduros (Ohsumi et al., 1994; Rosen e Spiegelman, 2000). Dentre eles estão os fatores de crescimento que são inibidores potentes da adipogênese, sendo o fator de crescimento derivado de plaquetas (PDGF) que regula o crescimento e a divisão celular; o hormônio fator de crescimento fibroblástico (FGF) produzido pelas células do tecido ósseo capaz de estimular diversos tipos de células, como os fibroblastos, células endoteliais, macrófagos e estimular a proliferação e diferenciação celular; a proteína fator de crescimento epidérmico (EGF) que auxilia os processos de renovação e uniformidade da epiderme (Hauner





et al 1995; Rosen e Spiegelman, 2000). Pesquisas mostraram que camundongos que superexpressam o TGF tem aproximadamente a metade da gordura corporal dos irmãos (Luetkeke et al 1993), e ainda foi identificado como inibidor de adipogênese *in vitro* (Sparks et al., 1992; Petruschke et al., 1994).

É sabido que esses efeitos inibitórios são mediados pela ativação de cinases, enzimas responsáveis pela fosforilação, que atuam diretamente sobre o PPAR $\gamma$  e inibem a sua atividade adipogênica (Camp et al., 1999). O ácido 9-cis retinóico (RXR) que atua obrigatoriamente na heterodimerização com o PPAR $\gamma$  também pode ser fosforilado e consequentemente inibido pelas enzimas MAP cinase que regulam a expressão gênica, diferenciação, mitose e sobrevivência celular (Solomon et al., 1999).

A diferenciação dos adipócitos também pode ser regulada pela expressão de uma molécula transmembrana, o fator 1 pré-adipócito (PREF-1) que atua como um guardião molecular e atua mantendo o estado pré-adipócito prevenindo a diferenciação dos adipócitos. Quando expresso na forma transmembrana, o PREF-1 inibe a adipogênese. Contudo, o PREF-1 também pode ser liberado como uma molécula solúvel, que também tem ações inibitórias, demonstrando que o PREF-1 possa ser um regulador autócrino (que age na mesma célula) e parácrino (age em células vizinhas) na adipogênese (Smas et al 1997). Para tanto, o PREF-1 interage com a fibronectina, glicoproteína com elevado peso celular, e ativa as proteínas responsáveis por transmitir o sinal do PREF-1 para o DNA no interior da célula (MEK/ERK) para induzir a expressão do fator de transcrição do gene SOX9, que bloqueia a diferenciação dos adipócitos pela ligação às regiões promotoras de C/EBP evitando a ativação de PPAR $\gamma$  (Wang e Sul, 2009; Hudak e Sul, 2013).

## **Tecido Conjuntivo**

A fibrogênese é iniciada por volta do meio da gestação em animais ruminantes se sobrepondo ao período de adipogênese e miogênese secundária (Fève, 2005; Muhlhausler et al., 2007). De acordo com Uezumi et al. (2011) tanto os fibroblastos quanto os adipócitos intramusculares são oriundos das mesmas células, chamadas de células progenitoras fibro/adipogênicas (FAP's) (Figura 1). Os fibroblastos desenvolvidos durante este estágio formam o tecido conjuntivo que formam o epímísio, perímísio e endomísio do músculo esquelético fetal ao final da gestação (Du et al., 2010).

O tecido conectivo endomisial, ou endomísio, envolve a fibra muscular de forma individual, que de forma conjunta com as demais fibras musculares formarão os fascículos que serão envolvidas pelo perímísio. O epímísio é a porção do tecido conjuntivo que envolve todo o músculo com o objetivo de mantê-los organizados e potencializar sua ação muscular protegendo-o contra o atrito com outros músculos ou com o tecido ósseo (Weston et al., 2002).





Mais de 90% do tecido conjuntivo intramuscular está localizado no perimísio, e, portanto, é amplamente responsável por variações na maciez da carne (Du et al., 2015).

A formação do tecido conjuntivo é dada em conjunto com a formação do tecido adiposo, e na verdade, o tecido adiposo é considerado um tecido conjuntivo especializado (Du et al., 2013). No momento em que ocorre a adipogênese está ocorrendo a fibrogênese em paralelo, formando o tecido adiposo com o tecido conjuntivo associado. Como esses dois processos compartilham uma linhagem celular, é esperado uma relação positiva entre a adipogênese e a fibrogênese (Du et al., 2015). Seguindo essa linha de raciocínio, verificou-se que bovinos Wagyu que possuem alto teor de marmoreio, obtiveram maiores acúmulos de colágeno quando comparados a bovinos Angus que possuíam marmoreio relativamente baixo (Duarte et al., 2013). Estudos também demonstraram que a nutrição materna altera a fibrogênese no músculo esquelético fetal impactando no conteúdo de colágeno no músculo esquelético da prole (Du et al., 2015). Leitões com peso mais baixo ao nascimento quando comparados aos irmãos da mesma gestação apresentaram menor teor de conteúdo de colágeno no músculo esquelético (Karunaratne et al., 2005).

A formação do tecido conjuntivo é caracterizada pelo aumento da deposição de proteínas da matriz extracelular (ECM), principalmente colágeno, na membrana basal e no tecido intersticial do músculo esquelético. Uma série de citocinas e fatores de crescimento estão associados ao desenvolvimento de fibrose, entre as quais o TGF $\beta$  tem sido reconhecido como a citocina profibrogênica (Liu et al., 2010). Existem atualmente três isoformas de TGF $\beta$  identificadas, incluindo TGF $\beta$ 1, TGF $\beta$ 2 e TGF $\beta$ 3; O TGF $\beta$ 1 é expresso principalmente em células endoteliais, fibroblastos, células hematopoiéticas e células musculares lisas, o TGF $\beta$ 2 é expresso principalmente em células epiteliais e neurônios, e o TGF $\beta$ 3 é expresso especificamente em células mesenquimais (Ghosh et al., 2005). No entanto, as três isoformas de TGF $\beta$  traduzem os sinais através dos mesmos receptores de superfície celular de serina-treonina cinase, incluindo receptores de tipo I e tipo II (Attisano et al., 1996; Letterio et al., 1998). A ativação de receptores TGF $\beta$  induz a via de sinalização SMAD 43, que são extremamente importantes para a regulação do desenvolvimento celular e a expressão de genes-alvo que possuem elementos específicos de SMAD em seus promotores (Massague et al., 2000), levando à síntese de colágenos e acúmulo na matriz extracelular (Roberts et al., 1990).

## ■ NUTRIÇÃO E DESENVOLVIMENTO FETAL

Estudos ligados ao desenvolvimento fetal na produção animal são realizadas desde o início das seleções genéticas para alto desempenho. De acordo com essas pesquisas foi possível verificar que tanto a subnutrição quando a sobrenutrição materna durante a gestação podem afetar diretamente o desempenho da prole (Bispham et al., 2003; Symonds et al.,

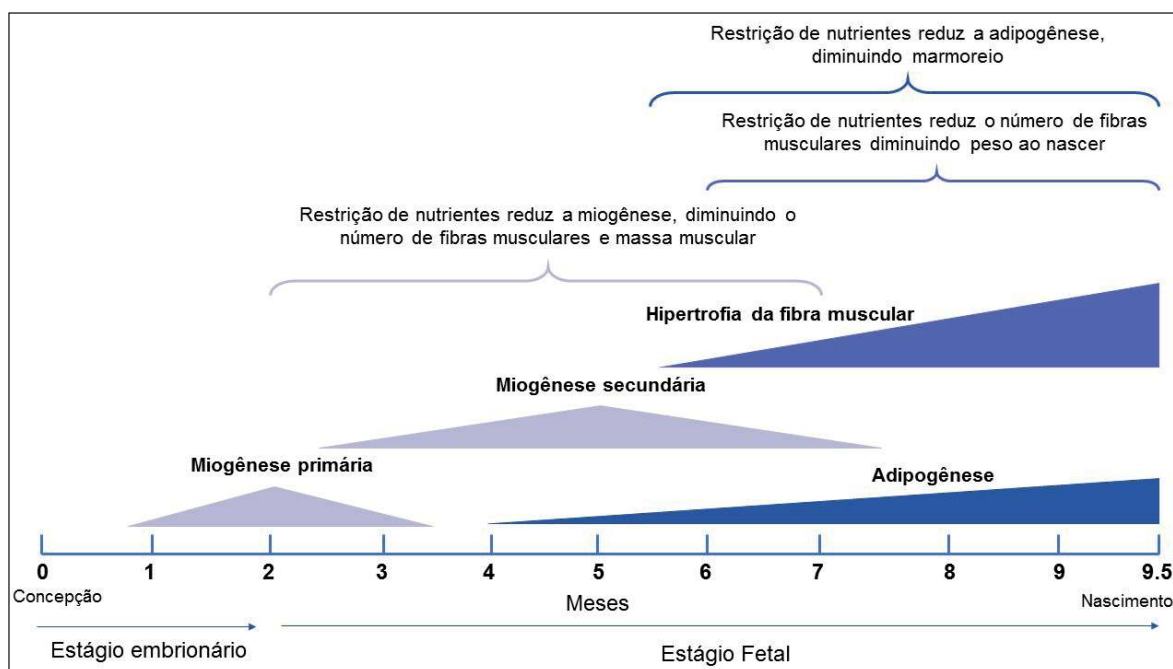




2004; Desai et al., 2005; Ford et al., 2007). Por tanto, além da base genética, o desenvolvimento fetal é importante para maximizar o crescimento potencial dos animais de produção (Du et al., 2010).

O fornecimento de nutrientes ao feto é o principal regulador do crescimento fetal. O mecanismo dessa regulação pode ser direto, uma vez que os suprimentos de substratos são inquestionavelmente necessários para o crescimento e claramente essenciais para fornecer os “blocos de construção” para o crescimento do tecido (Figura 4).

**Figura 4.** Desenvolvimento do músculo esquelético e tecido adiposo fetal bovino.



Fonte: Adaptado de Du et al. (2010).

No entanto, parece provável que esses efeitos também sejam indiretos, envolvendo tanto influências nutricionais no meio endócrino quanto na interação metabólica entre o feto, placenta e a mãe, devendo ocorrer de maneira coordenada para permitir o crescimento e desenvolvimento do animal. Também é importante lembrar que o aumento no suprimento de certos nutrientes ou de combinações de nutrientes pode ser de interesse para seu correto desenvolvimento, bem como seus excessos podem prejudicar o crescimento fetal

### Subnutrição materna

A subnutrição materna afeta o desenvolvimento fetal levando à redução do peso da prole ao nascimento e impacta especialmente sobre o desenvolvimento do músculo esquelético fetal (Zhu et al., 2004), independente se a restrição é de energia ou de fontes proteicas (Harding e Johnson, 2005). O impacto da desnutrição sobre o peso ao nascimento dependerá da gravidade da restrição, bem como do momento gestacional em qual ocorreu.





Restrições alimentares durante o estágio embrionário tem efeitos relativamente menores no desenvolvimento do músculo esquelético, porque apenas uma pequena quantidade de miofibras são formadas durante esse estágio (Yan et al., 2003). De acordo com Du et al. (2005) o peso corporal fetal e o peso da carcaça de bezerros oriundos de bovinos de corte que receberam restrição de 30% dos nutrientes no período de 30 a 120 dias de gestação não foram afetados. Já em um estudo com ovelhas com restrição de 50% de nutrientes de 18 dias antes até 6 dias após a concepção fez com que houvesse a diminuição do número de fibras musculares do feto, embora o peso corporal durante o período gestacional não tenha sido afetado (Quigley et al., 2005).

O estágio mais crítico para o desenvolvimento do músculo esquelético fetal é do início ao meio da gestação de animais ruminantes, e do meio para o final da gestação em suínos. A diminuição de 50% da disponibilidade de nutrientes em ovelhas no período de 28 a 78 dias de gestação reduziu consideravelmente a formação de fibras secundárias e a proporção de fibras secundárias para primárias (Zhu et al., 2008). Sabe-se ainda que, a redução da massa muscular durante o desenvolvimento do feto tem consequências fisiológicas negativas irreversíveis e duradouras na prole (Zambrano et al., 2005). Dessa forma, cordeiros com oito meses de idade nascidos de mães que passaram por restrição alimentar possuem menos fibras musculares quando comparados aos cordeiros oriundos de mãe que não passaram pela restrição (Zhu et al., 2006). Resultados semelhantes a esse foram observados em suínos recém-nascidos (Dwyer et al., 1994).

No estágio final da gestação, a restrição de nutrientes não tem grande impacto sobre o número de fibras musculares nos ovinos e bovinos porque o músculo esquelético já amadureceu (Du et al., 2010). A restrição materna nesse momento, reduz a hipertrofia da fibra muscular, sendo esses resultados encontrados em ovelhas quando foi comparado o crescimento muscular de gestações solteiras com gemelares (McCoard et al., 2000). Observamos então, que a subnutrição materna do início ao meio do período gestacional reduz o número das fibras musculares e ao final da gestação reduz o tamanho das fibras, tanto em ovelhas quanto em bovinos, já para suínos a gestação no período final é importante para a formação das miofibras (Dodson et al., 2013).

Contudo, há relatos que os efeitos da restrição nutricional sobre o desenvolvimento e crescimento fetal sejam ainda mediados por outros mecanismos, além da fome propriamente dita (Harding e Johnston, 2005). Sendo assim, entender os efeitos nutricionais sobre o desenvolvimento dos diferentes órgãos durante o período gestacional também é interessante. Devido ao crescimento acelerado desses componentes em determinados momentos da gestação, quando a restrição do alimento ocorre são geralmente os mais afetados (Harding e Johnston, 2005).





## Sobrenutrição materna

Além da deficiência nutricional materna, a sobrenutrição também afeta o desenvolvimento do músculo esquelético fetal, principalmente por aumentar a adipogênese intramuscular e a fibrogênese (Yan et al., 2013). Em animais ruminantes, a adipogênese começa em torno do meio da gestação, que se sobrepõe à miogênese (Du et al., 2010; Feve, 2005). No processo de desenvolvimento do músculo, uma pequena porção das células progenitoras se diferencia em adipócitos, que formarão a gordura intramuscular e de marmoreio (Tong et al., 2009). Esse aumento no acúmulo de gordura intramuscular é prejudicial para a saúde da prole por desencadear o distúrbio de resistência à insulina do músculo esquelético e consequente predisposição para diabetes tipo 2 (Aguiari et al., 2008). Contudo, para o desenvolvimento de animais de produção, o acúmulo de gordura intramuscular melhora a qualidade da carne, deixando-a mais succulenta (Du et al., 2010), e é determinada justamente pelo número e tamanho dos adipócitos intramusculares (Yan et al., 2013).

As células progenitoras também se diferenciam em fibroblastos, além das células adipócitas e miofibras. Sendo assim, os fibroblastos sintetizam tecido conjuntivo no final da gestação (Du et al., 2010), e a sobrenutrição materna aumenta o conteúdo de colágeno e ligação cruzada do músculo esquelético, coração e intestino grosso dos fetos, demonstrando ter um importante papel durante a gestação na fibrogênese fetal (Huang et al., 2010). Além disso, já foi observado aumento na quantidade de colágeno e na sua reticulação no músculo esquelético da prole oriunda de sobrenutrição materna (Yan et al., 2011). De acordo com a literatura, podemos concluir que a sobrenutrição materna leva ao aumento da adipogênese e fibrogênese intramuscular e consequentemente aumenta a gordura intramuscular e o teor de tecido conjuntivo no músculo da prole (Yan et al., 2013).

## ■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores desafios da pecuária de corte é justamente a produção de carne macia com quantidade adequada de cobertura de gordura (acabamento) e marmoreio. Através do conhecimento dos processos complexos que envolvem o crescimento e desenvolvimento fetal e como a manipulação da diferenciação das células progenitoras podem impactar no desenvolvimento de tecido magro, reduzir o acúmulo de tecido conjuntivo e alterar a deposição de gordura cria-se a possibilidade de melhorar a eficiência e qualidade da produção de carne por meio da produção de animais que tenham boa constituição de carcaça.

Além disso, é imprescindível o fornecimento de nutrientes adequados para que se atenda as exigências maternas de forma que garanta a passagem da quantidade ideal de nutrientes para o feto para o seu pleno desenvolvimento. A subnutrição materna, independente





do período gestacional, promove impactos diretos sobre a produtividade da progênie, com consequências diretas sobre a eficiência reprodutiva a longo prazo, na qualidade da carne e na eficiência produtiva.

## ■ REFERÊNCIAS

1. AGUIARI, Paola et al. High glucose induces adipogenic differentiation of muscle-derived stem cells. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 4, p. 1226-1231, 2008.
2. AILHAUD, Gérard. Adipose tissue as a secretory organ: from adipogenesis to the metabolic syndrome. **Comptes rendus biologies**, v. 329, n. 8, p. 570-577, 2006.
3. ALEXANDER, G.; WILLIAMS, D. Hormonal control of amniotic and allantoic fluid volume in ovariectomized sheep. **Journal of Endocrinology**, v. 41, n. 4, p. 477-485, 1968.
4. AMTHOR, Helge; CHRIST, Bodo; PATEL, Ketan. A molecular mechanism enabling continuous embryonic muscle growth-a balance between proliferation and differentiation. **Development**, v. 126, n. 5, p. 1041-1053, 1999.
5. ARCHILE-CONTRERAS, A. C.; MANDELL, I. B.; PURSLOW, P. P. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. **Meat Science**, v. 86, n. 2, p. 491-497, 2010.
6. ATTISANO, Liliana; WRANA, Jeffrey L. Signal transduction by members of the transforming growth factor- $\beta$  superfamily. **Cytokine e growth factor reviews**, v. 7, n. 4, p. 327-339, 1996.
7. AVRAM, Mathew M.; AVRAM, Alison Sharpe; JAMES, William D. Subcutaneous fat in normal and diseased states: 3. Adipogenesis: from stem cell to fat cell. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 56, n. 3, p. 472-492, 2007.
8. BAMSHAD, Maryam; SONG, C. Kay; BARTNESS, Timothy J. CNS origins of the sympathetic nervous system outflow to brown adipose tissue. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 276, n. 6, p. R1569-R1578, 1999.
9. BARNOY, Sivia; KOSOWER, Nechama S. Calpastatin in rat myoblasts: transient diminution and decreased phosphorylation depend on myogenin-directed myoblast differentiation. **The international journal of biochemistry e cell biology**, v. 39, n. 1, p. 253-261, 2007.
10. BASCHAT, Dr Ahmet Alexander. Fetal responses to placental insufficiency: an update. **BJOG: An International Journal of Obstetrics e Gynaecology**, v. 111, n. 10, p. 1031-1041, 2004.
11. BAYOL, Stéphanie A. et al. Evidence that a maternal “junk food” diet during pregnancy and lactation can reduce muscle force in offspring. **European journal of nutrition**, v. 48, n. 1, p. 62-65, 2009.
12. BEERMANN, D. H.; CASSENS, R. G.; HAUSMAN, G. J. A second look at fiber type differentiation in porcine skeletal muscle. **Journal of animal science**, v. 46, n. 1, p. 125-132, 1978.
13. BISPHAM, J. et al. Maternal endocrine adaptation throughout pregnancy to nutritional manipulation: consequences for maternal plasma leptin and cortisol and the programming of fetal adipose tissue development. **Endocrinology**, v. 144, n. 8, p. 3575-3585, 2003.





14. BONNET, Muriel et al. Ontogenesis of muscle and adipose tissues and their interactions in ruminants and other species. **Animal: an international journal of animal bioscience**, v. 4, n. 7, p. 1093, 2010.
15. BROWN, Laura D. Endocrine regulation of fetal skeletal muscle growth: impact on future metabolic health. **The Journal of endocrinology**, v. 221, n. 2, p. R13, 2014.
16. CAHILL JR, George F. Fuel metabolism in starvation. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 26, p. 1-22, 2006.
17. CAMP, Heidi S.; TAFURI, Sherrie R.; LEFF, Todd. c-Jun N-terminal kinase phosphorylates peroxisome proliferator-activated receptor- $\gamma$ 1 and negatively regulates its transcriptional activity. **Endocrinology**, v. 140, n. 1, p. 392-397, 1999.
18. CORNELIUS, Peter; MACDOUGALD, Ormond A.; LANE, M. Daniel. Regulation of adipocyte development. **Annual review of nutrition**, v. 14, n. 1, p. 99-129, 1994.
19. DESAI, Mina et al. Programmed obesity in intrauterine growth-restricted newborns: modulation by newborn nutrition. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 288, n. 1, p. R91-R96, 2005.
20. DODSON, Michael V. et al. Skeletal muscle stem cells from animals I. Basic cell biology. **International Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 5, p. 465, 2010.
21. DU, M. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of animal science**, v. 88, n. suppl\_13, p. E51-E60, 2010.
22. DU, M. et al. Meat Science and Muscle Biology Symposium: manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of animal science**, v. 91, n. 3, p. 1419-1427, 2013.
23. DU, M. et al. Nutrient restriction differentially modulates the mammalian target of rapamycin signaling and the ubiquitin-proteasome system in skeletal muscle of cows and their fetuses. **Journal of animal science**, v. 83, n. 1, p. 117-123, 2005.
24. DU, Min et al. Fetal programming in meat production. **Meat science**, v. 109, p. 40-47, 2015.
25. DUARTE, M. S. et al. Enhancement of adipogenesis and fibrogenesis in skeletal muscle of Wagyu compared with Angus cattle. **Journal of animal science**, v. 91, n. 6, p. 2938-2946, 2013.
26. DWYER, Catherine M.; STICKLAND, Neil C.; FLETCHER, John M. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 4, p. 911-917, 1994.
27. FAJAS, L. et al. Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma: from adipogenesis to carcinogenesis. **Journal of Molecular Endocrinology**, v. 27, n. 1, p. 1-9, 2001.
28. FÈVE, Bruno. Adipogenesis: cellular and molecular aspects. **Best Practice e Research Clinical Endocrinology e Metabolism**, v. 19, n. 4, p. 483-499, 2005.
29. FORD, S. P. et al. Maternal undernutrition during early to mid-gestation in the ewe results in altered growth, adiposity, and glucose tolerance in male offspring. **Journal of animal science**, v. 85, n. 5, p. 1285-1294, 2007.
30. GASTER, Michael et al. A cellular model system of differentiated human myotubes. **Apmis**, v. 109, n. 11, p. 735-744, 2001.





