



# LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na  
Alimentação Humana e Animal

João Pedro Velho  
Alessandro Dal'Col Lúcio  
(Organizadores)



# LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na  
Alimentação Humana e Animal

João Pedro Velho  
Alessandro Dal'Col Lúcio  
(Organizadores)

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaió – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Gírlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Perspectiva de produção e usos na alimentação humana e animal

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** João Pedro Velho  
Alessandro Dal'Col Lúcio

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

P467 Perspectiva de produção e usos na alimentação humana e animal / Organizadores João Pedro Velho, Alessandro Dal'Col Lúcio. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-205-7

DOI 10.22533/at.ed.057212106

1. Alimentação. 2. Linho. 3. Linhaça. 4. Saúde I. Velho, João Pedro (Organizador). II. Lúcio, Alessandro Dal'Col (Organizador). III. Título.

CDD 613.2

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é um alimento de origem vegetal rico em ácidos graxos do tipo ômega-3, com quantidades elevadas de fibras, proteínas e compostos fenólicos. A maior parte da produção de linhaça é destinada às indústrias de óleo, além de ser de uso alimentar humano e animal, medicinal, cosmético ou como fibra, principalmente em indústrias têxteis. Considerando as vantagens da utilização do grão de linhaça na alimentação humana, bem como na dieta dos animais domésticos de modo a aumentar a quantidade de alimentos ofertados para alimentação humana com propriedades biofuncionais relatadas nos artigos científicos, e a disponibilidade de recursos físicos no Brasil (áreas agricultáveis), pesquisadores das regiões Sul e Sudeste do Brasil constituíram o grupo de pesquisa denominado “Cadeia Produtiva da Linhaça” <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/592086> em 2020, com três linhas de pesquisa, objetivando estudar a cadeia produtiva da linhaça, estimular a produção e utilizá-la na alimentação humana e animal, de modo que a população humana (sociedade) possa usufruir dos benefícios nutricionais, além da geração de divisas. Este Grupo de Pesquisa é integrado por docentes vinculados à diversas instituições de ensino e pesquisa do Brasil, a saber: Universidade Federal de Santa Maria, Escola Estadual Técnica Celeste Gobbato, Universidade Estadual de Maringá, Universidade do Estado de Santa Catarina, Instituto Federal Farroupilha – Campus de São Vicente do Sul, Universidade Federal de Viçosa, Centro Universitário IDEAU, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Universidade Estadual de Ponta Grossa e Universidade Federal de Santa Catarina.

Durante o ano de 2020, foram realizadas reuniões periódicas por esse Grupo de Pesquisa, para tratar da possibilidade de promover um evento que congregasse especialistas no cultivo do linho e produção da linhaça, bem como na sua utilização na alimentação humana e animal.

Apoiado pelos Programas de Pós-Graduação em Agronomia, em Agronegócios, em Ciência e Tecnologia dos Alimentos e em Agronomia – Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria, e pelas instituições de ensino/pesquisa/extensão Escola Estadual Técnica Celeste Gobbato, Conselho Regional de Desenvolvimento Rio da Várzea - COREDE Rio da Várzea, Universidade Estadual de Maringá, Instituto Federal Farroupilha – Campus de São Vicente do Sul, Universidade do Estado de Santa Catarina, Universidade Federal de Viçosa, Centro Universitário IDEAU – Campus de Getúlio Vargas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Universidade Estadual de Ponta Grossa e Universidade Federal de Santa Catarina, com financiamento pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, foi realizado em março de 2021 o I Workshop Sobre a Cadeia Produtiva da Linhaça. Os objetivos do evento foram compreender e estimular o desenvolvimento da Cadeia Produtiva da Linhaça no Brasil;

discutir os benefícios dos compostos bioativos presentes na linhaça e possibilitar a troca de informações técnico-científicas entre acadêmicos de ensino profissionalizante, de graduação e pós-graduação nas áreas das Ciências Agrárias, Ciências da Saúde e Ciências Sociais Aplicadas, para os profissionais, produtores e aqueles que estão envolvidos com a cadeia produtiva da linhaça.

Assim, os temas apresentados pelos pesquisadores convidados para o evento técnico-científico, juntamente com suas respectivas equipes de pesquisa, foram compilados e organizados para comporem esta obra, que tem o propósito de divulgar as informações nela contidas, contribuindo para o avanço no setor do agronegócio no qual o cultivo e produção da linhaça está inserida.