31. GIRARD, Jean et al. Regulation of lipogenic enzyme gene expression by nutrients and hormones. **The FASEB Journal**, v. 8, n. 1, p. 36-42, 1994.
32. GUO, Tingqing et al. Myostatin inhibition prevents diabetes and hyperphagia in a mouse model of lipodystrophy. **Diabetes**, v. 61, n. 10, p. 2414-2423, 2012.
33. GHOSH, Jonathan et al. The role of transforming growth factor  $\beta$ 1 in the vascular system. **Cardiovascular Pathology**, v. 14, n. 1, p. 28-36, 2005.
34. GREEN, Howard; KEHINDE, Olaniyi. Sublines of mouse 3T3 cells that accumulate lipid. **Cell**, v. 1, n. 3, p. 113-116, 1974.
35. GREGOIRE, Francine M.; SMAS, Cynthia M.; SUL, Hei Sook. Understanding adipocyte differentiation. **Physiological reviews**, v. 78, n. 3, p. 783-809, 1998.
36. HAUNER, H.; ROHRIG, K.; PETRUSCHKE, T. Effects of epidermal growth factor (EGF), platelet-derived growth factor (PDGF) and fibroblast growth factor (FGF) on human adipocyte development and function. **European journal of clinical investigation**, v. 25, n. 2, p. 90-96, 1995.
37. HOLST, Dorte; GRIMALDI, Paul A. New factors in the regulation of adipose differentiation and metabolism. **Current opinion in lipidology**, v. 13, n. 3, p. 241-245, 2002.
38. HOOD, ReLe; ALLEN, C. E. Cellularity of bovine adipose tissue. **Journal of Lipid Research**, v. 14, n. 6, p. 605-610, 1973.
39. HUANG, Yan et al. Maternal obesity induces fibrosis in fetal myocardium of sheep. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 299, n. 6, p. E968-E975, 2010.
40. HUDAK, Carolyn S.; SUL, Hei Sook. Pref-1, a gatekeeper of adipogenesis. **Frontiers in endocrinology**, v. 4, p. 79, 2013.
41. HWANG, Cheng-Shine et al. Adipocyte differentiation and leptin expression. **Annual review of cell and developmental biology**, v. 13, n. 1, p. 231-259, 1997.
42. HWANG, Cheng-Shine et al. Transcriptional activation of the mouse obese (ob) gene by CCAAT/enhancer binding protein alpha. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 93, n. 2, p. 873-877, 1996.
43. KAESTNER, Klaus H. et al. Sequence, tissue distribution, and differential expression of mRNA for a putative insulin-responsive glucose transporter in mouse 3T3-L1 adipocytes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 86, n. 9, p. 3150-3154, 1989.
44. KAHN, Barbara B.; JEFFREY, S. Flier obesity and insulin resistance. **J clin invest**, v. 106, n. 4, p. 473-481, 2000.
45. KARUNARATNE, J. F.; ASHTON, C. J.; STICKLAND, N. C. Fetal programming of fat and collagen in porcine skeletal muscles. **Journal of anatomy**, v. 207, n. 6, p. 763-768, 2005.
46. KIESS, Wieland; GALLAHER, Brian. Hormonal control of programmed cell death/apoptosis. **European Journal of Endocrinology**, v. 138, n. 5, p. 482-491, 1998.
47. LETTERIO, John J.; ROBERTS, Anita B. Regulation of immune responses by TGF- $\beta$ . **Annual review of immunology**, v. 16, n. 1, p. 137-161, 1998.



48. LIU, R.-M.; PRAVIA, KA Gaston. Oxidative stress and glutathione in TGF- $\beta$ -mediated fibrogenesis. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 48, n. 1, p. 1-15, 2010.
49. LUETTEKE, N. C. et al. Regulation of fat and muscle development by transforming growth factor alpha in transgenic mice and in cultured cells. **Cell growth e differentiation: the molecular biology journal of the American Association for Cancer Research**, v. 4, n. 3, p. 203-213, 1993.
50. MACDOUGALD, Ormond A.; MANDRUP, Susanne. Adipogenesis: forces that tip the scales. **Trends in Endocrinology e Metabolism**, v. 13, n. 1, p. 5-11, 2002.
51. MASSAGUÉ, Joan; CHEN, Ye-Guang. Controlling TGF- $\beta$  signaling. **Genes e development**, v. 14, n. 6, p. 627-644, 2000.
52. MCCOARD, S. A. et al. Muscle growth, cell number, type and morphometry in single and twin fetal lambs during mid to late gestation. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 12, n. 6, p. 319-327, 2000.
53. MCCORMICK, Richard J. Extracellular modifications to muscle collagen: implications for meat quality. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 785-791, 1999.
54. MORRISON, Ron F.; FARMER, Stephen R. Symposium: Adipocyte function, differentiation and metabolism. Hormonal signaling and transcriptional control of adipocyte differentiation. **J Nutr**, v. 130, n. 12, p. 3116S-3121S, 2000.
55. MUHLHAUSLER, Beverly Sara; DUFFIELD, J. A.; MCMILLEN, I. C. Increased maternal nutrition stimulates peroxisome proliferator activated receptor- $\gamma$ , adiponectin, and leptin messenger ribonucleic acid expression in adipose tissue before birth. **Endocrinology**, v. 148, n. 2, p. 878-885, 2007.
56. OHSUMI, J. et al. Troglitazone prevents the inhibitory effects of inflammatory cytokines on insulin-induced adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells. **Endocrinology**, v. 135, n. 5, p. 2279-2282, 1994.
57. OTTO, Tamara C.; LANE, M. Daniel. Adipose development: from stem cell to adipocyte. **Critical reviews in biochemistry and molecular biology**, v. 40, n. 4, p. 229-242, 2005.
58. PAULUS, Dalva; PARIS, Wagner. Técnicas de manejo agropecuário sustentável. 2016.
59. PETERSEN, Kitt F.; SHULMAN, Gerald I. Pathogenesis of skeletal muscle insulin resistance in type 2 diabetes mellitus. **The American journal of cardiology**, v. 90, n. 5, p. 11-18, 2002.
60. PETRUSCHKE, T. H.; RÖHRIG, K.; HAUNER, H. Transforming growth factor beta (TGF-beta) inhibits the differentiation of human adipocyte precursor cells in primary culture. **International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity**, v. 18, n. 8, p. 532-536, 1994.
61. QUIGLEY, S. P. et al. Myogenesis in sheep is altered by maternal feed intake during the peri-conception period. **Animal Reproduction Science**, v. 87, n. 3-4, p. 241-251, 2005.
62. RACCA, Alice W. et al. Contractility and kinetics of human fetal and human adult skeletal muscle. **The Journal of physiology**, v. 591, n. 12, p. 3049-3061, 2013.

63. REED, Brent C.; LANE, M. Daniel. Insulin receptor synthesis and turnover in differentiating 3T3-L1 preadipocytes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 77, n. 1, p. 285-289, 1980.
64. ROBELIN, Je. Cellularity of bovine adipose tissues: developmental changes from 15 to 65 percent mature weight. **Journal of Lipid Research**, v. 22, n. 3, p. 452-457, 1981.
65. ROSEN, Evan D.; MACDOUGALD, Ormond A. Adipocyte differentiation from the inside out. **Nature reviews Molecular cell biology**, v. 7, n. 12, p. 885-896, 2006.
66. ROSEN, Evan D.; SPIEGELMAN, Bruce M. Molecular regulation of adipogenesis. **Annual review of cell and developmental biology**, v. 16, n. 1, p. 145-171, 2000.
67. ROWE, R. W.; GOLDSPINK, G. Muscle fibre growth in five different muscles in both sexes of mice. **Journal of anatomy**, v. 104, n. Pt 3, p. 519, 1969.
68. RUSSELL, Robert G.; OTERUELO, F. T. An ultrastructural study of the differentiation of skeletal muscle in the bovine fetus. **Anatomy and embryology**, v. 162, n. 4, p. 403-417, 1981.
69. SCIOTE, James J.; MORRIS, Terence J. Skeletal muscle function and fibre types: the relationship between occlusal function and the phenotype of jaw-closing muscles in human. **Journal of orthodontics**, 2014.
70. SMAS, Cynthia M.; CHEN, Li; SUL, Hei Sook. Cleavage of membrane-associated pref-1 generates a soluble inhibitor of adipocyte differentiation. **Molecular and cellular biology**, v. 17, n. 2, p. 977-988, 1997.
71. SOLOMON, Cynthia; WHITE, John H.; KREMER, Richard. Mitogen-activated protein kinase inhibits 1, 25-dihydroxyvitamin D 3-dependent signal transduction by phosphorylating human retinoid X receptor  $\alpha$ . **The Journal of clinical investigation**, v. 103, n. 12, p. 1729-1735, 1999.
72. SPARKS, Rodney L.; ALLEN, Blake J.; STRAUSS, Ethan E. TGF- $\beta$  blocks early but not late differentiation-specific gene expression and morphologic differentiation of 3T3 T preadipocytes. **Journal of cellular physiology**, v. 150, n. 3, p. 568-577, 1992.
73. SPILLER, Michael P. et al. The myostatin gene is a downstream target gene of basic helix-loop-helix transcription factor MyoD. **Molecular and cellular biology**, v. 22, n. 20, p. 7066-7082, 2002.
74. STEWART, C. E. H.; RITTWEGER, Jörn. Adaptive processes in skeletal muscle: molecular regulators and genetic influences. **Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions**, v. 6, n. 1, p. 73, 2006.
75. STICKLAND, N. C. A quantitative study of muscle development in the bovine foetus (*Bos indicus*). **Anatomia, histologia, embryologia**, v. 7, n. 3, p. 193-205, 1978.
76. STUDENT, A. Kaiden; HSU, Robert Y.; LANE, M. Daniel. Induction of fatty acid synthetase synthesis in differentiating 3T3-L1 preadipocytes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 255, n. 10, p. 4745-4750, 1980.
77. SYMONDS, Michael E. et al. Timing of nutrient restriction and programming of fetal adipose tissue development. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 63, n. 3, p. 397-403, 2004.
78. TANG, Qi Qun; LANE, M. Daniel. Adipogenesis: from stem cell to adipocyte. **Annual review of biochemistry**, v. 81, p. 715-736, 2012.



79. TEN BROEK, Roel W.; GREFFE, Sander; VON DEN HOFF, Johannes W. Regulatory factors and cell populations involved in skeletal muscle regeneration. **Journal of cellular physiology**, v. 224, n. 1, p. 7-16, 2010.
80. TONG, J. et al. AMP-activated protein kinase and adipogenesis in sheep fetal skeletal muscle and 3T3-L1 cells. **Journal of animal science**, v. 86, n. 6, p. 1296-1305, 2008.
81. TONG, Jun F. et al. Maternal obesity downregulates myogenesis and  $\beta$ -catenin signaling in fetal skeletal muscle. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 296, n. 4, p. E917-E924, 2009.
82. TONG, Qiang et al. Function of GATA transcription factors in preadipocyte-adipocyte transition. **Science**, v. 290, n. 5489, p. 134-138, 2000.
83. UEZUMI, A. et al. Fibrosis and adipogenesis originate from a common mesenchymal progenitor in skeletal muscle. *Journal of Cell Science*. v. 124, n. Pt 21, 3654-3664, Nov 2011.
84. WANG, Qiang et al. miR-17-92 cluster accelerates adipocyte differentiation by negatively regulating tumor-suppressor Rb2/p130. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 8, p. 2889-2894, 2008.
85. WESTON, A. R.; ROGERS, R. W.; ALTHEN, T. G. The role of collagen in meat tenderness. **The Professional Animal Scientist**, v. 18, n. 2, p. 107-111, 2002.
86. WHITE, Robert B. et al. Dynamics of muscle fibre growth during postnatal mouse development. **BMC developmental biology**, v. 10, n. 1, p. 21, 2010.
87. YAN, Xu et al. Developmental programming of fetal skeletal muscle and adipose tissue development. **Journal of genomics**, v. 1, p. 29, 2013.
88. ZAMBRANO, E. et al. A maternal low protein diet during pregnancy and lactation in the rat impairs male reproductive development. **The Journal of physiology**, v. 563, n. 1, p. 275-284, 2005.
89. ZAMMIT, Peter S.; PARTRIDGE, Terence A.; YABLONKA-REUVENI, Zipora. The skeletal muscle satellite cell: the stem cell that came in from the cold. **Journal of Histochemistry e Cytochemistry**, v. 54, n. 11, p. 1177-1191, 2006.
90. ZHU, Mei J. et al. AMP-activated protein kinase signalling pathways are down regulated and skeletal muscle development impaired in fetuses of obese, over-nourished sheep. **The Journal of physiology**, v. 586, n. 10, p. 2651-2664, 2008.



---

# Regulação do consumo em animais: um referencial teórico

| Erika Martins de **Figueiredo**  
UFMT

| Gerusa da Silva Salles **Corrêa**  
UFMT

| Rita Flávia Miranda de Oliveira **Donzele**  
UFV

| Juarez Lopes **Donzele**  
UFV

| André Brito **Corrêa**  
UFMT

| João Garcia **Caramori Júnior**  
UFMT

| Guilherme Resende de **Almeida**  
UFMT

# RESUMO

Objetivou-se com essa revisão abordar o controle hipotalâmico da ingestão de alimentos, considerado um circuito complexo que age de forma integrada, interferindo nas sensações de fome, saciedade, esvaziamento e plenitude gástrica. No hipotálamo há núcleos que integram uma série de sinais, com o sistema nervoso central controlando a ingestão alimentar e o gasto energético. Estas vias envolvem os neurônios orexigênicos NPY/AgRP e os neurônios anorexigênicos POMC/CART no núcleo arqueado (ARC) do hipotálamo. Esses neurônios se projetam do ARC para outros importantes núcleos hipotalâmicos, tais quais: paraventricular, dorsomedial, ventromedial e lateral. O trato gastrintestinal possui diferentes tipos de células secretoras de peptídeos que, combinados a outros sinais, regulam o processo digestivo e atuam no sistema nervoso central para a regulação da fome e da saciedade. Além disso, o tecido adiposo, considerado como importante órgão endócrino-metabólico, recebe sinais neuroendócrinos, autócrinos e parácrinos, e produz substâncias sinalizadoras de estruturas hipotalâmicas envolvidas na regulação da fome, saciedade e ingestão alimentar.

**Palavras-chave:** Comportamento Alimentar, Hormônios, Ingestão, Mecanismos Regulatórios.

## ■ INTRODUÇÃO

A ingestão de alimentos é um processo crítico e complexo para o crescimento e para reprodução de mamíferos e aves. A busca pela homeostasia da ingestão alimentar ocorre a partir de um conjunto de reações químicas, hormonais e centrais no organismo vivo (Stanley et al., 2005). Estas reações promovem o desenvolvimento do organismo por meio da ingestão de macronutrientes, do gasto energético, da termogênese dos alimentos e do balanço entre a síntese de hormônios que aumentam a atividade dos neurônios orexígenos e anorexígenos. (Schwartz, 2000). Assim, objetivou-se realizar uma revisão para abordar os principais fatores que regulam a ingestão de alimentos em aves e mamíferos.

## ■ DESENVOLVIMENTO

### Papel do Sistema Nervoso Central

O controle da ingestão e o gasto de energia são controlados pelo Sistema Nervoso Central (SNC) via um complexo circuito de neurotransmissores e neuromoduladores. Faz-se necessário compreender a relevância fisiológica desses sistemas e o papel que desempenham na obesidade (Ribeiro, 2009).

Trata-se de um circuito complexo, que age de forma integrada, interferindo nas sensações de fome, saciedade, esvaziamento e plenitude gástrica. Após o consumo, o cérebro é informado sobre a quantidade de alimentos ingeridos e sobre o seu conteúdo em nutrientes por sinais aferentes. O trato gastrointestinal é constituído por quimiorreceptores e mecanorreceptores especializados, que monitoram a quantidade de alimentos ingeridos e a qualidade do conteúdo dos nutrientes. No estado pós-prandial, os nutrientes após serem digeridos, são absorvidos na parede intestinal e entram na circulação. Este monitoramento informa ao hipotálamo, por meio das fibras aferentes vagais, os sinais de saciedade e, consequentemente o controle do apetite pré-absortivo. Esta alça de *feedback* mostra a interação entre hormônios e as vias hipotalâmicas na regulação da ingestão alimentar e no armazenamento e utilização das reservas energéticas (Schawart, 2000; Stanley et al., 2005).

De acordo com Naslund et al. (1997) após o consumo de alimentos, uma cascata de hormônios é liberada de diferentes partes do trato gastrointestinal e esses podem influenciar funções que promovem a digestão de nutrientes por meio de ações na motilidade, secreção e absorção. Entre os principais hormônios liberados com a presença do alimento na luz gastrointestinal tem-se a colecistocinina (CCK), secretina, gastrina, peptídio YY (PYY), polipeptídio inibidor da gastrina, grelina dentre outros. A CCK e o PYY são responsáveis pelo esvaziamento gástrico, motilidade gastrointestinal e funções biliares, enquanto o estímulo da



secreção do suco gástrico, impedimento do refluxo gástrico para o esôfago durante aumento da atividade gástrica e aumento do esvaziamento gástrico é promovido pela gastrina. A presença de alimentos na luz intestinal favorece o aumento de CCK, gastrina e secretina, estimulando com isso a secreção gástrica e secreção pancreática exócrina. O controle hipotalâmico do apetite é um mecanismo complexo e está ligado não somente ao cérebro, mas a sistemas e sinais periféricos que atuam via circuitos de recompensa (Heisler et al., 2007).

O hipotálamo lateral além de estar envolvido nos sistemas catecolaminérgico e serotoninérgico participa do controle circadiano da alimentação, de atividades espontâneas devidas à excitabilidade de neurônios no sistema motor e de diferenças sexuais típicas na alimentação. O hipotálamo basomedial e a expressão gênica do neuropeptídeo Y (NPY) estão diretamente relacionados com o decréscimo protéico na dieta e com o aumento na ingestão de alimento. O NPY é considerado um importante regulador do peso corporal e da ingestão alimentar. Este neuropeptídeo age em cinco diferentes receptores (Y1 a Y5) e a maioria dos neurônios que expressam o NPY está localizada no núcleo arqueado do hipotálamo (ARC) (Simpson, Martin & Bloom, 2009).

Diferentes autores consideram o núcleo arqueado (ARC) um ponto chave para a regulação da ingestão (Heisler et al., 2007; Hisler et al., 2006; Ward et al., 2008). A ação dos hormônios que potencializam o efeito anorexígeno no sistema nervoso central (SNC) ocorre a partir da ativação de neurônios no núcleo arqueado hipotalâmico que expressam a POMC (Pró-ópio-Melanocortina) e promove a síntese do hormônio alfa-melanócito estimulador ( $\alpha$ -MSH). Este se liga aos receptores melanocortina 4 promovendo a redução da ingestão alimentar (Woods et al., 1998; Grill, 2006; Morton et al., 2006)

O aumento da expressão do CART (Transcrito Relacionado Anfetamina e Cocaína) no núcleo arqueado também é responsável pela inibição da ingestão alimentar. (Grill, 2006; Morton et al., 2006). Entretanto, os hormônios que potencializam o efeito orexígenos contribuem com o balanço energético positivo por aumentar a expressão dos neurônios NPY (Neuropeptídeo Y) e AgRP (Proteína Relacionada ao Agouti) que antagonizam os efeitos da POMC e do CART. (Woods et al., 1998; Grill, 2006; Morton et al., 2006). Este antagonismo está relacionado à inibição dos neurônios do núcleo paraventricular que expressam o neurotransmissor corticotrofina (função anorexígena), contrariamente, a área hipotalâmica lateral expressa a orexina que exerce a função orexigênica. Assim, há aumento da resposta excitatória para os neurônios NPY/AgRP e inibição de os neurônios POMC/CART (Grill, 2006; Morton et al., 2006).

É descrito na literatura que durante a ingestão alimentar ocorre o aumento da atividade dos neurônios NPY/AgR a partir da elevação dos níveis gástricos do hormônio grelina, porém após a alimentação este hormônio retorna aos níveis basais. O aumento dos hormônios





leptina, insulina e peptídeo YY (PYY) elevam a produção do  $\alpha$ -MSH, consequentemente, antagonizando a atividade dos neurônios NPY/ AgRP (Grill, 2006; Morton et al., 2006).

## **Regulação do Comportamento Alimentar**

Acreditava-se que a regulação da ingestão alimentar estava associada apenas aos centros da fome (núcleo hipotalâmico lateral) e da saciedade (núcleo hipotalâmico ventromedial). Entretanto, sabe-se que no hipotálamo não existem áreas definidas e totalmente independentes, mas complexos circuitos neuronais relacionados. Deve-se considerar que tanto o sistema nervoso central (SNC) como o entérico (SNE) estão envolvidos na regulação da ingestão alimentar. Ambos integram duas vias de comunicação: parassimpática (fibras colinérgicas) e simpática (fibras noradrenérgicas). Essas dispõem de uma infinidade de sensores e receptores, atuando na sinalização entre intestino-cérebro e consequentemente na regulação de funções digestivas e da ingestão alimentar (Konturek et al., 2004). Além disso, embora a ingestão alimentar seja regulada principalmente pelos SNC e SNE, essa regulação integra um conjunto de sinais neuroendócrinos sensíveis ao estado metabólico e a ingestão calórica do indivíduo. (Halpern et al., 2004; Munsch et al., 2005).

Os sinais neuroendócrinos são compostos pelos neuromoduladores da fome e do apetite, dos fatores gastrintestinais, da insulina e os fatores adipocitários.

A leptina e a insulina são hormônios secretados em proporção à massa adiposa e atuam periféricamente, estimulando o catabolismo (Simpson; Martin; Bloom, 2009). No SNC, a insulina e a leptina interagem com receptores hipotalâmicos, favorecendo a saciedade. Indivíduos obesos têm maiores concentrações séricas destes hormônios e apresentam resistência à sua ação. Os peptídeos intestinais, quando combinados a outros sinais, podem estimular (grelina e orexina) ou inibir (colecistocinina, leptina e oximodulina) o consumo. Todos atuam nos centros hipotalâmicos, que são os grandes responsáveis pelo comportamento alimentar.

## **Neurônios que controlam a fome e a Saciedade**

O núcleo arqueado do hipotálamo é responsável pela emissão de dois grandes grupos de neuropeptídeos que atuam no controle da fome e do apetite. O primeiro grupo é formado pelos neuropeptídeos orexígenos do qual fazem parte o neuropeptídeo Y (NPY) e a proteína relacionada à agouti (AgRP). O segundo grupo é composto pelos neuropeptídeos anorexígenos que compreendem ao hormônio estimulador de alfa-melanócito (MSH), a pró-ópio-melanocortina (POMC) e o transcrito regulado pela cocaína e anfetamina (CART) (Schwartz, 2000).





## Neurônios orexígenos (NPY e AgRP)

O NPY, neurotransmissor que apresenta em maior quantidade no cérebro, é sintetizado em várias áreas, principalmente no núcleo arqueado. Os neurônios responsáveis pela produção desse neuropeptídeo se projetam para outras áreas cerebrais, como o núcleo paraventricular e contêm muitos receptores de leptina, sendo, portanto, controladas pelos níveis locais deste hormônio. Dessa forma, quando os níveis séricos de leptina e insulina estão reduzidos, como ocorrem em casos de diminuição do peso corporal, têm-se a ativação dos neurônios do núcleo arqueado que sintetizam e liberam mais NPY. Em adição, a grelina potencializa sua produção. A ação do NPY, então, aumenta a ingestão alimentar, diminui o gasto energético e aumenta o peso corporal (Kalra et al., 1999; Schwartz, 2000; Cowley et al., 2003).

A AgRP é um peptídeo homólogo a proteína agouti que, como o NPY, é expressa no núcleo arqueado do hipotálamo. Também considerada um neuropeptídeo orexígeno, tem sua produção influenciada pelos níveis séricos de leptina e insulina. O gene da AgRP tem sua expressão inibida pela leptina. No entanto, sua ação é mais prolongada que a do NPY, tendo um potencial terapêutico nas doenças que cursam com anorexia e emagrecimento, Schwartz (2000).

## Neurônios anorexígenos (MSH, POMC e CART)

As melanocortinas fazem parte de uma família de peptídios que inclui os hormônios adrenocorticotrópicos e o MSH. Esse último possui efeito na homeostase energética e na ingestão alimentar, em oposição ao NPY e a AgRP (Pritchard et al. (2002).

O precursor do MSH é a pró-ópiomelanocortina (POMC). Essa, mediante clivagens gera não só o MSH, mas também, o hormônio adrenocorticotrófico e a b-endorfina.

A POMC é expressa em vários locais do organismo, como hipófise, pele, sistema imunológico e sistema nervoso central. Neste último, a POMC é sintetizada por neurônios adjacentes àqueles que produzem o NPY no núcleo arqueado (Pritchard et al. (2002).

Em situações em que o jejum está associado à perda de peso, reduz a expressão de POMC e os níveis séricos de leptina. A hipoleptinemia ocasiona a síntese dos neurônios orexígenos NPY e AgRP que são antagonistas e por isso reduzem a síntese de POMC e consequentemente de MSH. Em consonância, a administração local de leptina reverte esse quadro por meio da estimulação da melanocortina (Schwartz, 2000).

Desta forma, a capacidade dos níveis séricos de leptina sinalizar a produção de NPY/AgRP e a inibição de POMC/MSH, ou vice-versa, a faz desempenhar um importante papel na regulação a longo prazo da ingestão alimentar na via hipotalâmica (Schwartz, 2000).





Os receptores de melanocortina também estão envolvidos na regulação da ingestão alimentar, visto que os peptídeos derivados da POMC se ligam a esses receptores (MC1 a MC5) que estão amplamente distribuídos em tecidos periféricos e no SNC. Dentre esses receptores, os envolvidos na homeostase energética são o MC3 (que modula o gasto energético) e o MC4 (que modula a ingestão alimentar).

O receptor MC3, expresso principalmente no sistema nervoso central, mas também na placenta, intestino, timo e adipócitos. Este receptor via MSH é importante para o aumento do gasto energético e lipólise. Desta forma, uma mutação ou inativação do gene da POMC compromete essa via, que seria catabólica, ocasionando uma diminuição da saciedade, aumento do apetite, aumento da ingestão alimentar e possivelmente obesidade (Lee et al., 2002).

O MC4 é densamente encontrado no hipotálamo e a ativação desse receptor pelo MSH reduz a ingestão alimentar (Cone, 1999). Mutações no gene do MC4 representam a causa mais prevalente de obesidade humana com início precoce, associada à hiperfagia, hiperinsulinemia e hiperglicemia (Farooqi et al. 2003).

O CART, outro componente da via anoréxigena, está localizado no núcleo paraventricular do hipotálamo e é estimulado pelos neuropeptídeos POMC/MSH e inibidos pelos NPY/AgRP. Em estudos experimentais foi verificado que a leptina estimula a expressão do RNAm do CART (Schwartz, 2000).

## **Fatores gastrintestinais**

A absorção, ou mesmo a presença de alimento no trato gastrintestinal, contribui para modulação do apetite e para regulação de energia (Verdich et al., 2001). O trato gastrintestinal possui diferentes tipos de células secretoras de peptídeos que, combinados a outros sinais, regulam o processo digestivo e atuam no sistema nervoso central para a regulação da fome e da saciedade. A sinalização ocorre por meio dos nervos periféricos (como pelas fibras vagais aferentes) e por meio de receptores (Guido, 2004).

Além de receber sinais neuronais provenientes do núcleo arqueado, o núcleo hipotalâmico paraventricular, também recebe sinais de peptídeos que estão relacionados à regulação da fome/saciedade, os quais atuam em receptores dos nervos autônomos, e principalmente do nervo vago. Esses peptídeos abrangem os fatores gastrintestinais, os quais também interferem na regulação do consumo. Dentre eles, têm-se: grelina, colecistocinina (CCK), peptídeo YY (PYY), polipeptídeo pancreático (PP), amilina, incretinas (GLP-1 e GIP), oxintomodulina (OXM) e orexinas.





## Grelina

A grelina é um hormônio orexígeno composto de 28 aminoácidos com uma codificação octanóica no seu grupo hiroxil sobre a serina 3, sendo este fator essencial para estimular a síntese do hormônio do crescimento (GH) a partir da sua ligação aos receptores secretagogo de GH do tipo 1 (GHS-R). (Stanley et al., 2005; Date et al., 2000). A grelina está diretamente envolvida na regulação a curto prazo do balanço energético. A síntese deste hormônio ocorre primeiramente na mucosa oxíntica do estômago sendo secretada em células especializadas enterocromafins no trato gastrointestinal (Date et al., 2000). Durante o jejum prolongado e em casos de hipoglicemia há um aumento dos níveis circulantes de grelina, todavia, verifica-se uma redução desse hormônio, após a refeição ou administração intravenosa de glicose (Leidy et al., 2004). Assim, os picos de secreção de grelina têm sido encontrados antes de cada refeição, com queda significativa imediatamente após a ingestão alimentar. (Woods, 2000; Kojima et al., 1999; Tschop et al., 2000).

Embora a grelina seja sintetizada periféricamente, ela apresenta receptores específicos no sistema nervoso central (SNC). Este hormônio se liga ao seu receptor no núcleo arqueado hipotalâmico e aumenta a atividade dos neurônios NPY/AgRP e, antagonicamente, inibe os neurônios da POMC a partir da liberação pré-sináptica do ácido gama-aminobutírico (GABA) (Date et al., 2002). Em modelos animais a administração da grelina centralmente estimula os neurônios orexígenos, principalmente os neurônios NPY, para regulação da homeostase energética (Cowley et al., 2003; Toshinai et al. 2003). O aumento da concentração de grelina diminui a ação da leptina, e vice-versa, visto que apresentam ações contrárias (Berazzoni et al., 2003).

## Colecistocinina (CCK)

No início dos anos 1970, descobriu-se que a CCK, um peptídeo intestinal, que atuava na promoção da saciedade (Woods et al., 1998). Evidências demonstram que a saciedade pós-prandial a curto prazo é atribuída predominantemente à ação da CCK que é liberada pelas células I do trato gastrintestinal, em resposta à presença de gordura e proteína (Konturek et al., 2004). A CCK, além de inibir a ingestão alimentar, também induz a secreção pancreática, a secreção biliar e a contração vesicular (Konturek et al., 2004).

A colecistocinina apresenta grande relevância nos processos digestivos e de saciedade e é um dos mais abundantes neuropeptídios no cérebro (Heisler et al., 2007).

Acredita-se que a distensão gástrica após uma refeição estimule o nervo vago e os nervos espinhais e promova a liberação de CCK, o qual provoca saciedade e finalização da refeição. Sua ação anorexígena é baseada em seus receptores presentes no hipotálamo





que desencadeiam uma cascata de sinais e reações, levando à inibição dos neuropeptídeos orexígenos (NPY e AgRP). A intensidade da resposta depende do conteúdo e densidade calórica dos alimentos, do estado nutricional, e dos níveis plasmáticos de glicose (Rayner et al., 2000; Wynne et al., 2004). A CCK também é liberada em neurônios cerebrais, inibindo a ingestão, independente da sua liberação no intestino.

### **Peptídeo YY (PYY) e Peptídeo Pancreático (PP)**

O trato gastrointestinal possui células L que secretam o peptídeo YY (PYY) no período pós-prandial, que inibe a ingestão alimentar. Este peptídeo regula a motilidade intestinal e aumenta a saciedade a partir da interação com o sistema melanocortina na área tegumentar ventral e no *striatum* ventral. (Adrian et al., 1985; Konturek et al., 2004). O PYY se liga ao receptor pré-sináptico inibitório Y2 que aumenta a atividade dos neurônios anorexígenos POMC/CART e inibe a atividade dos neurônios NPY/AgRP no núcleo arqueado do hipotálamo. (Konturek et al., 2004; Batterham et al., 2002). Após a ingestão alimentar, há um aumento quase que imediato da secreção do PYY e permanece elevado até 6h pós-refeição (Adrian et al., 1985; Konturek et al., 2004). Este fato pode estar associado a alimentos ricos em lipídeos quando comparados com alimentos protéicos ou ricos em carboidratos. Por outro lado, o controle da saciedade é reduzido em indivíduos obesos pelos baixos níveis plasmáticos de PYY em jejum e pós-prandial. (Konturek et al., 2004, Batterham et al., 2002; Batterham et al., 2003).

O peptídeo pancreático (PP), da mesma família do PYY, é produzido principalmente no pâncreas, mas também pode ser encontrado no cólon e reto. O principal estímulo para liberação do PP é a ingestão alimentar. Todavia, outros estímulos influenciam positivamente sua liberação, como distensão gástrica, tônus vagal, exercício, hipoglicemia e os níveis circulantes de grelina. Ele possui efeito anorexígeno a curto e a longo prazo. Este peptídeo aumenta a saciedade e reduz a ingestão alimentar, possivelmente por influenciar na diminuição dos níveis séricos de leptina. Ele também atua retardando o esvaziamento gástrico e a produção de grelina, importante para seu efeito sacietógeno (Wynne et al., 2004).

### **Amilina**

O peptídeo amilina é secretado pelas células pancreáticas. Tem um papel determinante na saciedade, visto que retarda o esvaziamento gástrico e adia o início da nova refeição. Essa sua ação é explicada pelo fato de possuir receptores no nervo vago, em outros nervos entéricos, e em áreas hipotalâmicas que controlam o apetite. Além disso, a amilina atravessa barreira hematoencefálica facilmente (Reidelberger et al., 2001).





## **(GLP-1 e GIP) e oxintomodulina (OXM)**

O peptídeo glucagon like (GLP-1) e o peptídeo inibidor gástrico (GIP) são peptídios intestinais secretados em resposta a ingestão de nutrientes (glicose e lipídios) e a liberação de CCK. Possuem a capacidade de estimular a secreção de insulina na presença de hiperglicemia. O GLP-1 está envolvido na sensibilidade à glicose, redução da secreção de glucagon, no retardamento do esvaziamento gástrico e consequentemente na ingestão alimentar (Grenier et al., 2012; Silva et al., 2012).

A oxintomodulina (OXM) foi recentemente identificada como um supressor da ingestão alimentar a curto prazo. Secretado na porção distal do intestino, este peptídeo parece agir diretamente nos centros hipotalâmicos para diminuir o apetite, diminuir a ingestão calórica e diminuir os níveis séricos de grelina (Konturek et al., 2004).

Tanto o GLP-1 como a OXM são rapidamente liberados após a ingestão alimentar, proporcionalmente à quantidade de calorias consumidas e atuam como sinais de saciedade (efeitos anorexígenos) afetando a ingestão alimentar a curto prazo e, possivelmente, influencia o peso corporal a longo prazo (Wynne et al., 2004).

Assim como o GLP-1, a OXM exerce efeitos periféricos sobre o retardo do esvaziamento gástrico, e no pâncreas endócrino, além de suprimir a secreção de glucagon e de insulina. Além disso, parece agir diretamente nos centros hipotalâmicos, diminuindo o apetite, a ingestão calórica e os níveis séricos de grelina (Konturek et al., 2004).

## **Orexinas**

Do grego, orexis significa “apetite”. As orexinas A e B (ORXA e ORXB), anteriormente chamadas de hipocretinas 1 e 2, são neuropeptídios transmissores de sinais orexígenos encontrados no SNC e em várias zonas do aparelho digestivo (Rodgers et al., 2002).

Quanto à regulação da ingestão alimentar, as ORXA e ORXB estimulam o apetite, via estimulação do NPY no núcleo arqueado do hipotálamo. Os neurônios produtores dessas orexinas, assim como outros relacionados com o apetite, possuem receptores da leptina e são influenciados por este hormônio. Assim, a redução dos níveis séricos de leptina, estimula a produção de neuropeptídios orexígenos, dentre eles as ORXA e ORXB, ocasionando um aumento do apetite e maior ingestão alimentar (Rodgers et al., 2002). Entretanto, o efeito dessas orexinas sobre a ingestão alimentar tem uma duração relativamente rápida, constituindo-as como integrantes da regulação da ingestão alimentar a curto prazo.

Assim sendo, independentemente do local em que são produzidas (hipotálamo, SNC ou no trato digestivo) as orexinas parecem ter papel essencial no início de uma refeição, induzindo a mastigação, o peristaltismo e as secreções gástricas e intestinais.





Sua produção é tão logo inibida quanto o surgimento de sinais que geram saciedade como CCK, PYY, OXM, PP, amilina, além dos sinais pós-prandiais como hiperglicemia, hiperleptinemia e hiperinsulinemia (Taylor et al., 2003).

## Insulina

Secretado pelas células  $\beta$  pancreáticas, o hormônio insulina além de participar do metabolismo de carboidratos, também está envolvido com o metabolismo de lipídios e proteínas. Considerado um hormônio anabólico, a insulina, é responsável pela captação de glicose do sangue e seu armazenamento na forma de glicogênio. O excesso de carboidratos que não são armazenados como glicogênio é convertido, também sob ação da insulina, a gorduras, que são armazenadas no tecido adiposo. A insulina também participa do transporte de muitos aminoácidos para dentro das células, contribui para síntese protéica mediante aumento dos processos de transcrição e tradução, inibe o catabolismo protéico e deprime a taxa de gliconeogênese (Koopmans et al., 1998)

Considerando suas importantes funções no organismo, a insulina exerce papel primordial na manutenção da homeostase energética, visto que coordena a utilização e a deposição de ácidos graxos no músculo, fígado e tecido adiposo (Gil-Campos et al., 2004). Além disso, a insulina interfere na secreção de entero-hormônios como glucagon-like-peptide (GLP 1), que atua inibindo o esvaziamento gástrico e, assim, promovendo uma sensação de saciedade prolongada (Verdich et al., 2001).

Um dos principais papéis da insulina na regulação do metabolismo energético está relacionado à sua atuação como hormônio modulador da ação da leptina. Koopmans et al. (1998) realizaram um estudo e demonstraram que a hiperinsulinemia induzida em ratos normoglicêmicos aumentou a concentração plasmática de leptina e reduziu a ingestão alimentar, principalmente a partir do quinto dia, confirmando a ação da leptina no controle a longo prazo da ingestão alimentar.

No entanto, de acordo com Singh et al. (2005) em estudo experimental com ratos magros e obesos, observaram que a redução da ingestão alimentar a longo prazo e o aumento dos níveis plasmáticos de leptina, após infusão de insulina, ocorreram apenas nos ratos magros. Atualmente sabe-se da possível ocorrência de resistência à leptina em condições de obesidade.

A insulina é um potente sinalizador anorexigênico no SNC, visto que promove a redução da expressão dos genes hipotalâmicos que regulam a saciedade. No hipotálamo a insulina apresenta receptores específicos no núcleo arqueado e nas regiões dorsomedial, paraventricular e periventricular hipotalâmica. A insulina no sangue atua diretamente nos





núcleos arqueado e ventromedial do hipotálamo, inibindo o comportamento alimentar (Gil-Campos et al., 2004).

## **Tecido Adiposo Branco: Órgão Endócrino**

O tecido adiposo, além de ser uma estrutura passiva para depósito energético e proteger contra choques mecânicos, é considerado um importante órgão endócrino-metabólico que recebe sinais neuroendócrinos, autócrinos e parácrinos, visto que produz substâncias sinalizadoras de estruturas hipotalâmicas envolvidas na regulação da fome, saciedade e ingestão alimentar (Kershaw et al., 2004).

## **Leptina**

A leptina, proteína composta por 167 aminoácidos, apresenta ação hormonal é sintetizada pelo estômago, placenta, músculo esquelético e tecido adiposo, sendo este último o local de maior produção (Sweeney, 2002).

O gene da leptina foi descoberto em estudos experimentais, nos quais camundongos ob/ob, deficientes em leptina, eram muito mais pesados e apresentavam uma maior ingestão alimentar quando comparados com os camundongos db/db. A administração de leptina nesses camundongos ob/ob levava a redução da ingestão alimentar e perda de peso, demonstrando que o cérebro (centros da fome e saciedade) respondiam à presença desse hormônio (Campfield et al., 1996).

A leptina promove redução da ingestão alimentar e aumento do gasto energético, atuando em células neuronais do SNC. Entretanto, a leptina seja considerada um potente anorexígeno, que controla a ingestão energética e o gasto energético, esse hormônio não pode ser considerado um regulador de curto prazo, pois, não promove alteração do total ingerido no decorrer de uma refeição. Sua resposta ao consumo de alimento tem seu pico somente algumas horas (4-7 horas) após o término da refeição (Hilton; Loucks, 2000).

A leptina também regula a função neuroendócrina relacionada à pituitária (tireóide, gônadas e adrenal) e o metabolismo de glicose e lipídios (Friedmann et al., 1998).

Além disso, a leptina atua nos receptores expressos no hipotálamo para promover a sensação de saciedade e regular o balanço energético (Kim et al., 2000). Visto que é sintetizada no tecido adiposo, a leptina informa ao cérebro se o estoque de energia na forma de gordura está ou não adequado. Assim, toda uma resposta neuronal é desencadeada para regulação da ingestão alimentar. A concentração plasmática de leptina está parcialmente relacionada ao tamanho da massa adiposa presente no organismo e influencia a resposta biológica dos neuromoduladores (Friedmann et al., 1998). Em contrapartida, não é só o percentual de gordura corporal que influencia a produção de leptina. A sua expressão é





controlada por diversas substâncias, demonstrando que diversos fatores orgânicos e ambientais estão integralizados na determinação dos níveis circulantes de leptina, influenciando indiretamente na ingestão alimentar.

A leptina tem a função de aumentar a expressão dos neurônios anorexígenos POMC/CART, conseqüentemente, antagoniza a atividade dos neurônios orexígenos NPY/AgRP (Grill et al., 2006; Morton et al., 2006).

A expressão da leptina é controlada por diversas substâncias, como a insulina, os glucocorticóides e as citocinas pró-inflamatórias. Estados infecciosos e as endotoxinas também podem elevar a concentração plasmática de leptina (Woods et al., 1998).

## ■ CONCLUSÃO

Conhecer o processo de regulação da ingestão nos animais de produção permite uma melhor compreensão acerca do consumo de energia de manutenção, formulações de rações mais precisas, além de possibilitar o desenvolvimento de estratégias para manipular a dieta, a fim de se obter os melhores índices produtivos.