Alessandro Dal'Col Lúcio  
Diego Nicolau Follmann  
Tatiana Emanuelli  
Volmir Sergio Marchioro  
João Pedro Velho

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### HISTÓRICO, USOS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA LINHAÇA

Alessandro Dal'Col Lúcio

Diego Nicolau Follmann

Tatiana Emanuelli

Volmir Sergio Marchioro

João Pedro Velho

**DOI 10.22533/at.ed.0572121061**

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### EXPERIÊNCIAS COM O CULTIVO DE LINHAÇA EM SANTA CATARINA: ASPECTOS EDAFOCLIMÁTICOS E GENÉTICOS

Leosane Cristina Bosco

Carla Eloize Carducci

Ana Carolina da Costa Lara Fioreze

Letícia Salvi Kohn

Dislaine Becker

Ana Caroline Basniak Konkol

**DOI 10.22533/at.ed.0572121062**

### **CAPÍTULO 3..... 38**

#### LINHAÇA: COMPOSIÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E EFEITOS FISIOLÓGICOS NA SAÚDE HUMANA

Regiane Lopes de Sales

Alexandre Vinco Pimenta

Neuza Maria Brunoro Costa

**DOI 10.22533/at.ed.0572121063**

### **CAPÍTULO 4..... 63**

#### PROPRIEDADES FUNCIONAIS E FISIOLÓGICAS DA LINHAÇA

Rafaela de Carvalho Baptista

Roberto de Paula do Nascimento

Lívia Mateus Reguengo

Cibele Priscila Busch Furlan

Mário Roberto Maróstica Junior

**DOI 10.22533/at.ed.0572121064**

### **CAPÍTULO 5..... 95**

#### UTILIZAÇÃO DA LINHAÇA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS: REFLEXOS NA QUALIDADE DO LEITE E NA REPRODUÇÃO

Geraldo Tadeu dos Santos

Karoline de Lima Guimarães Yamana

Rodolpho Martin do Prado

Fabio Seiji dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.0572121065**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>122</b>
<b>EFEITO DA LINHAÇA SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS DO LEITE BOVINO</b>	
Francilaine Eloise de Marchi	
Luciano Soares de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0572121066</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>140</b>

## EFEITO DA LINHAÇA SOBRE OS COMPOSTOS BÍOATIVOS DO LEITE BOVINO

Data de aceite: 18/05/2021

Data de submissão: 10/05/2021

### Francilaine Eloise de Marchi

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento de Zootecnia  
Maringá – PR  
<http://lattes.cnpq.br/5076999101640094>

### Luciano Soares de Lima

Universidade Federal de Minas Gerais,  
Departamento de Zootecnia  
Belo Horizonte – MG  
<http://lattes.cnpq.br/7128418542444512>

## 1 | INTRODUÇÃO

A linhaça (*Linum usitatissimum*) é uma planta cultivada desde a antiguidade para obtenção das sementes, óleo e fibra. É originária da Índia, tem ciclo anual, inflorescência de coloração azul e produz pequenas sementes planas de coloração variando de amarelo dourado a marrom avermelhado. Atualmente é produzida em mais de 50 países, sendo o Cazaquistão o maior produtor de linhaça do mundo com uma produção de aproximadamente 1 milhão de toneladas, seguido da Rússia (659 mil t), Canadá (486 mil t) e China com 340 mil toneladas, enquanto o Brasil produz cerca de 3.772 toneladas (FAOSTAT, 2019).

Com o avanço no conhecimento científico

e de técnicas analíticas nas últimas décadas, alguns compostos presentes nos alimentos, além daqueles mais convencionais como minerais e vitaminas, têm chamado atenção quanto ao seu papel no metabolismo e manutenção da saúde humana e animal. Pesquisas têm demonstrado que alguns nutrientes, além de nutrir, atuam como adjuvantes na prevenção de doenças. Alimentos com tal propriedade são chamados de alimentos funcionais e/ou nutracêuticos. Mais recentemente, fazendo referência à compostos específicos nos alimentos, surgiu o termo compostos biativos. A linhaça é um desses alimentos, porque possui compostos específicos em suas frações lipídica e fibrosa, como ácidos graxos essenciais e lignanas, que desempenham papéis que vão além dos aspectos nutritivos convencionais.

Assim, esforços têm sido feitos com o propósito não somente de incorporar, mas também de potencializar os efeitos dos compostos biativos da linhaça na nutrição humana. Uma forma de alcançar este objetivo pode ser o enriquecimento de alimentos convencionais e que são consumidos em larga, como por exemplo o leite bovino. O leite é um alimento acessível e consumido diariamente pela maior parte da população mundial em todas as faixas etárias e classes sociais. Desta forma, o leite poderia ser um veículo para aumentar a ingestão dos compostos bioativos contidos na linhaça quando utilizada na alimentação de

vacas leiteiras (PETIT, 2009). Além disso, estudos demonstraram que a metabolização dos compostos bioativos da linhaça pelos microrganismos colonizadores do rúmen é capaz de produzir compostos com efeitos ainda maiores à saúde humana (CÔRTEZ, et al., 2008).

Este capítulo aborda os principais compostos bioativos da linhaça, bem como, os resultados de pesquisas com vacas leiteiras alimentadas com ingredientes oriundos da linhaça e transferência de tais compostos para o leite.