## ■ REFERÊNCIAS

1. Adrian TE, Ferri GL, Bacarese-Hamilton AJ, Fuesl HS, Polak JM, and Bloom SR. Human distribution and release of a putative new gut hormone, peptide YY. *Gastroenterology*. 1985;89:1070-7.
2. Batterham RL, Cowley MA, Small CJ, Herzog H, Cohen MA, Dakin CL, Wren AM, Brynes AE, Low MJ, Ghatei MA, Cone RD, Bloom SR. Gut hormone PYY (3-36) physiologically inhibits food intake. *Nature*. 2002;418: 650-54.
3. Batterham RL, Cohen MA, Ellis SM, Le Roux CW, Wihthers DJ, Frost GS, et al. Inhibition of food intake in obese subjects by peptide YY. *N Engl J Med*. 2003;349:941-8.
4. Berazzoni R, Zanetti M, Stebel M, Biolo G, Canttin L, Guarnieri G. Hyperleptinemia prevents increased plasma ghrelin concentration during short term moderate caloric restriction in rats. *Gastroenterology* 2003;124:1188-92.
5. Campfield LA, Smith FJ, Burn P. The OB protein (leptin) pathway-a link between adipose tissue mass and central neural networks. *Horm Metab Res* 1996;28:619-32.
6. Cone RD. The Central Melanocortin System and Energy Homeostasis. *Trends in Endocrinology and Metabolism* 1999;10:211-16.
7. Cowley MA, Smith RG, Diano S, Tschöp M, Pronchuk N, Grove KL, Strasburger CJ, Bidlingmaier M, Esterman M, Heiman ML, Garcia-Segura LM, Nilni EA, Mendez P, Low MJ, Sotonyi P, Friedman JM, Liu H, Pinto S, Colmers WF, Cone RD, Horvath TL. The distribution and mechanism of action of ghrelin in the CNS demonstrates a novel hypothalamic circuit regulating energy homeostasis. *Neuron* 2003;37:649-61.



8. Date Y, Kojima M, Hosoda H, Sawaguchi A, Mondal MS, Suganuma T, Matsukura S, Kangawa K, and Nakazato M. Ghrelin, a novel growth hormone-releasing acylated peptide, is synthesized in a distinct endocrine cell type in the gastrointestinal tracts of rats and humans. *Endocrinology*. 2000;141: 4255–61.
9. Farooqi IS, Keogh JM, Yeo GSH, Lank EJ, Cheetham T, O’Rahilly S. Clinical spectrum of obesity and mutations in the melanocortin 4 receptor gene. *N Engl J Med* 2003;384:1085-95.
10. Friedmann JM, Halaas JL. Leptin and the regulation of body weight in mammals. *Nature* 1998;395:763-70.
11. Gil-Campos M, Cañete R, Gil A. Adiponectin, the missing link in insulin resistance and obesity. *Clinical Nutrition* 2004;23:963-74.
12. Grenier E, Garofalo C, Delvin E, Levy E. Modulatory Role of PYY in Transport and Metabolism of Cholesterol in Intestinal Epithelial Cells. *Plos One*. 2012; 7(7).
13. Grill HJ. Distributed neural control of energy balance: contributions from hindbrain and hypothalamus. *Obesity*. 2006;14(Suppl 5):216S–21S.
14. Guyton, A. C.; Hall, J. E. **Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1998.
15. Halpern ZSC, Rodrigues MB, Costa RF. Determinantes fisiológicos do controle do peso e apetite. *Revista de Psiquiatria Clínica* 2004;31:150-3.
16. Hisler, L. K. et al. Serotonin reciprocally regulates melanocortin neurones to modulate food intake. **Neuron**, Cambridge, v. 51, n. 2, p. 239-249, Jul. 2006.
17. Heisler L. K. et al. Serotonin activates the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis via Serotonin 2C receptor stimulation. **J. Neurosci.**, Baltimore, v. 27, n. 26, p. 6956-6964, Jun. 2007.
18. Hilton, L. K., Loucks, A. B. Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, v.278, p.E43-E49, 2000.
19. Kalra SP, Dube MG, Pu S, Xu B, Horvath TL, Kalra PS. Interacting appetite-regulating pathways in the hypothalamic regulation of body weight. *Endocr Rev*1999;20:68-100.
20. Kershaw E, Flier JS. Adipose tissue as an endocrine organ. *J Clin Endoc Meta* 2004;89:2548-56.
21. Kim S, Moustaid-Moussa N. Secretory, endocrine and autocrine/paracrine function of adipocyte. *Journal of Nutrition* 2000;130:3110- 3115.
22. Kojima M, Hosoda H, Date Y, Nakazato M, Matsuo H, Kangawa K. Ghrelin is a growth-hormone-releasing acylated peptide from stomach. *Nature*. 1999;402:656–60.
23. Konturek SJ, Konturek JW, Pawlik T, Brzozowski T. Brain gut axis and its role in the control of food intake. *J Physiol Pharmacol* 2004;55:137-54.
24. Koopmans SJ, Frolich M, Gribnau EH, Westendorp RGJ, Defronzo RA. Effect of hyperinsulinemia on plasma leptin concentrations and food intake in rats. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 1998;274:998-1001.

25. Lee YS, Poh LKS, Loke KY. A novel melanocortin 3 receptor gene (MC3R) mutation associated with severe obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 2002;87:1423-6.
26. Leidy HJ, Gardner JK, Frye BR, Snook ML, Schuchert MK, Richard EL. Circulating ghrelin is sensitive to changes in body weight during a diet and exercise program in normal weight young women. *J Clin Endocrinol Metabol*, 2004; 89(6):2659-64.
27. Morton GJ, Cummings DE, Baskin DG, Barsh GS, Schwartz MW. Central nervous system control of food intake and body weight. *Nature*. 2006; 443: 289-95.
28. Munsch S, Beglinger C, editors. *Obesity and Binge Eating Disorder*. Bibl Psychiatr. Basel, Karger, 2005;171:21-40.
29. Naslund, E. et al. Gastrointestinal hormones and gastric emptying 20 years after jejunoileal derivation for massive obesity. **Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.**, London, v. 21, n. 5, p. 387-392, May 1997.
30. Pritchard LE, Turnbull AV, White A. Proopiomelanocortin processing in the hypothalamus: impact on melanocortin signaling and obesity. *J Endocrinol* 2002;172:411-21.
31. Rayner CK, Park HS, Doran SM, Chapman IM, Horowitz M. Effects of cholecystokinin on appetite and pyloric motility during physiological hyperglycemia. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2000;278:G98-G104.
32. Reidelberger RD, Kelsey L, Heinman D. Effects of amylin-related peptides on food intake meal patterns and gastric emptying in rats. *Am J Physiol Integr Comp Physiol* 2001;282:R1395-R1404.
33. Ribeiro, E. B. Studying the central control of food intake and obesity in rats. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 163-171, Feb. 2009.
34. Rodgers RJ, Ishil Y, Halford JCG, Blundell JE. Orexins and appetite regulation. *Neuropeptides* 2002;36:303-25.
35. Schwartz MV. Staying slim with insulin in mind. *Science* 2000;289: 2066-7
36. Silva AD, Bloom SR. Gut Hormones and Appetite Control: A Focus on PYY and GLP-1 as Therapeutic Targets in Obesity. *Gut Liver*. 2012; 6: 10-20.
37. Simpson, K.A, Martin, NM, Bloom, SR. Hypothalamic regulation of food intake and clinical therapeutic applications. *Arq. Bras. Endocrinol. Metab.*, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 120-128, Mar. 2009.
38. Singh KA, Boozer CN, Vasselli JR. Acute insulin-induced elevations of circulating leptin and feeding inhibition in lean but not obese rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005;289:R373-R379.
39. Stanley S, Wynne K, McGowan B, Bloom S. Hormonal Regulation of Food Intake. *Physiol Rev*. 2005; 85: 1131–58.
40. Sweeney G. Leptin signalling. Review article. *Cell Signal* 2002;14:655-63.
41. Taylor MM, Samson WK. The other side of the orexins: endocrine and metabolic actions. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003;284:E13-E17.



42. Toshinai K, Date Y, Murakami N, Shimada M, Mondal MS, Shimbara T, Guan JL, Wang QP, Funahashi H, Sakurai T, Shioda S, Matsukura S, Kangawa K, and Nakazato M. Ghrelin induced food intake is mediated via the orexin pathway. *Endocrinology*. 2003;144: 1506–12.
43. Tschop M, Smiley DL, Heiman ML. Ghrelin induces adiposity in rodents. *Nature*. 2000; 407: 908. 13.
44. Ward, S.J. et al. Effects of a Cannabinoid1 receptor antagonist and Serotonin2C receptor agonist alone and in combination on motivation for palatable food: a dose-addition analysis study in mice. **J. Pharmacol. Exp. Ther.**, Baltimore, v. 325, n. 2, p. 567-576, May 2008.
45. Woods SC, Seeley RJ, Porte JR. D, Schwartz MW. Signals that regulate food intake and energy homeostasis. *Science* 1998;280: 1378-83.
46. Woods SC, Schwartz MW, Baskin DG, Seeley RJ. Food intake and the regulation of body weight. *Annu Rev Psychol* 2000; 51:255-77.
47. Wynne K, Stanley S, Bloom S. The gut and regulation of body weight. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2004;89:2576-82.



---

# Modelos matemáticos aplicados à cinética de digestão ruminal e produção de gás *in vitro*

| João Rafael de Assis  
UNIFASIPÉ

| Geferson Antonio Fernandes  
UFMT

| Cláudio Jonasson Mousquer

| Dener Nunes  
UFMT

| Milene Rodrigues Dias  
UFMT

| Vitor Hugo Tadano da Conceição  
Padilha

| Lucas Maciel Gomes Olini

| Carlos Guilherme Balkau  
UNIFASIPÉ

# RESUMO

A digestão ruminal realizada por ruminantes é um dos processos essenciais e dos mais importantes para o aproveitamento dos nutrientes dietéticos. Contudo, o uso de modelos matemáticos aplicados à cinética de digestão tem sido amplamente aplicado para proporcionar predição do desempenho animal, maximizar a utilização dos nutrientes, reduzir perdas nutricionais por excretas e reduzir o custo de produção animal. Neste contexto, objetivou-se realizar uma revisão de literatura abordando os princípios da aplicação da técnica de produção de gás *in vitro* e os principais modelos matemáticos utilizados para descrever a cinética de digestão ruminal. Além disso, avaliar estudos que compararam diferentes modelos para descrever a digestão ruminal de alimentos. A técnica de produção de gás *in vitro* fornecer mensuração direta da taxa de digestão associada com a produção de gás e a respectiva mensuração gravimétrica do alimento ou dieta em teste. Modelos não-lineares são os escolhidos para avaliar a digestão ruminal devido a melhor interpretação dos parâmetros biológicos, estes produzem equações de crescimento exponencial e sigmoide. Contudo, o modelo mais adequado para avaliação depende do alimento ou dieta. O modelo bicompartimental logístico apresenta melhor ajuste da curva de produção de gás principalmente para alimentos de alta proporção de fibra. No entanto, modelos monocompartimental podem ser bem aplicados para avaliar a cinética da degradação de alimentos com baixo teor de carboidratos fibrosos. Desta forma, a escolha do modelo mais adequado cabe ao pesquisador avaliar qual modelo melhor se adéqua a composição química-bromatológica do alimento ou dieta.

**Palavras-chave:** Cultivo *in Vitro*, Modelagem, Equações Exponenciais e Logísticas.

## ■ INTRODUÇÃO

Os sistemas dietéticos de ruminantes necessitam de informações importantes sobre o alimento, o que inclui suas frações de carboidratos e proteínas, bem como suas respectivas taxas de digestão, para que se possa predizer com maior exatidão o desempenho dos animais e consequentemente maximizar a eficiência de utilização dos recursos nutricionais no sistema de produção (MOREIRA et al., 2010).

Os parâmetros cinéticos de degradação são ferramentas importantes porque além de descrever a digestão, caracterizam as propriedades intrínsecas dos alimentos que limitam a disponibilidade de nutrientes para os animais. As variáveis da cinética de digestão dos nutrientes no trato gastrointestinal, possibilita fornecer dietas mais adequadas para maximizar a eficiência de síntese de proteína microbiana e também a reduzir as perdas de nitrogênio e energia inerentes ao processo de fermentação ruminal, consequentemente, provê observações da sincronização da degradação de nitrogênio e carboidratos no ambiente ruminal (MERTENS, 2005).

Os modelos matemáticos aplicados à cinética de degradação podem fornecer fortes estimativas dos valores nutritivos dos alimentos (digestibilidade), da população microbiana, do estado fisiológico do animal (saúde) e ainda informações sobre os fatores que afetam os processos digestivos (MERTENS, 1993). Muitos estudos de modelagem matemática foram realizados para descrever melhor os dados de produção com base na cinética de digestão (FRANCE et al., 2005; SAHIN et al., 2011; WANG et al., 2011).

Portanto, objetivou-se através de uma revisão de literatura abordar os princípios da aplicação da técnica de produção gás *in vitro* e os principais modelos matemáticos utilizados para descrever a cinética de digestão ruminal. Além disso, compilar estudos que compararam diferentes modelos para descrever a digestão ruminal de alimentos.

## ■ DESENVOLVIMENTO

### Digestão Ruminal

O progresso das pesquisas sobre ecologia microbiana ruminal e a caracterização da interação sinérgica entre a microbiota gastrointestinal de ruminantes e o hospedeiro são cruciais para o desenvolvimento de estratégias de manipulação da fermentação ruminal. O ecossistema ruminal, desempenha um papel fundamental na eficiência da produção animal, pois está ligado a digestão dos componentes da dieta e no fornecimento de energia e nitrogênio aos animais (HERNANDEZ-SANABRIA et al., 2010).



Os carboidratos é a principal fonte de energia para o crescimento microbiano e sendo a proteína microbiana a principal fonte de aminoácidos essenciais para o hospedeiro. Com isso, variações nas frações e nas taxas de degradação desses nutrientes nos alimentos, pode afetar o suprimento de proteína microbiana no intestino delgado e consequentemente o desempenho animal (CABRAL et al., 2000). Desta forma, é de grande importância o estudo da cinética digestiva dos carboidratos, tornando possível adequar dietas para sincronizar a disponibilidade de energia e compostos nitrogenados no rúmen, permitindo o máximo desempenho das populações microbianas e, dessa forma, dos animais hospedeiros (RUSSEL et al., 1992).

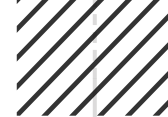
A disponibilidade de nutrientes para os ruminantes depende da degradação realizada por microrganismos ruminais. O crescimento microbiano no rúmen varia com as condições do ambiente ruminal, como temperatura, pH, pressão osmótica, categoria de alimento e produtos da fermentação. Neste contexto, a cinética de degradação ruminal gera informações do processo de digestão, pelo qual pode melhor descrever o valor nutritivo dos alimentos. Assim, possibilita o entendimento aprofundado da atividade digestiva, obtendo um valor mais específico dos nutrientes contidos nos alimentos através da mensuração da produção de gases decorrentes ao processo da digestão (VAN SOEST, 1994).

Portanto, as medidas de digestibilidade têm sido valorosas ferramentas para o desenvolvimento de sistemas que definem o valor nutricional dos alimentos (VAN SOEST, 1994). Haja vista que para se determinar o valor nutricional dos alimentos não se deve ter como base somente os resultados das análises químicas bromatológicas, pois estes apresentem pouca validade, sendo que os atributos biológicos dos alimentos possuem maior significância para predição do desempenho animal, consequentemente para o balanceamento dietético (ROCHA JÚNIOR et al., 2003). No entanto, é maior grau de dificuldade para se determinar os valores precisos, sendo explicado pelo fato de ocorrer interação entre a composição do alimento e a capacidade digestiva e metabólica de diferentes animais (PRESTON, 1999).

### **Cinética de Degradação Ruminal com Produção de Gás**

A estimativa do valor nutricional dos alimentos utilizados para ruminantes pelo método *in vivo* é limitada devido à necessidade de ter um número representativo de animais homogêneos que serão mantidos durante um período de adaptação e amostragem, o que aumenta o custo de avaliações em grande escala (FONDEVILA e BARROS, 2001). Devido a essas limitações, foram desenvolvidas técnicas *in vitro* que são menos onerosas e facilitam o controle das condições experimentais. Essas técnicas laboratoriais podem ser eficazes, desde que possam ser facilmente reproduzidas e estejam altamente correlacionadas com os resultados obtidos *in vivo* e *in situ* (GEACHEW et al., 1998).





As técnicas de produção de gases *in vitro* foram desenvolvidas para prever a fermentação de alimentos para ruminantes, conseqüentemente, utilizadas para estimar o desempenho animal. Nessa técnica, o alimento é incubado com líquido ruminal, solução tampão e meio de cultura sendo que os gases produzidos são medidos como indicadores indiretos da cinética de fermentação ruminal. O alimento incubado é degradado e a fração degradada pode ser fermentada por microrganismos ruminais e produzir gases e ácidos da fermentação ou incorporar-se à biomassa microbiana (RYMER et al., 2005). O objetivo principal da técnica de produção de gases *in vitro* é promover informações relevantes na interpretação de valores nutricionais dos alimentos e / ou desempenho animal e / ou impactos dos animais no ambiente (KRISHNAMOORTHY, 2005).

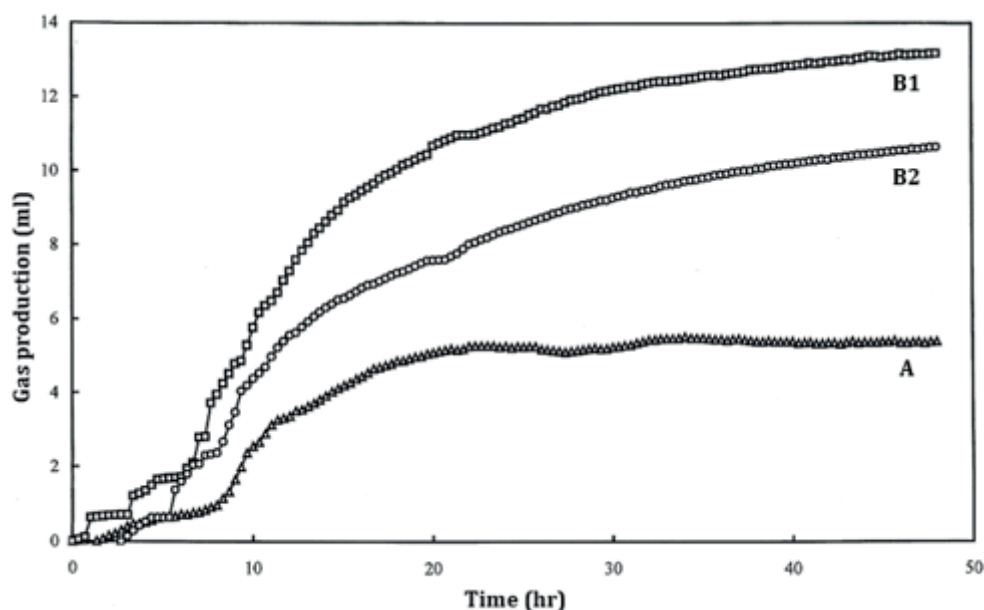
Desde o final da década de 1970, as mensurações *in vitro* da produção de gás para determinar as propriedades digestivas e cinéticas da fermentação no rúmen tornaram-se cada vez mais populares (THEODOROU et al., 1994). E maneira geral, a produção cumulativa dos gases em função do tempo é representada graficamente por três fases distintas: (1) fase lenta ou nenhuma produção de gás (fase inicial); (2) a fase de produção rápida de gás (fase exponencial); e (3) fase em que a taxa de produção de gás é lenta e pode até cessar (fase assintótica) (BEUVINK e KOGUT, 1993).

A cinética da degradação ruminal e o ritmo fracionário da produção de gases *in vitro* está relacionado, com o tipo de carboidratos, perfil da proteína e com o teor de extrato etéreo dos alimentos. Todavia, a sincronização da degradação de carboidratos e nitrogênio no rúmen, potencializa a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, reduzindo perdas energéticas ( $\text{CH}_4$ ) e nitrogênio ( $\text{NH}_3$ ) decorrentes do processo de fermentação ruminal, podendo assim prever com maior precisão o desempenho dos animais baseando-se nos ingredientes dietéticos (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992). Na Figura 1, é apresentado um exemplo da fermentação de diferentes categorias de carboidratos sobre o perfil da curva de produção de gás *in vitro*.





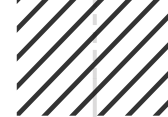
**Figura 1.** Curvas de produção de gás para silagem de milho (planta inteira). Três frações de carboidratos: fração A (A) representando açúcares, ácidos orgânicos fermentáveis e oligossacarídeos curtos; fração B1 (B1) representando substâncias amiláceas e pécnicas; e uma fração B2 (B2) representando fibra digestível (Adaptado de Pill et al., 1999).



A produção de gás é medida pela digestão da forragem (substrato) com o líquido ruminal tamponado em um vidro âmbar lacrado. Os microrganismos presentes no líquido ruminal fermentam o substrato para formar os produtos finais da fermentação, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e ácidos graxos voláteis (AGV's), incluindo, acetato, propionato e butirato. A quantidade de gás produzida depende da quantidade de substrato e da atividade microbiana durante o processo de fermentação, bem como do número e proporção de moles voláteis produzidos. O gás produzido durante a incubação pode ser medido para prever o grau e a taxa de digestão dos alimentos (GETACHEW, 2004). Quando complementados com outras informações (como a composição química do substrato e / ou digestão do mesmo *in vivo*), os dados de produção de gás *in vitro* podem ser úteis para atuar em modelos matemáticos complexos que predizem fenômenos relacionados à função do ambiente ruminal (KRISHNAMOORTHY, 2005).

A técnica de produção de gás *in vitro* tem vantagens sobre outros métodos *in vitro* que se baseiam na quantificação dos resíduos, pois é um reflexo direto de todos os nutrientes fermentáveis e não fermentáveis (frações que não contribuem para a produção de gás) no rúmen. Além disso, a cinética de fermentação pode ser obtida de um grande número de amostras de alimentos, em uma única incubação, permitindo que a taxa de fermentação possa ser calculada (GETACHEW, 2004). No entanto, é importante salientar que outra vantagem é a simplicidade do método, pois não requer equipamentos sofisticados, facilitando à condução a investigação experimental.





O método de produção de gás *in vitro* é mais eficiente quando comparado ao método *in situ* para avaliar os efeitos de fatores antinutricionais, como, por exemplo, dos taninos. No método *in situ* estes fatores se dispersam no rúmen, após ser libertados do saco de nylon, e aparentemente não afetam a fermentação no rúmen devido ao baixo conteúdo pela diluição (MAKKAR et al., 1995). O método de produção de gás *in vitro* controla melhor as interações entre nutrientes e agentes antinutricionais (MAKKAR et al., 1995). Como exemplo, é o efeito da ligação entre taninos e macromoléculas (proteínas e carboidratos), que pode gerar problemas com a utilização dos métodos de Tilley e Terry (1963) e do saco de nylon de Mehrez e Orskov (1977). Como essas duas últimas técnicas se baseiam na avaliação gravimétrica, a quantificação dos resíduos após a fermentação proporciona a solubilização dos taninos, o qual não contribui para a produção de energia. Nesse caso, para a técnica de produção de gás *in vitro*, os efeitos dos taninos sobre a fermentação ruminal dos alimentos refletem diretamente na produção de gás (KHAZAAL et al., 1994).

Todavia alguns fatores podem comprometer a fermentação *in vitro* e influenciar a mensuração da produção de gases, como a fonte e preparo do inóculo, composição e preparo do meio cultura e do substrato. Outra limitação da técnica de produção de gás é a fração dos gases oriundos do CO<sub>2</sub> resultante das reações químicas com o bicarbonato contido no meio de cultura (PELL et al., 1994). Adicionalmente, a produção de gás é um reflexo do metabolismo microbiano ruminal, portanto, estudos com dietas deficientes em nutrientes essenciais para o crescimento microbiano podem trazer informações equivocadas.

De modo geral, os dados de produção de gás *in vitro* são úteis para complementar outras informações, como a composição química do substrato e / ou sua digestão *in vitro*. No entanto, a interpretação dos dados de produção cumulativa de gases deve ser cautelosa, exigindo modelos matemáticos que interpretem adequadamente os perfis de degradação de cada alimento ou dieta, com o conhecimento da composição química do alimento quanto sua digestibilidade *in vitro*.

## **Modelos Matemáticos na Cinética de Degradação Ruminal**

O ambiente ruminal é um sistema complexo e heterogêneo, formado por uma digesta líquida e sólida com estratificações destes conteúdos em diferentes camadas, o que torna o processo digestivo em ruminantes um sistema dinâmico envolvendo entrada e saída de líquidos, microrganismos e resíduos não digeridos (PEREIRA et al., 2005). Portanto, a modelagem matemática das funções produtivas, conectada a programação matemática e a avaliação empírica das predições baseadas nos resultados dos processos digestivos, permite uma compreensão biológica deste complexo sistema e proporciona uma formulação dietética adequada visando o melhor desempenho dos animais (VIEIRA et al., 2008).





Os estudos pioneiros de modelagem matemática por compartimentos foram realizados com o objetivo de traduzir a complexidade dos fenômenos naturais de forma que estes possam ser empregados na predição no mundo real. Os conceitos que foram estabelecidos nestes estudos têm sido amplamente aplicados com sucesso na nutrição de ruminantes, fornecendo um referencial teórico sobre as transformações sofridas pela digesta no trato gastrointestinal (ALLEN e MERTENS, 1988; FRANCE et al., 1985; VAN MILGEN et al., 1991; SCHOFIELD et al., 1994).

Os modelos matemáticos não-lineares são os escolhidos para aplicação na cinética de digestão ruminal, pois proporcionam uma interpretação simples dos fenômenos estudados através de poucos parâmetros com interpretação biológica (EMILIANO et al., 2014). Várias equações não-lineares já foram propostas e testadas para os diferentes substratos utilizados (FRANCE et al., 2005; MELO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2009; UCKARDS et al., 2013; UCKARDS e EFE, 2014), sendo que cada um apresentam suposições e tratamentos distintos. Estes têm como principal objetivo, descrever alterações no sistema em função do tempo de incubação. No entanto, modelos com diferentes estruturas matemáticas podem produzir resultados distintos a partir da mesma curva de produção de gás.

Para a descrição matemática dos perfis de produção de gases destacam-se os modelos não-lineares de crescimento exponencial e sigmoidal. Presumindo que a taxa específica de produção de gases pode ser (1) proporcional a quantidade de substrato e independente da massa microbiana (exponencial com substrato limitado); (2) independente da quantidade de substrato e proporcional a massa microbiana (exponencial simples com “cut-off”); ou (3) proporcional a quantidade de substrato e da massa microbiana (SCHOFIELD et al., 1994). Além disso, os modelos podem conter um, dois ou mais compartimentos e / ou fases de fermentação.

O modelo de Brody trata-se de um modelo exponencial não sigmoide, com três parâmetros que pressupõe que a taxa específica de produção de gases é proporcionalmente à quantidade de substrato e independente da massa microbiana (exponencial com substrato limitado). De acordo com Beuvink e Kogut (1993), o ajuste do modelo exponencial para a produção de gases é inferior aos modelos sigmoides. No entanto, visto que é um modelo caracterizado de crescimento exponencial simples, pode descrever melhor a produção de gás após o ponto de flexão da fase inicial da curva ou para substratos com latência não evidente (“lag time” discreto), considerando o tempo zero ( $t = 0$ ) como ponto de inflexão, dessa forma, após a incubação, toda a curva de produção de gás pode ser descrita (SOUZA, 2013). Entretanto, se as leituras de produção de gás na fase inicial (0 a 12 horas) não forem frequente após a incubação, o ponto de inflexão da curva pode não ser evidente, então, neste caso, um modelo não sigmoide descreveria melhor os dados (MELLO et al., 2008).





O modelo exponencial é do tipo não sigmoide, sendo frequentemente empregado na avaliação de alimentos utilizando a técnica do saco de náilon (ORSKOV e MCDONALD, 1979). Este modelo descreve a cinética simples de primeira ordem com ou sem latência. No caso da produção de gás, a taxa de produção de gás é proporcional à quantidade de gás que ainda está para ser produzido, que é um reflexo da concentração de substrato. Destaca-se, que o ajuste no modelo exponencial para a produção de gases é inferior aos modelos sigmóides (BEUVINK e KOGUT, 1993).

No modelo logístico é assumido que a taxa de produção de gás é proporcional à atividade microbiana, representada pela soma de gás já produzido e pela concentração do substrato (BEUVINK e KOGUT, 1993). Um sério problema com a transformação linear e o método da regressão linear na estimativa dos parâmetros cinéticos é o erro na estimativa da fração indigestível (MERTENS, 2005). Pois, a definição da fase assintótica é essencial para a estimativa do resíduo indigestível, a fração potencialmente digestível e a taxa de degradação fracionária da fibra (MERTENS, 1977).

O modelo Gompertz assume que a taxa de produção de gás é diretamente proporcional à atividade microbiana, mas o parâmetro da proporcionalidade diminui ao longo do tempo conforme a cinética de primeira ordem, que pode ser atribuída à perda de eficiência na taxa de fermentação temporalmente (SCHOFIELD et al., 1994; BEUVINK e KOGUT, 1993). Equações de logística e Gompertz produzem curvas sigmoide, mas diferem no quesito matemático de limitação do substrato sobre a taxa de produção de gás. Haja vista que os mesmos parâmetros em ambos modelos, o período que antecede um aumento significativo do volume, é mais longo no modelo de Gompertz, porém a taxa sobe mais rapidamente após esse longo período. Adicionalmente, o ponto de inflexão ocorre no início do modelo de Gompertz (ZWIETERING et al., 1992).

No caso do modelo da France, ele vem da equação generalizada de Mitscherlich e tem a vantagem de que a taxa específica de produção de gás pode variar durante todo o processo de fermentação (FRANCE et al., 1993). Considerando as mudanças dinâmicas dos componentes dos alimentos, esse modelo permite que a taxa de degradação fracionária permaneça constante, diminuindo ou aumentando gradativamente ao longo do tempo. No entanto, o modelo francês tem sido criticado porque seus parâmetros (b e c) não possuem explicação biológica (FONDEVILA e BARRIOS, 2001).

Modelos para avaliar a digestão cinética com base no acúmulo de gás com uma abordagem única do pool (FRANCE et al., 1993) não têm total aplicabilidade. Esses modelos podem ter um alto valor preditivo para substratos simples, mas não são projetados para avaliar cinética de multi-pools. Um modelo de único pool tende a não destacar a presença de dois componentes em um substrato, ao contrário do ajuste fornecido pelos modelos que





consideram diferentes pools (SCHOFIELD et al., 1994). Além disso, os parâmetros usados nesses modelos exigem um melhor entendimento biológico.

O modelo multifásico ou multicompartimental assume que cada substrato (fase) é digerido independentemente. Isso pode explicar a diferença na acessibilidade do substrato devido à hidratação das partículas, adesão microbiana e aumento no número de micróbios após o tempo de incubação. De acordo com Donne et al. (1997), compartimentos duplos podem ocorrer através da fermentação de substratos heterogêneos, por duas populações microbianas diferentes ou através de uma combinação de fatores relacionados.

Quando o alimento é um substrato heterogêneo, o uso de modelos matemáticos mais complexos pode prever mais adequadamente às mudanças na cinética de digestão das diferentes frações de carboidratos. Por este motivo Schofield et al. (1994) sugerem que os modelos multicompartimentais apresentam melhor qualidade de ajuste que os modelos baseados em cinética de primeira ordem.

Do ponto de vista nutricional, o modelo logístico de bi-compartimental tem características mais relevantes do que outros modelos, porque, tem a estrutura matemática que possibilita calcular a curva de produção de gás pela degradação dos carboidratos totais e fração B2 (carboidratos fibrosos) do sistema de Cornell. E por subtração, obtém-se uma terceira curva pela degradação das frações A + B1 do sistema de Cornell, composta por açúcares solúveis, amido e pectina (SCHOFIELD e PELL, 1995). Desta forma, o modelo divide a produção total de gás em duas partes (dois compartimentos), diferenciadas por suas taxas de degradação (rápida e lenta) (Figura 1).

## **Comparação de Diferentes Modelos Matemáticos da Cinética Ruminal**

Diversos modelos, não lineares, com pressuposições e tratamentos distintos, estão disponíveis para ajuste das curvas de produção de gases e para determinação dos parâmetros de degradação ou perfil de fermentação. O principal objetivo destes modelos é descrever alterações no sistema em função do tempo de incubação. No Quadro 1, segue experimentos avaliando diferentes modelos em diversas categorias de alimentos para ruminantes.





Quadro 1. Experimentos comparando diferentes modelos matemáticos sobre a cinética da degradação ruminal *in vitro* em diversos tipos de alimentos.

| Autor                    | Alimentos                                                                                                   | Modelo                       | CP | NP | CA                                     | TI            | Animal        | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----|----|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cabral et al. (2019)     | Casca de arroz, cana-de-açúcar, raspa de mandioca, resíduo da pupunha, e resíduo do nabo forrageiro         | France                       | 1  | 4  | VM; CCC; QMEP                          | 72 hroas      | Não declarado | Os modelos bicompartimentais foram os mais adequados. Logístico Bicompartimental para casca de arroz e raspa de mandioca. Exponencial Bicompartimental para cana-de-açúcar, nabo e pupunha.                                                                                           |
|                          |                                                                                                             | Exponencial                  | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Logístico                    | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Gompertz                     | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Orskov e McDonald (1979)     | 1  | 2  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Dias et al. (2014)       | Milho, farelo de soja e silagem de milho (planta inteira)                                                   | Exponencial bicompartimental | 2  | 5  | R <sup>2</sup> <sub>a</sub> ; QMR; EPM | 24 horas      | Não declarado | O modelo logístico bicompartimental apresentou menores valores para o QMR e o EPM em relação aos outros modelos avaliados, sendo este o modelo o que melhor descreve a cinética de fermentação ruminal do milho, farelo de soja e a silagem de milho.                                 |
|                          |                                                                                                             | Logístico bicompartimental   | 2  | 5  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | France                       | 1  | 4  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Logístico                    | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Velho et al. (2014)      | Silagens de milho (planta inteira) em diferentes estádios de maturidade                                     | Exponencial                  | 1  | 3  | QMR; VM; RQEM; ERR;                    | 24 e 48 horas | Boi Jersey    | O modelo Gompertz descreve melhor a cinética de produção de gases <i>in vitro</i> em silagens de milho. O modelo France não é adequado para descrever a cinética de produção de gases com tempos menores ou iguais a 48 horas de incubação.                                           |
|                          |                                                                                                             | France                       | 1  | 4  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Gompertz                     | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Logístico                    | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Farias et al. (2011)     | Farelo e torta de babaçu                                                                                    | Gompertz                     | 1  | 3  | QME; R <sup>2</sup> ; DMA              | 96 horas      | Bovino adulto | Modelo logístico apresentou menores valores para QME e DMA e melhor valor de QME. O modelo logístico foi melhor para descrever a cinética de fermentação ruminal do farelo e torta de babaçu.                                                                                         |
|                          |                                                                                                             | Logístico bicompartimental   | 2  | 5  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Mello et al. (2008)      | Silagem de girassol                                                                                         | Brody                        | 1  | 3  | R <sup>2</sup> ; QMR; EPM; ER          | 192 horas     | Não declarado | Os modelos Logístico bicompartimental e France apresentaram maior eficiência relativa, respectivamente, em silagens de girassol e milho. Assim, o modelo Logístico bicompartimental apresenta maior qualidade de ajuste à curva de produção de gases em silagens de girassol e milho. |
|                          |                                                                                                             | Von Bertalanffy              | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Gompertz                     | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | France                       | 1  | 4  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Logístico                    | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Logístico modificado (CL)    | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Peripolli, et al. (2014) | Dietas substituição do milho por glicerol bruto (0, 4, 8 e 12%). Fonte volumoso feno de alfafa 60% da dieta | Logístico bicompartimental   | 2  | 5  | R <sup>2</sup> ; EQM; DAMR; ER         | 48 horas      | Ovelha        | O modelo logístico de pool duplo apresentou o menor valor de RMAD e eficiência relativa maior que 1,0 em todas as comparações e, portanto, foi considerado o mais eficiente dos modelos avaliados.                                                                                    |
|                          |                                                                                                             | Exponencial                  | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | France                       | 1  | 4  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Gompertz                     | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                          |                                                                                                             | Logístico                    | 1  | 3  |                                        |               |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Continuação Quadro 1...

| Autor                  | Alimentos                                                                         | Modelo                   | CP | NP | CA                         | TI       | Animal | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|----|----------------------------|----------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nogueira et al. (2004) | 5 genótipos de sorgo: Massa 3, Volumax, BR601, BR700 y BR701.                     | Orskov e McDonald (1979) | 1  | 3  | R <sup>2</sup> ; QMR       | 96 horas | Vaca   | Os modelos Orskov e McDonald e francês foram inadequados para descrever a cinética de fermentação, pois subestimam a produção de gás no início da fermentação e na fase assintótica. O modelo de Gompertz foi melhor, pois oferece um ajuste apropriado nos primeiros estágios de degradação, bem como na fase assintótica da curva. |
|                        |                                                                                   | Logístico                | 1  | 3  |                            |          |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                        |                                                                                   | France                   | 1  | 4  |                            |          |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                        |                                                                                   | Gompertz                 | 1  | 3  |                            |          |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Azevedo (2007)         | Pseudofruto de cinco clones de cajueiro (CP 06, CP 09, CP 76, CP 1001 e BRS 189). | Logístico                | 1  | 3  | QME; R <sup>2</sup> ; DMA; | 72 horas | Bovino | Os modelos logístico, exponencial e France mostraram-se mais adequados em descrever a cinética de produção de gases da matéria seca do pseudofruto do caju em relação ao Gompertz. Entretanto, este descreveu melhor a cinética de fermentação ruminal da fração FDN.                                                                |
|                        |                                                                                   | Gompertz                 | 1  | 3  |                            |          |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                        |                                                                                   | Exponencial              | 1  | 3  |                            |          |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                        |                                                                                   | France                   | 1  | 4  |                            |          |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



| Autor                | Alimentos                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Modelo                     | CP | NP | CA               | TI       | Animal                  | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----|----|------------------|----------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Veira (2018)         | Casca de abóbora, casca de café, casca de pequi, casca do grão de soja, coproduto de milho doce, DDGS milho, farelo de milho, farelo de soja, farelo de trigo, feijão extrusado, palha de milho, polpa cítrica, sabugo de milho, silagem de coproduto de milho doce, silagem de milho e silagem de tifton 85. | Von Bertalanffy            | 1  | 3  |                  |          |                         | O modelo France não foi eficaz em ajustar a cinética de produção de gases apresentando menor R <sup>2</sup> e ED.<br>O Logístico bicompartimental ajustou melhor para os alimentos palha de milho, casca do grão de soja, casca de café, casca de pequi, polpa cítrica, feijão extrusado, DDGS milho, silagem de milho, silagem de tifton 85, farelo de milho, farelo de trigo e farelo de soja apresentando os maiores R <sup>2</sup> e os menores valores de BIC e ED.<br>O modelo Bertalanffy apresentou melhor ajuste para o alimento sabugo de milho. O modelo Brody para os alimentos coproduto de milho doce e silagem, apresentando os maiores valores de R <sup>2</sup> e os menores de BIC e ED.<br>O modelo Gompertz ajustou melhor a produção de gases da casca de abóbora com maiores valores de R <sup>2</sup> e menores de BIC e ED. |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Brody                      | 1  | 3  |                  |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | France                     | 1  | 4  | R <sup>2</sup> ; |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Gompertz                   | 1  | 3  | CIB;             | 72 horas | Bovinos mestiços adulto |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Logístico                  | 1  | 3  | DE               |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Logístico Bicompartimental | 2  | 5  |                  |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Uckards e Efe (2014) | Trevo branco (Trifolium repens L.)<br>Trevo vermelho (Trifolium pretense L.)<br>Ervilhaca comum (Vicia sativa L.)<br>Trevo doce amarelo (Melilotus officinalis L.)                                                                                                                                            | Logístico                  | 1  | 3  |                  |          |                         | Conclui-se que esses modelos, exceto o modelo de Orskov, podem ser usados para estimar a cinética de produção de gás <i>in vitro</i> utilizando diferentes culturas forrageiras.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Orskov                     | 1  | 3  |                  |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Verhulst                   | 1  | 3  |                  |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Janoscheck                 | 1  | 4  | EQM;             |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Weibull                    | 1  | 4  | R <sup>2</sup> ; | 96 horas | Não declarado           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bridges                    | 1  | 4  | FA;              |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Mitscherling               | 1  | 3  | CIB;             |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Brody                      | 1  | 3  |                  |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Von Bertalanffy            | 1  | 3  |                  |          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

CCC: coeficiente de concordância da correlação; CIB: Critério de Informação Bayesiano; CP: compartimentos; DAMR: desvio absoluto médio residual; DE: distância euclidiana; DMA: desvio médio absoluto dos resíduos; EPM: erro padrão da média; EQM: erro quadrático médio; ER: eficiência relativa; ERR: erro residual; FA: fator de acurácia; NP: número de parâmetros; QMEP: quadrado médio do erro de predição; QMR: quadrado médio residual; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; R<sup>2</sup>a: coeficiente de determinação ajustado; RQEME: raiz quadrada do erro médio de estimativa; TI: tempo de incubação; VM: viés médio.

## ■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os carboidratos são as principais frações energéticas dos alimentos e / ou dietas e, de forma geral, a que mais afeta a taxa de digestão ruminal. Assim, é de suma importância adequar dietas para sincronizar a disponibilidade energia e compostos nitrogenados no rúmen, consequentemente, maximizar a desempenho animal. Neste ideal, a técnica de produção de gás *in vitro* tem sido amplamente aplicada por fornecer mensuração direta da taxa de digestão associada com a produção de gás e a respectiva mensuração gravimétrica do alimento ou deita em teste.

Os modelos não-lineares são os mais requisitados para avaliar a digestão ruminal, pois proporcionam melhor interpretação dos resultados através de poucos parâmetros biológicos. De forma geral os principais modelos matemáticos aplicados apresentam equações de crescimento exponencial e sigmoide. O modelo mais adequado para avaliação da cinética da degradação ruminal dependerá do alimento ou dieta. No entanto, os modelos bicompartimental em especial o logístico, apresenta melhor ajuste da curva de produção de gás, principalmente para alimentos de alta proporção de fibra. Porém, para avaliar a cinética da degradação ruminal de alimentos com baixo teor de carboidratos fibrosos, os modelos



monocompartimental podem ser empregados. Portanto, a escolha do modelo mais adequado cabe ao pesquisador avaliar qual modelo se adequa melhor a composição química-bromatológica do alimento ou dieta.

Dessa forma, o uso de um grande número de modelos não deverá causar dificuldade na decisão de qual modelo utilizar, pois, a reação do modelo diferirá dependendo dos alimentos utilizados. Enquanto um modelo pode mostrar um melhor ajuste para um conjunto de dados em um estudo, ele pode apresentar baixo desempenho em outro estudo com outro alimento. Sendo assim, podem ser empregados vários modelos para um estudo, depois sendo necessário selecionar o modelo que melhor se ajustar e se apresentar mais apropriado para o conjunto de dados de um determinado alimento ou dieta.

## ■ REFERÊNCIAS

1. ALLEN, M. S.; MERTENS, D. R. Evaluating Constraints on Fiber Digestion by Rumen Microbes. *The Journal of Nutrition*, v.118, n.2, p. 261-270, 1988. <http://dx.doi.org/10.1093/jn/118.2.261>
2. AZEVEDO, M. M. R. Modelos matemáticos para estimativa da cinética de fermentação ruminal do pseudofruto de cajueiro pela técnica in vitro semi-automática de produção de gases. Dissertação (mestrado) - Ciência Animal, Universidade Federal do Piauí, 2007.
3. CABRAL, Í. S.; AZEVÊDO, J. A. G.; PINA, D. S.; PEREIRA, L. G. R.; FERNANDES, H. J.; ALMEIDA, F. M.; SOUZA, L. L.; LIMA, R. F.; CIRNE, L. G. A. Evaluation of models utilized in in vitro gas production from tropical feedstuffs. *Ciências Agrárias*, v. 40, n. 1, p. 443-456, jan./fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n1p443>
4. CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; MALAFAIA, P. A. M.; LANA, R. P.; SILVA, J. F. C.; VIEIRA, R. A. M.; PEREIRA, E. S. Frações de Carboidratos de Alimentos Volumosos e suas Taxas de Degradação Estimadas pela Técnica de Produção de Gases. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.2087-2098, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000600025>
5. DÍAZ, T. G.; BRANCO, A. F.; MATOS, L. F.; OSMARI, M. P.; FRANCINE MEZZOMO GIOTTO1; SALAB, B. L.; ÍTAVO, L. C. V. Comparação do ajuste de modelos matemáticos que descrevem a cinética de degradação ruminal in vitro. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal, Estância de São Pedro, SP - Brasil, 2014.
6. EMILIANO, P. C.; VIVANCO, M. J. F.; MENEZES, F. S. Information criteria: How do they behave in different models? *Computational Statistics & Data Analysis*, v. 69, p. 141-153, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2013.07.032>
7. FARIAS, L. N.; VASCONCELOS, V. R.; CARVALHO, F. F. R.; SARMENTO, J. L. R. Avaliação dos modelos logístico bicompartimental e de Gompertz na estimativa da dinâmica de fermentação ruminal in vitro do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.63, n.1, p.136-142, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000100021>
8. FONDEVILA, M.; BARRIOS, A. The gas production technique and its application to the study of the nutritive value of forages. *Cuban Journal of Agricultural Science*, La Habana, v.35, n.3, p.187-196, 2001.



9. FONDEVILA, M.; BARRIOS, A. The gas production technique and its application to the study of the nutritive value of forages. *Cuban Journal of Agricultural Science*, v. 35, p. 187-196, 2001.
10. FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K.; LISTER, S. J.; DAVIES, D.R.; ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant feeds. *Journal of Theoretical Biology*, v. 163, p.99-111, 1993. <http://dx.doi.org/10.1006/jtbi.1993.1109>
11. FRANCE, J.; LÓPEZ, S.; KEBREAB, E.; BANNINK, A.; DHANOA, M. S.; DIJKSTRA, J. A general compartmental model for interpreting gas production profiles. *Animal Feed Science and Technology*, v. 123-124, p. 473-485, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.038>
12. FRANCE, J.; THORNLEY, J. H.; DHANOA, M. S.; SIDDON, R. C. On the Mathematics of Digesta Flow Kinetics. *Journal of Theoretical Biology*, 113, 743-758, 1985. [https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(85\)80191-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(85)80191-0)
13. GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H. PS.; BECKER, K. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.72, n.3-4, p.261-281, 1998.
14. GETACHEW, G.; ROBINSON, P. H.; DEPETERS, E. J.; TAYLOR, S. J. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*, v.111, p.41-56, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00217-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00217-7)
15. HERNANDEZ-SANABRIA, E.; GUAN, L. L.; GOONEWARDENE, L. A.; LI, M.; MUJIBI, D. F.; STOTHARD, P.; MOORE, S. S.; LEON-QUINTERO, M. C. Correlation of Particular Bacterial PCR-Denaturing Gradient Gel Electrophoresis Patterns with Bovine Ruminant Fermentation Parameters and Feed Efficiency Traits. *Applied and Environmental Microbiology*, v.76, n.19, p.6338-6350, 2010. <https://doi.org/10.1128/AEM.01052-10>
16. KHAZAAL, K.; DENTINHO, M. T.; RIBEIRO, J. M.; ØRSKOV, E. R. Prediction of apparent digestibility and voluntary feed intake of hays fed to sheep: Comparison between using fiber component, in vitro digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. *Animal Science*, v.61, p.527-538, 1995. <https://doi.org/10.1017/S1357729800014107>
17. KRISHNAMOORTHY, U.; RYMERB, C.; ROBINSON, P.H. The in vitro gas production technique: limitations and opportunities. *Animal Feed Science and Technology*, v. 123-124, n.1, p. 1-7, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.015>
18. LOPES, S. In: Vitro and In Situ Techniques for Estimating Digestibility In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J. M.; FRANCE, J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Edinburg: CAB Publishing, 2nd ed., p. 87, 2005.
19. MAKKAR, H. P.; BLÜMMEL, M.; BECKER, K. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in vitro techniques. *British Journal of Nutrition*, v. 73, p. 897-913, 1995. <https://doi.org/10.1079/bjn19950095>
20. MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal Agriculture Science*, v. 88 p. 645-650, 1977. <https://doi.org/10.1017/S0021859600037321>

21. MELLO, R.; MAGALHÃES, A. L. R.; BREDAS, F. C.; REGAZZI, A.J. Modelos para ajuste da produção de gases em silagens de girassol e milho. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.43, n.2, p.261-269, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000200016>
22. MERTENS, D. R. Kinetics of Cell Wall Digestion and Passage in Ruminants. *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*, p. 535-570, 1993. <https://doi.org/10.2134/1993.foragecellwall.c21>
23. MERTENS, D. R. Rate and extent of digestion. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. 2.ed. Wallingford: CABI Publishing, p.13-47, 2005.
24. MOREIRA, P. C.; REIS, R. B.; REZENDE, P. L. P.; WASCHECK, R. C.; MENDONÇA, A. C.; DUTRA, A. R. Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semi-automática in vitro de fontes de carboidratos de ruminantes. *Revista Brasileira Saúde e Produção Animal*, v.11, n.2, p. 452-462, 2010.
25. NOGUERA, R. R.; SALIBA, E. O.; MAURICIO, R. M. Comparación de modelos matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de la técnica de producción de gas. *Livestock Research for Rural Development*, 16 (11), 2004.
26. ORSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, v. 92, p. 499-503, 1979. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
27. PELL, A. N. SCHOFIELD, P.; STONE, W. C. Rates of digestion of feeds measured in vitro with computers. *Cornell Nutrition Conference. Proceedings*. Cornell University, p. 74-81, 1994.
28. PEREIRA, J. C.; ALMEIDA, M. S.; CECON, P. R.; QUEIROZ, A. C. Dinâmica da degradação ruminal por novilhos mantidos em pastagem natural em diferentes épocas do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.740-748, 2002.
29. PERIPOLLI, V.; PRATES, E. R.; BARCELLOS, J.O. J.; MCMANUS, C. M.; WILBERT, C. A.; BRACCINI NETO, J.; CAMARGO, C. M.; LOPES, R. B. Models for gas production adjustment in ruminant diets containing crude glycerol. *Livestock Research for Rural Development*, 26 (2) 2014.
30. PITT, R. E.; CROSS, T. L.; PELL, A. N.; SCHOFIELD, P.; DOANE, P. H. Use of in vitro gas production models in ruminal kinetics. *Mathematical Biosciences*, 159, 145-163, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0025-5564\(99\)00020-6](https://doi.org/10.1016/S0025-5564(99)00020-6)
31. PRESTON, R. L. Typical composition of feed for cattle and sheep. *Feed Composition Guide*, v.35, n.6, 1999.
32. ROCHA JÚNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; BORGES, Á. M.; MAGALHÃES, K. A.; FERREIRA, C. C. B.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, M. F. Determinação do Valor Energético de Alimentos para Ruminantes pelo Sistema de Equações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.2, p.473-479, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000200028>
33. RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluation for cattle diets: Ruminal fermentation. *Journal Animal Science*, v. 70, n.12. p. 3551-3581. 1992. <https://doi.org/10.2527/1992.70113551x>
34. RYMER, C.; HUNTINGTON, J. A.; WILLIAMS, B. A.; GIVENS, D. I. In vitro cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, v. 123- 124, n. 1, p. 9-30, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.055>

35. SAHIN, M.; ÜÇKARDEŞ, F.; CANBOLAT, O.; KAMALAK, A.; ATALAY, A. I. 2011. Estimation of partial gas production times of some feedstuffs used in ruminant nutrition. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, vol. 17 (5), p. 731-734, 2011.
36. SCHOFIELD, P.; PELL, A. N. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 3455-3463, 1995. <https://doi.org/10.2527/1995.73113455x>
37. SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *J. Dairy Sci.*, v.72, n. 11, p. 2980-2991, 1994.
38. 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: carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
39. THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; MCALLAN, A. B.; FRANCE, J. A. A simple gas-production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*, v.48, p.185-197, 1994. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)
40. TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crop. *Journal British Grassland Society*, v.18, n.2, p.104-111, 1963. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
41. UCKARDES, F.; EFE, E. Investigation on the usability of some mathematical models in in vitro gas production techniques. *Slovak Journal of Animal Science*, v. 47, p. 172-179, 2014.
42. VAN MILGEN, J.; MURPHY, M. R.; BERGER, L. L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. *Journal of Dairy Science*, v.74, p. 2515-2529, 1991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78429-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78429-4)
43. VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, 1994.
44. VEIRA, D. A. Estudo da dinâmica da cinética de produção de gases in vitro para diferentes tipos de alimentos. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, 2018.
45. VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; GENRO, T. C. M.; BARCELLOS, J. O. J.; NETO, J. B.; SILVA, R. S. M. Modelos matemáticos para ajuste da produção de gases in vitro em diferentes tempos de incubação e cinética ruminal de silagens de milho. *Ciências Agrárias*, v. 35, n. 4, suplemento, p. 2531-2540, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Supl1p2531>
46. VIEIRA, R. A.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fiber mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. *Journal of Theoretical Biology*, v. 255, p. 345-356, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2008.08.014>
47. WANG, M.; TANG, S. X.; TAN, S. X. Modeling in vitro gas production kinetics: derivation of logistic-exponential equations and comparison of models. *Animal Feed Science and Technology*, vol. 165(3-4), p. 137-150, 2011.

---

# Óleos essenciais como aditivo em dieta para tilápia do Nilo criadas em água salinizada

| **Guilherme Melgaço Heluy**  
UFRRJ

| **Leonardo Rocha Vidal Ramos**  
UFRRJ

| **Virgínia Fonseca Pedrosa**  
FURG

| **Marcelo Maia Pereira**  
FIPERJ

# RESUMO

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é atualmente a espécie de peixe de água doce mais criada no Brasil. Uma das vantagens do seu cultivo é a capacidade de tolerar certo nível de salinidade na água, aumentando os estudos com essa espécie nesse ambiente. Aditivos fitogênicos são produtos derivados de plantas que são adicionados às dietas dos animais de produção com a finalidade de melhorar o seu desempenho produtivo. Dentre eles, o óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*) se destaca por ser um composto natural e seguro, tanto para os animais e humanos, quanto para o meio ambiente, possuindo potencial para ser utilizado como promotor de crescimento, melhorando a eficiência alimentar. Com isso, o trabalho foi realizado com o objetivo de revisar os efeitos dos óleos essenciais sobre o desempenho zootécnico e efeitos fisiológicos em peixes, principalmente a tilápia do Nilo.

**Palavras-chave:** Aquicultura, Produção, Ração, Saúde.

## ■ INTRODUÇÃO

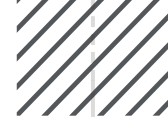
A aquicultura é uma atividade que se encontra em crescente expansão, tendo praticamente dobrado a sua produção anual, quando comparado com o início do século XXI (FAO, 2018). O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de peixes de água doce e quarto maior produtor mundial da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), espécie que apresenta maior expansão na produção brasileira (IBGE, 2016).

As tilápias do Nilo foram introduzidas no Brasil na década de 1970 e como possuem origem africana, se adaptaram bem as condições climáticas tropicais do país (MELO e STIPP, 2001). Essa espécie consegue se alimentar de itens básicos da cadeia trófica, possuem curto ciclo de engorda, maior resistência à diversas condições ambientais, desovam o ano todo e aceitam uma ampla variedade de alimentos (SHOEMAKER et al., 2000). Outra característica importante sobre a tilápia é a sua capacidade de tolerar níveis de salinidade na água, tornando o cultivo dessa espécie uma alternativa principalmente em regiões estuarinas ou costeiras (PEREIRA et al., 2016).

Com a crescente expansão da aquicultura, houve a sua intensificação com redução das áreas de produção e aumento da densidade de cultivo dos peixes, ocorrendo consequentemente, diminuição no desempenho produtivo dos mesmos (SÁNCHEZ-MUROS et al., 2016). Isso resultou no uso indiscriminado de antibióticos como promotores de desempenho, gerando crescentes problemas relacionados à segurança alimentar na produção animal, como a seleção e proliferação de bactérias resistentes (SOUZA et al., 2010, SANTOS e RAMOS, 2018).

Posteriormente, com o objetivo de obter a melhor qualidade do produto final, o uso de antibióticos para essa finalidade foi proibido em 2006 pela União Europeia (CATALAN et al., 2012), devido principalmente à resistência bacteriana gerada pelo seu uso descontrolado, aumentando os estudos que buscam alternativas viáveis (ERTAS et al., 2005). Entre essas alternativas, destacam-se os ácidos orgânicos, enzimas e probióticos, substâncias já bem estabelecidas para uso em dietas e os óleos essenciais, que são aditivos fitogênicos dos quais ainda se possui certo desconhecimento sobre as consequências do uso na nutrição animal (WINDISCH, 2008; ZENG et al., 2015).

Os aditivos fitogênicos são substâncias oriundas de plantas medicinais ou de especiarias, que evidenciam resultados positivos na produção e na saúde dos animais (PERIĆ et al., 2009). Os óleos essenciais se destacam nesse grupo e são caracterizados como compostos voláteis e complexos, oriundos de uma mistura natural de substâncias orgânicas, sintetizada por plantas aromáticas (SUTILI et al., 2017). Uma das possíveis funções que esses óleos podem desempenhar é a alteração da morfometria intestinal, possibilitando maior absorção de nutrientes, melhorando os índices de desempenho zootécnico dos animais de produção (MOHAMED, et al., 2014).



O óleo essencial de orégano (OEO) (*Origanum* sp.) e o seu principal constituinte, o carvacrol, são crescentemente estudados para utilização na nutrição animal, especialmente em animais monogástricos, como aves, suínos e peixes, pois além da sua fácil obtenção e uso, estudos mostram que, quando incluídos em dietas, podem atuar como otimizador de desempenho (FERREIRA et al., 2014), como antibacteriano (RATTANACHAIKUNSOPON e PHUMKHACHORN, 2010) e como antioxidante (ZHENG et al., 2009).

## ■ O CENÁRIO ATUAL DA AQUICULTURA

O aumento na demanda por recursos pesqueiros para o consumo humano tem gerado um crescimento na produção aquícola mundial em relação a pesca, principalmente após o início do século XXI, tendo aumentado no período de 2000 até 2016, de 25,7% para 47% no número total de animais aquáticos produzidos destinados para o consumo humano (FAO, 2018).

Essa crescente demanda mundial por alimentos provenientes da aquicultura é justificado pelo aumento da população mundial, pelo aumento da renda, pelos estudos que tem mostrado as qualidades nutricionais que esse produto proporciona e devido a demanda do mesmo não ser suprida apenas com a pesca (FÜLBER et al., 2009). Projeta-se que até 2030, 62% dos peixes destinados ao consumo humano virão da aquicultura (BANCO MUNDIAL, 2013).

A produção mundial de peixes no ano de 2016 foi de cerca de 51,4 milhões de toneladas, no qual 47,5 milhões de toneladas foram oriundas da piscicultura continental, ficando o Brasil como o 8º maior produtor mundial de peixes de água doce, oriundos da aquicultura (FAO, 2018).

Entre as espécies de peixes de água doce cultivadas no Brasil no ano de 2018, a tilápia foi a espécie que apresentou a maior produção, representando em torno de 55,4% da produção de peixes, ou seja, aproximadamente 400.280 toneladas de um total de 722.560 toneladas de pescado, além de ser a espécie que apresentou grande porcentagem de crescimento na produção em relação ao ano anterior, tendo aumentado 11,9% a sua produção em relação a 2017 (PEIXE BR, 2019), demonstrando a importância dos estudos para o aprimoramento do cultivo dessa espécie.

## ■ A TILAPICULTURA NO BRASIL

A tilápia é um peixe de água doce e consiste em cerca de 70 espécies dos gêneros *Tilapia*, *Sarotherodon* e *Oreochromis*, pertencentes à família Cichlidae (ciclídeos) (CNAANI e HULATA, 2010) e, mesmo possuindo origem africana, foram transportados para diversas regiões tropicais, subtropicais e temperadas do planeta a partir da década de 1950 (PILLAY





e KUTTY, 2005). Originalmente, a introdução da tilápia nessas regiões tiveram como objetivo a pesquisa e o seu cultivo para alimentação humana, como também para o controle de plantas daninhas aquáticas e para pesca recreativa (EL-SAYED, 2006a).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) proveniente da Costa do Marfim foi introduzida no Brasil em 1971, na região nordeste e, desde então, foram levadas para as outras regiões do país (MAINARDES-PINTO et al., 1989), sendo essa espécie escolhida devido a sua tolerância a uma ampla gama de condições ambientais, como temperatura, pH, salinidade, baixo oxigênio dissolvido e amônia; resistência ao estresse, a doenças e a alta densidade de estocagem; alta prolificidade e fácil aceitação de ração após a absorção do saco vitelino (EL-SAYED, 2006a).

A tilápia do Nilo tem se destacado na produção aquícola brasileira, pois é uma espécie com tecnologia de cultivo bem desenvolvida e com potencial para ampliação futura (SARY et al., 2009). O sucesso na produção dessa espécie se deve a sua adaptação aos diversos sistemas de cultivo; seu rápido desenvolvimento; pelo processo de reprodução simples, sendo capaz de se reproduzir em cativeiro; por possuir hábito alimentar onívoro, podendo se alimentar de itens básicos da cadeia trófica e pela boa conversão alimentar (FURUYA, 2010).

Essas características aumentaram a importância do cultivo da tilápia do Nilo, dando início a programas de melhoramento genético da mesma, se destacando a linhagem GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia), que chegou ao Brasil em 2005, sendo fruto de um intenso melhoramento genético iniciado a partir de uma grande base genética de linhagens selvagens e de criação (SCORVO FILHO et al., 2010).

## ■ A PRODUÇÃO DE TILÁPIAS DO NILO EM ÁGUA SALINIZADA

Em razão da escassez de água doce no mundo, existe uma tendência para o cultivo de espécies de peixes de água doce, como a tilápia do Nilo, em água salinizada (EL-SAYED, 2006b), pois por ser um peixe eurialino, possui alta capacidade para se adaptar a este tipo de ambiente (KÜLTZ, 2015). O fato da tilápia possuir ancestrais de origem marinha, que em algum momento adentraram em água doce, explicaria essa capacidade da espécie em tolerar ambientes que possuem variação de salinidade (BARLOW, 2000).

Uma vantagem nesse procedimento é a oportunidade de cultivar a tilápia em regiões com falta de água doce, como a região nordeste, na qual já existem estudos que comprovam a eficiência do cultivo dessa espécie em efluentes de dessalinizadores, que geram água potável para a região e, como não se tinha aproveitamento dos resíduos gerados, provocavam impacto ambiental (OLIVEIRA e SANTOS, 2015). Outra vantagem é a possibilidade de produção integrada com espécies marinhas como o camarão, sem que ocorra competição





pelos mesmos recursos, pois eles possuem nichos tróficos diferentes, aumentando assim a produtividade do setor (JUNIOR et al. 2012).

Alterações da salinidade da água podem ocasionar estresse ao peixe devido à mudanças na homeostase e com os processos fisiológicos normais (KÜLTZ, 2015). A osmorregulação é importante para o processo de homeostase, sendo as brânquias e o trato gastrointestinal órgãos que possuem função importante nesse processo, devido a interação com o meio externo (BAYSOY et al., 2013). Em ambiente altamente iônico e hiperosmótico, os peixes perdem água e obtêm sal, e para a sua aclimação precisam absorver, com gasto de energia, o sal e a água através do trato gastrointestinal, na qual a água é retida no corpo e o excesso de sal é liberado pelas brânquias (LI et al., 2014).

Mesmo que grande parte das espécies de tilápia possam ser adaptadas ao cultivo em água salinizada, alguns fatores podem debilitar o desenvolvimento e até a sobrevivência desse animal a esta condição de cultivo, como a temperatura, método de aclimação, idade e tamanho dos animais (SURESH e LIN 1992). Logo, o processo de salinização da água de cultivo deve ser gradual, com adição de sais variando de 2 a 8 g L<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, assim permitindo que os peixes ativem seus mecanismos osmorregulatórios para resistir à elevada salinidade, para um limite de tolerância variando entre 20 a 22 g L<sup>-1</sup> (LEMARIÉ et al. 2004).

O cultivo de tilápias do Nilo em faixas mais elevadas de temperatura (28 a 32°C), combinados com uma salinidade variando entre 0 e 12 g L<sup>-1</sup>, pode resultar em um desenvolvimento mais rápido dos alevinos de tilápia, quando comparados com cultivos em salinidades maiores, obtendo o melhor desempenho dos animais em ambientes com até 8 g L<sup>-1</sup> de sal, uma vez que acima disso, a salinidade pode prejudicar o uso dos nutrientes para o crescimento dos alevinos, por causa da energia gasta para mantê-lo em um ambiente fora de sua homeostase (LIKONGWE et al., 1996), levando os animais a terem uma diminuição no ganho de peso, na conversão alimentar e até na sua sobrevivência (DE AZEVEDO et al., 2015).

## ■ O AUMENTO NO USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO AQUÍCOLA

Com a crescente intensificação da aquicultura, devido à maior demanda por pescado, houve aumento da densidade de cultivo dos peixes (JEFFERY et al., 2010), com a finalidade de diminuir os custos operacionais, afim de garantir a rentabilidade e a sustentabilidade da criação (EL-HAWARRY et al., 2018).

Contudo, esse processo torna os animais vulneráveis ao estresse, podendo causar gradativa diminuição do crescimento (LEMOS et al., 2018) e aumentar a sua susceptibilidade a doenças (GARCIA et al., 2013), à medida que se aumenta a densidade de cultivo dessa espécie nas estruturas de criação (JEFFERY et al., 2010), o que leva ao uso indevido de





antibióticos que geram complicações de segurança alimentar e de proliferação de bactérias resistentes, além de elevar o custo desses produtos (HARIKRISHNAN et al., 2011).

Os antibióticos são amplamente utilizados na produção animal, principalmente para o tratamento de animais doentes e prevenção de doenças entre animais suscetíveis a infecções, promovendo maior desempenho produtivo dos mesmos (HONG et al., 2012). No entanto, o uso excessivo de antibióticos provoca o aumento na seleção de populações de microrganismos resistentes, que possuem genes de resistência a determinados compostos (CARNEIRO et al., 2007).

Esses mesmos autores realizaram um estudo na qual foi avaliado o perfil de susceptibilidade a antimicrobianos de bactérias isoladas em diferentes sistemas de cultivo de tilápia do Nilo e observaram um elevado número de bactérias com resistência simultânea a dois ou mais antimicrobianos, o que justifica a preocupação com relação ao consumo de alimentos de origem animal.

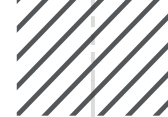
Visando garantir a qualidade e segurança dos alimentos de origem animal, a partir de Janeiro de 2006 a União Europeia proibiu a utilização de antibióticos e quimioterápicos como melhoradores de desempenho na produção (EC, 2003). Como consequência, ocorreram perdas econômicas na produção pecuária, pela diminuição no desempenho, absorção de nutrientes e saúde intestinal dos animais, aumentando a suscetibilidade de colonização por patógenos e a contaminação dos produtos para consumo humano (FERKET et al., 2005).

Diante disso, surge a necessidade de buscar compostos alternativos que poderiam ser utilizados nas dietas, melhorando a função imune e digestiva dos animais, logo, melhorando o desempenho dos mesmos (ZAVARIZE et al., 2010). Neste contexto, os aditivos passaram a ser utilizados na nutrição animal objetivando o máximo desempenho produtivo, levando em consideração o seu bem-estar, não deixando resíduos nos produtos de consumo e nem contaminando o meio ambiente (CATALAN et al., 2012).

Os aditivos utilizados na nutrição animal podem ser classificados de acordo com suas propriedades e funções, sendo incluídos em uma ou mais categorias, tais como: tecnológicos, sensoriais, nutricionais, zootécnicos e anticoccidianos, sendo os aditivos zootécnicos todas as substâncias que são adicionadas a ração com finalidade de aperfeiçoar o desempenho dos animais, melhorando os parâmetros de produtividade sem deixar resíduo no produto de consumo (Instrução Normativa nº 13/2004, MAPA).

Os aditivos são conhecidos como ingredientes não-nutritivos ou componentes não-nutritivos de ingredientes que são incluídos nas formulações para influenciar propriedades físicas ou químicas da dieta ou melhorar o desempenho produtivo ou a qualidade dos produtos resultantes (BARROWS e HARDY, 2000)





Dentro do grupo de substâncias que podem ser classificadas como aditivos zootécnicos, temos os aditivos fitogênicos, também conhecidos por fitoterápicos, fitobióticos ou nutracêuticos. Esses compostos são definidos como substâncias provenientes de plantas, como ervas, especiarias, óleos essenciais e oleorresinas, que podem ser acrescentados na dieta, atuando como potenciais promotores de crescimento e saúde, aumentando o desempenho produtivo dos animais e consequentemente aumento da qualidade dos produtos de origem animal, devido a melhoria das propriedades da ração (WINDISCH et al., 2008).

Os compostos bioativos contidos nesses aditivos possuem funções distintas, também conhecidos como alimentos funcionais, pois além de possuir seus efeitos nutricionais, podem atingir de maneira positiva outras funções no organismos, melhorando tanto a saúde, quanto o bem-estar desses animais, diminuindo os riscos de enfermidades e, como são apresentados na forma de alimentos comuns, podem ser consumidos em dietas convencionais (OLIVEIRA et al., 2002).

## ■ O USO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são obtidos de extratos vegetais, que são denominados como “preparações concentradas, de diversas consistências possíveis, que passaram ou não por tratamento prévio (inativação enzimática, moagem, etc.) e preparadas por processos envolvendo um solvente” (EXTRATOS VEGETAIS, 2010), sendo formado por uma mistura complexa de compostos lipofílicos voláteis (TEIXEIRA et al., 2013), presentes em muitos tecidos vegetais, onde a principal função é proteger a planta contra as bactérias e parasitas (JANCZYK et al., 2009).

Os óleos essenciais se destacam por possuírem uma boa disponibilidade, sendo produzidos em larga escala para fins terapêuticos e culinários, possuem boa biodegradabilidade, ocasionando um menor impacto ao meio ambiente e a saúde humana, além de possuírem baixa toxicidade (KALEMBA e KUNICKA, 2003).

Esses óleos são extraídos principalmente pelo processo de destilação a vapor (WINDISCH et al., 2008), seus constituintes, conhecidos como metabólitos secundários, incluem hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples, fenóis, aldeídos, cetonas, ésteres e ácidos orgânicos, podendo ser encontrados em diferentes concentrações nas plantas e possuindo geralmente um composto farmacologicamente ativo majoritário (BONA et al., 2012). Tais compostos, cuja ação farmacológica é conhecida, são responsáveis pela ação terapêutica do produto final, sendo denominados como princípios ativos das plantas (FERNANDES et al., 2015).

Um mesmo princípio ativo pode ser encontrado em diferentes espécies de plantas, em concentrações distintas (BONA et al., 2012). Diversos fatores podem modificar a concentração dos princípios ativos e, consequentemente, a ação dos óleos essenciais nas dietas,





como a parte da planta utilizada, época de colheita, origem geográfica, método de extração, espécie, estágio de desenvolvimento da planta, fatores ecológicos, condições climáticas e principalmente a forma como esse princípio é metabolizado e o nível de inclusão do mesmo na dieta (BARRETO et al., 2008; WINDISCH et al., 2008; MATHÉ, 2009).

Uma vantagem na utilização dos óleos essenciais é facilidade de manipulação e inclusão do mesmo em dietas, de forma semelhante a outros ingredientes da ração, sendo sua principal desvantagem a fácil volatilidade (OUWEHAND et al., 2010). Com isso, pode ser usado nas indústrias alimentícia e farmacêutica, devido as suas características benéficas como promotor de crescimento, estimulador da digestão e da microbiota intestinal e por possuir efeitos imunomoduladores, antioxidantes e antibacterianos, sendo capaz de ser um substituto aos antibióticos tradicionais (ZENG et al., 2015).

Uma função relacionada ao uso dos óleos essenciais é com relação a morfometria intestinal (ZEPPENFELD et al., 2016). O intestino é um órgão que possui grande importância na produção animal, pois age na digestão e assimilação de nutrientes (VALLADÃO et al., 2017). Além disso, a integridade epitelial é importante para a prevenção de doenças infecciosas, agindo como uma barreira intestinal (NICHOLSON et al., 2012), favorecendo a proliferação de bactérias benéficas no intestino, como *Lactobacillus* e *Bifidobactéria*, que auxiliam no crescimento e maturação das vilosidades intestinais (MOHAMED, et al., 2014). O epitélio também funciona como uma barreira que evita a passagem de compostos nocivos para dentro do lúmen intestinal, como antígenos e outras toxinas (SUNDH e SUNDELL, 2015).

A suplementação com óleos essenciais pode aumentar as vilosidades do duodeno e do jejuno em frangos (CHOWDHURY et al., 2018), gerando uma maior área de absorção. O maior desenvolvimento do epitélio intestinal promove maior absorção de nutrientes e, conseqüentemente, melhor aproveitamento dos alimentos, aumentando os parâmetros de desempenho produtivo desses animais (MOHAMED, et al., 2014).

Trabalhos recentes realizados com jundiá (*Rhamdia quelen*) e tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) corroboram com a eficácia do uso de óleos essenciais desses aditivos no desenvolvimento do epitélio intestinal em peixes (ZEPPENFELD et al., 2016; VALLADÃO et al., 2017), porém mais estudos devem ser realizados para confirmar o efeito dos óleos essenciais, principalmente para peixes de água doce em ambientes salinizados, pois como o intestino está em contato direto com a água do ambiente, pode sofrer alterações morfológicas sob este tipo de desafio ambiental, comprometendo o processo digestivo (TRAN-NGOC et al., 2017).



## A UTILIZAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO NA PRODUÇÃO ANIMAL

A família Lamiaceae é formada por inúmeras espécies que sintetizam óleos essenciais, como alecrim (*Rosmarinus officinalis*), manjerição (*Ocimum basilicum*), tomilho (*Thymus vulgaris*) e orégano (*Origanum* sp.), contendo grande variedade de princípios ativos nesse grupo (LIMA e CARDOSO, 2013).

O *Origanum vulgare* é a espécie mais conhecida de orégano, nativa da região do mediterrâneo e hoje é uma das especiarias mais comercializadas e consumidas no mundo (LUKAS et al., 2015). Sendo muito cultivada no Brasil, com grande uso na culinária e também na medicina popular em função de sua ação digestiva (LORENZI e MATOS, 2008) sendo caracterizada por ser uma planta herbácea, bastante ramificada, perene e de hastes arroxeadas, atingindo de 30 a 50 cm de altura (COSTA, 2009).

O princípio ativo principal do OEO é o carvacrol, fenol não cristalizável, cujo teor varia geralmente de 40% a 70%, ainda apresentando concentrações consideráveis de timol, cineol, terpineno, canfeno, limoneno, felandreno, p-cimeno e cariofileno (LORENZI e MATOS, 2008). O carvacrol e o timol podem ser adicionados as dietas como compostos dos óleos essenciais ou individualmente extraídos do mesmo, sendo que, caso utilizados diretamente na água, o carvacrol e o timol podem agir como sedativo e anestésico e em altas dosagens o carvacrol pode se tornar tóxico (BIANCHINI et al., 2017).

Vários estudos envolvendo o uso do OEO já foram realizados em animais monogástricos destinados a produção, contudo, em alguns casos é difícil observar alguma melhoria nos parâmetros de crescimento, sendo dependente do tipo e origem do OEO utilizado, espécie e idade dos animais, entre outras condições.

Antes mesmo de serem iniciados experimentos com adição de OEO na área de aquicultura, já foram realizados testes em aves e suínos, na qual já foi demonstrado os efeitos positivos da adição do óleo na dieta como melhoradores de desempenho (FOTEA et al., 2009; ROOFCHAE et al., 2011; ROSSI e SOARES, 2013), digestibilidade (MITSCH et al., 2004; JANG et al., 2007) e imunidade (SANTURIO et al., 2007; TOGHYANI et al., 2010; DIAS et al., 2015) dos animais.

Por outro lado, alguns estudos não observaram efeitos no crescimento quando há a suplementação de OEO em dietas fornecidas para aves e suínos (FUKAYAMA et al., 2005; OETTING et al., 2006; BARRETO et al., 2008; SILVA et al., 2009; TSINAS et al., 2011), o que evidenciam a importância da realização de maiores estudos para verificar a real efetividade do OEO adicionado na dieta para essas espécies.

Alguns trabalhos realizados com peixes também mostraram algumas propriedades e benefícios da inclusão do OEO ou dos seus principais componentes nas dietas para



diferentes espécies, sejam como melhoradores de desempenho e digestibilidade (AHMAD et al., 2009; AHMADIFAR et al., 2011; GABOR et al., 2012; FERREIRA et al., 2014; EL-HAWARRY et al., 2018) e imunidade (ZHENG et al., 2009; RATTANACHAIKUNSOPON e PHUMKHACHORN, 2010; GIANNENAS et al., 2012; VOLPATTI et al., 2013; POURMOGHIM et al., 2015; MIZUNO et al., 2018) dos animais.

Porém, outros trabalhos encontrados na literatura não verificaram efeitos significativos na suplementação de OEO na dieta fornecida para espécies de peixes (CAMPAGNOLO et al., 2013; FRECCIA et al., 2014; KANASHIRO, 2015; YILMAZ et al., 2015; CARARO et al., 2017).

O desempenho produtivo e a saúde dos peixes estão diretamente relacionados as interações que ocorrem entre a microflora intestinal, a morfometria da mucosa gastrointestinal, os níveis bioquímicos do sangue e a absorção de nutrientes (SANTOS et al., 2009). Logo, esses diferentes resultados comprovam a importância da realização de estudos com o objetivo de avaliar a real efetividade da suplementação da dieta com OEO, que apresenta potencial para otimização do desempenho produtivo de espécies de interesse para a aquicultura, como no caso da tilápia do Nilo, cultivada em água salinizada.

## ■ REFERÊNCIAS

1. AHMAD, M.H.; EL-GAMAL, R.M.; HAZAA, M.M.; HASSAN, S.M.; EL ARABY, D.A. The use of *Origanum vulgare* extract in practical diets as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings challenged with pathogenic *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas fluorescens*. The Egyptian Journal of Experimental Biology (Zoology), 5, 457-463, 2009.
2. AHMADIFAR, E.; FALAHATKAR, B.; AKRAMI, R. Effects of dietary thymolcarvacrol on growth performance, hematological parameters and tissue composition of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Applied Ichthyology. v. 1, n. 4, p.1-4, 2011.
3. BARLOW, G.W. The Cichlid Fishes: Nature's Grand Experiment in Evolution. Perseus Publishing. 335 pp, 2000.
4. BARRETO, M.S.R.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C.; PEREIRA, P.W.Z.; RIZZO, P.V. Plant extracts used as growth promoters in broilers. Revista Brasileira de Ciência Avícola, 10(2), 109-115, 2008.
5. BARROWS, F.T.; HARDY R.W. Feed additives. Encyclopedia of Aquaculture, pp. 335-340, Hoboken, NJ, 2000.
6. BAYSOY, E.; ATLI, G.; CANLI, M. The effects of salinity and salinity + metal (chromium and lead) exposure on atpase activity in the gill and intestine of tilapia *Oreochromis niloticus*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 64, 291-300, 2013.





7. BIANCHINI, A.E.; GARLET, Q.I.; DA CUNHA, J.A.; BANDEIRA JUNIOR, G.; BRUSQUE, I.C.M.; SALBEGO, J.; HEINZMANN, B.M.; BALDISSEROTTO, B. Monoterpenoids (thymol, carvacrol and S-(+)-linalool) with anesthetic activity in silver catfish (*Rhamdia quelen*): evaluation of acetylcholinesterase and GABAergic activity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 50(12), 2017.
8. BONA, T.D.M.M.; PICKLER, L.; MIGLINO, L.B.; KURITZA, L.N.; VASCONCELOS, S.P.; SANTIN, E. Óleo essencial de orégano, alecrim, canela e extrato de pimenta no controle de *Salmonella*, *Eimeria* e *Clostridium* em frangos de corte. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(5), 411-418, 2012.
9. CAMPAGNOLO, R.; FRECCIA, A.; BERGMANN, R.R.; MEURER, F.; BOMBARDELLI, R.A. Óleos essenciais na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14(3), 2013.
10. CARARO, L.M.; SADO, R.Y.; MUELBERT, B.; DE BORBA, M.R. Evaluation of oregano essential oil as a growth promoter and resistance stimulator against *Ichthyophthirius multifiliis* (Protozoa, Ciliophora) in silver catfish juveniles, *Rhamdia sp.* (Siluriformes, Heptapteridae). *Semina: Ciências Agrárias*, 38(6), 3871-3885, 2017.
11. CARNEIRO, D.O.; FIGUEIREDO, H.C.P.; PEREIRA JUNIOR, D.J.; LEAL, C.A.G.; LOGATO, P.V.R. Perfil de susceptibilidade a antimicrobianos de bactérias isoladas em diferentes sistemas de cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 59, n. 4, p. 869-876, 2007.
12. CATALAN, A.A.S.; GOPINGER, E.; LOPES, D.C.N.; GONÇALVES, F.M.; ROLL, A.A.P.; XAVIER, E.G.; AVILA V.S.; ROLL, V.F.B. Aditivos fitogênicos na nutrição animal: *Panax ginseng*. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 107(581-582), 15-21, 2012.
13. CHOWDHURY, S.; MANDAL, G.P.; PATRA, A.K.; KUMAR, P.; SAMANTA, I.; PRADHAN, S.; SAMANTA, A.K. Different essential oils in diets of broiler chickens: 2. Gut microbes and morphology, immune response, and some blood profile and antioxidant enzymes. *Animal Feed Science and Technology*, 236, 39-47, 2018.
14. CNAANI, A.; HULATA, G. Improving Salinity Tolerance in Tilapias: Past Experience and Future Prospects. *The Israeli Journal of Aquaculture*, v.63, p.1-21, 2010.
15. COSTA, A.C. Atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Origanum vulgare* L. e *Cinnamomum zeylanicum* B. contra bactérias multirresistentes. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba, 98p. 2009.
16. DE AZEVEDO, R.V.; DOS SANTOS-COSTA, K.; DE OLIVEIRA, K.F.; FLORES-LOPES, F.; TEIXEIRA-LANNA, E.A.; TAVARES-BRAGA, L.G. Responses of Nile tilapia to different levels of water salinity. *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 43, 2015.
17. DIAS, G.E.A.; DE CARVALHO, B.O.; GOMES, A.V.C.; MEDEIROS, P.T.C.; SOUSA, F.D.R.; DE SOUZA, M.M.S.; DE LIMA, C.A.R. Óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) na dieta de frangos de corte como equilibrador da microbiota intestinal. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v.37, n.1, p.108-114, 2015.
18. DILER, O.; GORMEZ, O.; DILER, I.; METIN, S. Effect of oregano (*Origanum onites* L.) essential oil on growth, lysozyme and antioxidant activity and resistance against *Lactococcus garvieae* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture nutrition*, 23(4), 844-851, 2017.



19. EC. Regulation (EC) No. 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. Official Journal of the European Union, L268, 29–42, 2003.
20. EL-HAWARRY, W.N.; MOHAMED, R.A.; IBRAHIM, S.A. Collaborating effects of rearing density and oregano oil supplementation on growth, behavioral and stress response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The Egyptian Journal of Aquatic Research, 44(2), 173-178, 2018.
21. EL-SAYED, A.M. Tilapia Culture. CABI Publishing, Massachusetts, USA, 2006a.
22. EL-SAYED, A.M. Tilapia culture in salt water: environmental requirements, nutritional implication and economic potentials. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium internacional de Nutrición Acuícola. 15-17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México, 2006b.
23. ERTAS, O.N.; GÜLER, T.; ÇİFTÇİ, M.; DALKILIÇ, B.; SIMSEK, U.G. The effect of an essential oil mix derived from Oregano, Clove and Anise on broiler performance. International Journal of Poultry Science, v. 4 n. 11, p. 879-884, 2005.
24. EXTRATOS VEGETAIS. Food Ingredients Brasil. n.11, 2010.
25. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 (SOFIA): Meeting the sustainable development goals, Rome. Food and Agriculture Organization, 227 p., 2018.
26. FERKET, P.R.; SANTOS, A.A.; OVIEDO-RONDÓN, E.O. Dietary Factors that Affect Gut Health and Pathogen Colonization. 32<sup>nd</sup> Annual Carolina Poultry Nutrition Conference. Sheraton Imperial Hotel, RTP, NC. October 27, 2005.
27. FERNANDES, R.T.V.; DE ARRUDA, A.M.V.; OLIVEIRA, V.R.M.; DE QUEIROZ, J.P.A.F.; MELO, A.S.; DIAS, F.K.D.; MARINHO, J.B.M.; SOUZA, R.F.; SOUZA, A.O.V.; DOS SANTOS FILHO, C.A. Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. PUBVET, 9, 502-557, 2015.
28. FERREIRA, P.M.; CALDAS, D.W.; SALARO, A.L.; SARTORI, S.S.; OLIVEIRA, J.M.; CARDOSO, A.J.; ZUANON, J.A. Intestinal and liver morphometry of the Yellow Tail Tetra (*Astyanax altiparanae*) fed with oregano oil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 88(2), 911-922, 2016.
29. FERREIRA, P.M.F.; NASCIMENTO, L.S.; DIAS, D.C.; MOREIRA, D.M.V.; SALARO, A.L.; DE FREITAS, M.B.D. Essential oregano oil as agrowth promoter for the yellowtail tetra, *Astyanax altiparanae*. Journal of the World Aquaculture Society 45:28–34, 2014.
30. FOTEA, L.; COSTĂCHESCU, E.; HOHA, G.; LEONTE, D. The effect of oregano essential oil (*Origanum vulgare* L.) on broiler performance. Journal Lucrări Științifice, v. 53, p. 253 – 256, 2009.
31. FRECCIA, A.; SOUSA, S.M.D.N.; MEURER, F.; BUTZGE, A.J.; MEWES, J.K.; BOMBARDELLI, R.A. Essential oils in the initial phase of broodstock diets of Nile tilapia. Revista Brasileira de Zootecnia, 43(1), 1-7, 2014.
32. FUKAYAMA, E.H; BERTECHINI, A.G.; GERALDO, A.; KATO, R.K.; MURGAS, L.D.S. Extrato de orégano como aditivo em rações para frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, 2316-2326, 2005.

33. FÜLBER, V.M.; MENDEZ, L.D.V.; BRACCINI, G.L.; BARRERO, N.M.L.; DIGMEYER, M.; RIBEIRO, R.P. Desempenho comparativo de três linhagens de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em diferentes densidades de estocagem. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31(2), 2009.
34. FURUYA, W.M. Tabelas brasileiras para nutrição das Tilápias. Toledo: GFM, 100p, 2010.
35. GABOR, E.F.; ŞARA, A.; BENŢEA, M.; CREŢA, C.; BACIU, A. The effect of phytoadditive combination and growth performances and meat quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 45(2), 43-47, 2012.
36. GARCIA, F.; ROMERA, D.M.; GOZI, K.S.; ONAKA, E.M.; FONSECA, F.S.; SCHALCH, S.H.C.; CANDEIRA, P.G.; GUERRA, L.O.M.; CARMO, F.J.; CARNEIRO, D.J.; MARTINS, M.I.E.G.; PORTELLA, M.C. Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. *Aquaculture*, 410, 51-56, 2013.
37. GIANNENAS, I.; TRIANTAFILLOU, E.; STAVRAKAKIS, S.; MARGARONI, M.; MAVRIDIS, S.; STEINER, T.; KARAGOUNI, E. Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 350, 26-32, 2012.
38. GIANNENAS, I.; TSALIE, E.; CHRONIS, E.; MAVRIDIS, S.; TONTIS, D.; KYRIAZAKIS, I. Consumption of *Agaricus bisporus* mushroom affects the performance, intestinal microflora composition and morphology, and antioxidant status of turkey poults. *Animal Feed Science and Technology*, 165, 218-229, 2011.
39. HARIKRISHNAN, R.; BALASUNDARAM, C.; HEO, M.S. Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture*, v.317, n.1-4, p.1-15, 2011.
40. HONG, J.C.; STEINER, T.; AUFY, A.; LIEN, T.F. Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. *Livestock Science*, 144(3), 253-262, 2012.
41. IBGE. Produção da Pecuária municipal, Rio de Janeiro, v. 44, 2016.
42. IGHWELA, K.A.; AHMAD, A.B; ABOL-MUNAFI, A.B. The selection of viscerosomatic and hepatosomatic indices for the measurement and analysis of *Oreochromis niloticus* condition fed with varying dietary maltose levels. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 1, 18-20, 2014.
43. JANCZYK, P.; PIEPER, R.; URUBSCHUROV, V. Research article: investigations on the effects of dietary essential oils and different husbandry conditions on the gut ecology in piglets after weaning. *International Journal of Microbiology*, 2009.
44. JANG, I.S.; KO, Y.H.; KANG, S.Y.; LEE, C.Y. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, v. 134, p. 304-315, 2007.
45. JEFFERY, K.R.; STONE, D.; FEIST, S.W.; VERNER-JEFFREYS, W. An outbreak of disease caused by *Francisella* sp. in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* at a recirculation fish farm in the UK. *Diseases of Aquatic Organisms*, v.91, p.161-165, 2010.
46. JUNIOR, B.; PAULA, A.; AZEVEDO, C.M.D.S.B.; HENRY-SILVA, G.G. Polyculture of Nile tilapia and shrimp at different stocking densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41 n.7, p.1561-1569, 2012.

47. KALEMBA, D.; KUNICKA, A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*. v. 10, n. 10, p. 813-829, 2003.
48. KANASHIRO, M.Y. Avaliação do óleo de orégano em dietas para lambarisdo-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) em diferentes densidades de estocagens. Dissertação (mestrado em Biologia Animal), Departamento de Biologia Animal – UFV, Viçosa, 54 p., 2015.
49. KÜLTZ, D. Physiological mechanisms used by fish to cope with salinity stress. *The Journal of Experimental Biology*, 218, 1907–1914, 2015.
50. LEMARIÉ, G.; BAROILLER, J.F.; CLOTA, F.; LAZARD, J.; DOSDAT, A. A simple test to estimate the salinity resistance of fish with specific application to *O. niloticus* and *S. melanotheron*. *Aquaculture*, v.240, n.1, p.575-587, 2004.
51. LEMOS, C.H.P.; RIBEIRO, C.V.D.M.; DE OLIVEIRA, C.P.B.; COUTO, R.D.; COPATTI, C.E. Effects of interaction between pH and stocking density on the growth, haematological and biochemical responses of Nile tilapia juveniles. *Aquaculture*, 495: 62-67, 2018.
52. LI, Z.; LUI, E.Y.; WILSON, J.M.; IP, Y.K.; LIN, Q.; LAM, T.J.; LAM, S.H. Expression of key ion transporters in the gill and esophageal-gastrointestinal tract of euryhaline Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* acclimated to fresh water, seawater and hypersaline water. *PLOS ONE*, vol. 9, e87591, 2014.
53. LIKONGWE, J.S.; STECKO, T.D.; STAUFFER JR., J.R.; CARLINE, R.F. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture*, 146:37-46, 1996.
54. LIMA, R.K.; CARDOSO, M.G. Família Lamiaceae: Importantes Óleos Essenciais com Ação Biológica e Antioxidante. *Revista Fitos*, v. 3, n. 03, p. 14-24, 2013.
55. LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. Plantas medicinais no Brasil: exóticas e cultivadas. 2. ed. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 364 p., 2008.
56. LUKAS, B.; SCHMIDERER, C.; NOVAK, J. Essential oil diversity of European *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae). *Phytochemistry*, 119, 32-40, 2015.
57. MAINARDES-PINTO, C.S.R.; VERANI, J.R.; ANTONIUTTI, D.M.; STEMPNIEWSKI, H.L. Estudo comparativo do crescimento de machos de *Oreochromis niloticus* em diferentes períodos de cultivo. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.16 p.19-27, 1989.
58. MÀTHÉ, A.K.O.S. Essential oils–biochemistry, production and utilisation. *Phytogenics in Animal Nutrition. Natural Concepts to Optimize Gut Health and Performance*, 1-18, 2009.
59. DE MELO, A.R.; STIPP, N.A.F. A Piscicultura em cativeiro como alternativa econômica para as áreas rurais. *GEOGRAFIA (Londrina)*, 10(2), 175-193, 2001.
60. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Aprovar o regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. *Diário Oficial da União*, Instrução normativa n.º 13, de 1 de dezembro de 2004.
61. MITSCH, P.; ZITTERL-EGLSEER, K.; KÖHLER, B.; GABLER, C.; LOSA, R.; ZIMPERNIK, I. The effect of two different blends of essential oil components on the proliferation of *Clostridium perfringens* in the intestines of broilers chickens. *Poultry Science*, v. 83, p. 669-675, 2004.

62. MOHAMED, M.A.; EL-DALY, E.F.; EL-AZEEM, N.A.A.; YOUSSEF, A.W.; HASSAN, H.M.A. Growth performance and histological changes in ileum and immune related organs of broilers fed organic acids or antibiotic growth promoter. *International Journal of Poultry Science*, 13(10), 602–610, 2014.
63. MIZUNO, S.; URAWA, S.; MIYAMOTO, M.; HATAKEYAMA, M.; SASAKI, Y.; KOIDE, N.; TADA, S.; UEDA, H. Effects of dietary supplementation with oregano essential oil on prevention of the ectoparasitic protozoans *Ichthyobodo salmonis* and *Trichodina truttae* in juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Journal of fish biology*, 93(3), 528-539, 2018.
64. NICHOLSON, J.K.; HOLMES, E.; KINROSS, J.; BURCELIN, R.; GIBSON, G.; JIA, W.; PETTERSSON, S. Host-gut microbiota metabolic interactions. *Science*, 336(6086), 1262–1267, 2012.
65. OETTING, L.L.; UTIYAMA, C.E.; GIANI, P.A.; RUIZ, U.S.; MIYADA, V.S. Efeitos de extratos vegetais e antimicrobianos sobre a digestibilidade aparente, o desempenho, a morfometria dos órgãos e a histologia intestinal de leitões recém-desmamados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 4, p. 1389-1397, 2006.
66. OLIVEIRA, E.G.; SANTOS, F.D.S. Piscicultura e os desafios de produzir em regiões com escassez de água. Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso. *Ciência Animal*, v. 25, n. 1, p. 133-154, 2015.
67. OUWEHAND, A.C.; TIIHONEN, K.; KETTUNEN, H.; PEURANEN, S.; SCHULZE, H.; RAUTONEN, N. In vitro effects of essential oils on potential pathogens and beneficial members of the normal microbiota. *Veterinari Medicina*, 55(2), 71-78, 2010.
68. PEIXE BR - Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário Peixe BR da Piscicultura 2019, 148 p., 2019.
69. PENG, M.; XU, W.; AI, Q.; MAI, K.; LIUFU, Z.; ZHANG, K. Effects of nucleotide supplementation on growth, immune responses and intestinal morphology in juvenile turbot fed diets with graded levels of soybean meal (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 392, 51-58, 2013.
70. PEREIRA, D.S.P.; GUERRA-SANTOS, B.; LUIZ, E.; MOREIRA, T.; ALBINATI, R.C.B.; CARIBÉ, M.C. Parâmetros hematológicos e histológicos de Tilápia do Nilo em resposta ao desafio de diferentes níveis de salinidade. *Boletim Instituto de Pesca, São Paulo*, 42(3), 635-647, 2016.
71. PERIĆ, L.; ŽIKIĆ, D.; LUKIĆ, M. Application of alternative growth promoters in broiler production. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25, 387-397, 2009.
72. PILLAY, T.V.R.; KUTTY, M.N. *Aquaculture: principles and practices*. (2nd edition). Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 575 pp, 2005.
73. POURMOGHIM, H.; HAGHIGHI, M.; ROHANI, M.S. Effect of dietary inclusion of *Origanum vulgare* extract on non-specific immune responses and hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4, 33-39, 2015.
74. RATTANACHAIKUNSOPON, P.; PHUMKHACHORN, P. Assessment of synergistic efficacy of carvacrol and cymene against *Edwardsiella tarda* in vitro and in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *African Journal of Microbiology Research*, v. 4, n.5, p. 420-425, 2010.

75. OLIVEIRA, M.N.; SIVIERI, K.; ALEGRO, J.H.A.; SAAD, S.M.I. Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 38(1), 1-21, 2002.
76. ROOFCHAE, A.; IRANI, M.; EBRAHIMZADEH, M.A.; AKBARI, M.R. Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 32, p. 6177-6183, 2011.
77. ROSSI, C.A.R.; SOARES, M. Índices produtivos de fêmeas suínas alimentadas com dietas de gestação e lactação suplementadas com óleos essenciais de orégano e alecrim: avaliação de leitegadas. *Ciência Rural*, 43(11), 2013.
78. SÁNCHEZ-MUROS, M.J.; SÁNCHEZ, B.; BARROSO, F.G.; GARCÍA-MESA, S.; RUFINO-PALOMARES, E.E.; LUPIÁÑEZ, J.A.; SANZ, A. Effects of culture densities on feed demand, behavioural tests and on the hepatic and cerebral oxidative status in tilapia (*Oreochromis* sp.). *Applied Animal Behaviour Science*, 185, 137-145, 2016.
79. SANTOS, E.L.; LUDKE, M.C.M.M.; LIMA, M.R. Extratos vegetais como aditivos em rações para peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, 6(1), 789-200, 2009.
80. SANTOS, L.; RAMOS, F. Antimicrobial resistance in aquaculture: current knowledge and alternatives to tackle the problem. *International Journal Of Antimicrobial Agents*, 2018.
81. SANTURIO, J.M.; SANTURIO, D.F.; POZZATTI, P.; MORAES, C.; FRANCHIN, P.R.; ALVES, S.H. Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de orégano, tomilho e canela frente a sorovares de *Salmonella enterica* de origem avícola. *Ciência Rural*, 37(3), 803-808, 2007.
82. SARY, C.; FRANCISCO, J.G.P.; DALLABONA, B.R.; DE MACEDO, R.E.F.; GANECO, L.N.; KIRSCHNIK, P.G. Influência da lavagem da carne mecanicamente separada de tilápia sobre a composição e aceitação de seus produtos. *Revista Acadêmica: Ciência Animal*, 7(4), 423-432, 2009.
83. SCORVO FILHO, J.D.S.; FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; ALVES, J.M.C.; SOUZA, F. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (Especial), 2010.
84. SHOEMAKER C.A.; KLESNIUS P.H.; EVANS J.J. Diseases of tilapia with emphasis on economically important pathogens. In: *Proceedings of the 5th International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Rio de Janeiro: ISTA, 2:565-572, 2000.
85. SILVA, M.A.D.; PESSOTTI, B.M.D.S.; ZANINI, S.F.; COLNAGO, G.L.; RODRIGUES, M.R.A.; NUNES, L.D.C.; ZANINI, M.S.; MARTINS, I.V.F. Intestinal mucosa structure of broiler chickens infected experimentally with *Eimeria tenella* and treated with essential oil of oregano. *Revista Ciência Rural*, v. 39, n. 5, p. 1471-1477, 2009.
86. SOUZA, L.F.A.; ARAÚJO, D.N.; ASTOLPHI, J.L.L.; DIAS, L.B.M.; AMBIEL, A.C.; SANTOS, L.S.; CARMO, A.J.; SILVA, P.C.G. Probiótico e antibiótico como promotores de crescimento para frangos de corte. *Colloquium Agrariae*, Vol. 6, No. 2, pp. 33-39, 2010.
87. SUNDH, H.; SUNDELL, K.S. Environmental impacts on fish mucosa. Academic Press, 171-197 pp, 2015.
88. SURESH, A.V.; LIN, C.K. Tilapia culture in saline waters: a review. *Aquaculture*, v.106, n.3-4, p.201-226, 1992.

89. SUTILI, F.J.; GATLIN III, D.M.; HEINZMANN, B.M.; BALDISSEROTTO, B. Plant essential oils as fish diet additives: benefits on fish health and stability in feed. *Reviews in Aquaculture*, 10(3), 716-726, 2017.
90. TEIXEIRA, B.; MARQUES, A.; RAMOS, C.; NENG, N.R.; NOGUEIRA, J.M.; SARAIVA, J.A.; NUNES, M.L. Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops and Products*, 43, 587-595, 2013.
91. TOGHYANI, M.; MOUSAVI, S.; MODARESI, M. Effect of water extract of marjoram (*Origanum Majorana* L.) as an alternative to antibiotic growth promoter on immunity and serum lipid profile of broiler chicks. 2nd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering, 2010.
92. TRAN-NGOC, K.T.; SCHRAMA, J.W.; LE, M.T.; NGUYEN, T.H.; ROEM, A.J.; VERRETH, J.A. Salinity and diet composition affect digestibility and intestinal morphology in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 469, 36-43, 2017.
93. TSINAS, A.; GIANNENAS, I.; VOIDAROU, C.; TZORA, A.; SKOUFOS, J. Effects of an oregano based dietary supplement on performance of broiler chickens experimentally infected with *Eimeria acervulina* and *Eimeria maxima*. *Japan Poultry Science*, v. 48, p. 194-200, 2011.
94. VALLADÃO, G.M.R.; GALLANI, S.U.; PALA, G.; JESUS, R.B.; KOTZENT, S.; COSTA, J.C.; SILVA, T.F.A.; PILARSKI, F. Practical diets with essential oils of plants activate the complement system and alter the intestinal morphology of Nile tilapia. *Aquaculture Research*, 48(11), 5640-5649, 2017.
95. VIDANARACHCHI, J.K.; MIKKELSEN, L.L.; SIMS, I.; IJI, P.A.; CHOCT, M. Phytobiotics: alternatives to antibiotic growth promoters in monogastric animal feeds. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, vol. 15, 131-144, 2005.
96. VOLPATTI, D.; CHIARA, B.; FRANCESCA T.; MARCO, G. Growth parameters, innate immune response and resistance to *Listonella* (*Vibrio*) *anguillarum* of *Dicentrarchus labrax* fed carvacrol supplemented diets. *Aquaculture Research* 45:31-44, 2013.
97. WINDISCH, W.; SCHEDULE, K.; PLITZNER, C.; KROISMAYR, A. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86, E140-E148, 2008.
98. YILMAZ, E.; ERGUN, S.; YILMAZ, S. Influence of carvacrol on the growth performance, hematological, non-specific immune and serum biochemistry parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food and Nutrition Sciences* 6: 523-531, 2015.
99. ZAVARIZE, K.C.; MENTEN, J.F.M.; TRALDI, A.B.; SANTAROSA, J.; DA SILVA, C.L.S. Utilização de glutamina na nutrição de monogástricos. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 105, 573-576, 2010.
100. ZENG, Z.; ZHANG, S.; WANG, H.; PIAO, X. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6:7, 2015.
101. ZEPPENFELD, C.C.; HERNÁNDEZ, D.R.; SANTINÓN, J.J.; HEINZMANN, B.M.; CUNHA, M.A.; SCHMIDT, D.; BALDISSEROTTO, B. Essential oil of *Aloysia triphylla* as feed additive promotes growth of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Aquaculture Nutrition*, 22(4), 933-940, 2016.
102. ZHENG, Z.I.; TAN, J.Y.W.; LIU, H.Y.; ZHOU, X.H.; XIANG, X.; WANG, K.Y. Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*. v.292, p.214-218, 2009.

# SOBRE AS ORGANIZADORAS

## **Rosemary Laís Galati**

Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1999) e doutorado em Zootecnia também pela mesma Instituição de ensino superior (2004). É docente no Departamento de Zootecnia e Extensão Rural pertencente à Faculdade de Agronomia e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso (Cuiabá/MT). Na graduação, ministra Bromatologia Zootécnica, Alimentos e Alimentação, Bases da Nutrição Animal e Tópicos Especiais: construindo o trabalho de conclusão. É colaboradora no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Análise e Avaliação de Alimentos para Animais. Na Pós-graduação, ministra as disciplinas Análise de Alimentos e Métodos Nutricionais em Ruminantes. Atua principalmente nos temas: bovinos, biodiesel, composição corporal, confinamento, coprodutos da agroindústria, impacto ambiental, síntese microbiana, produção de gases e técnicas in vitro e in situ de avaliação de alimentos.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3931401847742610>

## **Maria Fernanda Soares Queiroz**

Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, Mestrado e Doutorado em Produção Animal pela Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias na área de Nutrição e Alimentação de Ruminantes. É Professora Adjunta do Departamento de Zootecnia e Extensão Rural na área de Produção e Nutrição de Ruminantes da Universidade Federal do Mato Grosso, em Cuiabá. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Produção de Ruminantes, atuando principalmente em Manejo e Nutrição de Bovinos.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8068595140892825>

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

**Absorbente:** 14

**Adipogênese:** 128

**Algodão:** 98

**Alimentação:** 98

**Amazônia:** 5, 7, 72

**Amido:** 75, 76, 77

**Aquicultura:** 47, 80, 181, 183

## B

**Bovino:** 66, 67, 98, 174

## C

**Cactácea:** 59

**Cultivo:** 70, 165

**Cultivo in Vitro:** 165

## E

**Equações Exponenciais e Logísticas:** 165

**Esterco:** 59, 66, 67

## F

**Fisiologia:** 109, 114, 123, 124, 125, 126, 161

## G

**Glicose:** 75, 76, 77

## I

**Intensificação:** 82

## M

**Modelagem:** 165

## N

**Nutrição:** 52, 59, 95, 127, 138, 176

## O

**Ovo:** 110, 125

## P

**Parâmetros:** 50, 66, 67, 103, 195

**Pastejo:** 82

**Pecuária:** 29, 42, 82, 193

**Produção:** 57, 70, 71, 82, 84, 93, 94, 95, 96, 167, 176, 178, 181, 184, 185, 189, 191, 193

**Produtividade:** 50, 56, 94

## R

**Ração:** 37, 181

**Regulação:** 131, 148, 152

**Ruminantes:** 82, 178

## S

**Saúde:** 70, 93, 94, 95, 178, 181, 191

**Semiárido:** 59, 70

## T

**Toxicidade:** 98

**Toxina:** 14, 19, 20

**Trigo:** 75, 76, 77





follow us



[www.editoracientifica.org](http://www.editoracientifica.org)

[contato@editoracientifica.org](mailto:contato@editoracientifica.org)



ISBN 978-658982625-5



9

786589

826255

VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS



editora científica