## 21 PRODUÇÃO DE LEITE ENRIQUECIDO COM ÁCIDOS GRAXOS POLI-INSATURADOS VIA FORNECIMENTO DE LINHAÇA

### 2.1 Principais características da gordura do leite

A gordura do leite é a fração nutricional que mais pode variar em concentração e em composição no leite bovino. Sua concentração e composição variam em função da raça, estágio da lactação, sanidade da glândula mamária e principalmente em função dos componentes da dieta. Entretanto, em média o leite bovino possui 3,5% de gordura e é formada por aproximadamente 98% de triglicerídeos, ou seja, moléculas de ácidos graxos ligados a glicerol, e 2% de diacilgliceróis, colesterol e fosfolipídios. Dos triglicerídeos cerca de 76% são formados por ácidos graxos saturados (AGS) e 23% por ácidos graxos insaturados (AGI). Dentre os ácidos graxos saturados a maior parte é constituída pelo ácido palmítico (36%, C16:0) e, dentre os AGI o mais abundante é o ácido oleico (17%, C18:1 n9c) (O'CALLAGHAN, et al., 2019).

Os triglicerídeos do leite são provenientes da *síntese de novo*, que acontece nas células da glândula mamária, dos triglicerídeos ingeridos na dieta e dos mobilizados das reservas corporais. Então, em resumo, pode-se dizer que a gordura do leite tem origem do plasma sanguíneo e da *síntese de novo*. A *síntese de novo* na glândula mamária dá origem principalmente aos ácidos graxos saturados de cadeia curta (AGCC, C4 a C14) e metade dos ácidos graxos de cadeia média com 16 C (AGCM, C15 a C17) e usa como principais precursores o acetato e beta-hidroxibutirato provenientes da fermentação ruminal (O'CALLAGHAN, et al., 2019; BAUMAN & GRIINARI, 2003). Os ácidos graxos de cadeia longa (AGCL; C18 a C24) e parte dos ácidos graxos com 16 carbonos são provenientes da dieta e da mobilização da gordura corporal (BAUMAN & GRIINARI, 2003). A proporção dos AGCC, AGCM e AGCL é aproximadamente 30%, 42% e 30%, respectivamente (O'CALLAGHAN, et al., 2019).

Segundo recomendações da Organização Mundial da Saúde a ingestão diária de gordura deve representar no máximo 30% do total da energia da dieta, ainda a ingestão de gordura saturada deve ser no máximo 10% do total da energia ingerida, para gordura poli-insaturada 11% e 78% para monoinsaturada. Considerando que um adulto deve ingerir cerca de 2500 calorias por dia, que 1g de gordura possui 9 calorias e o consumo médio de leite de 463 ml dia<sup>-1</sup> de leite, observado na população brasileira em 2019, a contribuição

da gordura do leite no consumo diário de energia é de aproximadamente 146 calorias (6%), sendo a porção de AGS responsável por 109 calorias ou 4%, apenas. Diante do exposto vemos que a contribuição do leite no consumo de AGS é baixa. E apesar do leite ser um alimento rico em nutrientes benéficos a saúde humana, por muito tempo ele foi mantido entre os principais alimentos que predispõe ao aumento do colesterol e doenças cardiovasculares, o que estaria relacionado ao seu teor de AGS principalmente aos ácidos graxos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0).

Além da baixa contribuição do leite no consumo de AGS, estudos mostram que as justificativas para manter o leite nessa lista são frágeis. Primeiro, parte desses estudos não suportam a associação entre biomarcadores da ingestão da gordura do leite com o risco de diabetes ou doenças cardiovasculares (KLEBER et al., 2016; LIANG, et al., 2018) e até indicam que o consumo de laticínios dentro dos padrões dietéticos normais está inversamente associado a esse risco (KRATZ, et al., 2013;) (THORNING et al., 2017). Em segundo, o risco de doenças cardiovasculares tem mostrado estar mais associado ao consumo de carboidratos simples, uma vez que a substituição dos AGS pela ingestão de carboidratos foi associada ao agravamento do risco de doenças cardiovasculares. Há recomendação para aumentar consumo de proteínas e AGI (SIRI-TARINO et al., 2015; PRAAGMAN et al., 2016). Por fim, o leite é fonte natural de ácidos graxos insaturados da família ômega 3, ômega 6 e fonte quase exclusiva fonte ácidos butirico (C4) e de ácidos linoleico conjugado (CLA), especialmente o ácido rumênico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11). Diante disso, esforços têm sido feitos para aumentar a concentração desses AGI no leite bovino. Uma das formas é incluir na dieta das vacas alimentos que aumentem o teor de AGI no leite, com é o caso da linhaça.

## 2.2 Ácidos graxos presentes no leite bovino com propriedades bioativas

Dentre os mais de 400 ácidos graxos, existem dezenas deles com propriedades bioativas e funções biológicas importantes e já conhecidas, assim seria inviável elencar todas aqui, então serão citados apenas exemplos.

O leite é a principal fonte de ácidos graxos de cadeia curta na dieta humana. Ácidos graxos de cadeia curta e média são mais facilmente digeridos e apresentam uma baixa tendência a serem armazenados no tecido adiposo, pois são fonte de energia primária rápida para células, também contribuem para a regulação da célula metabolismo e desempenham um papel importante na sinalização intracelular (SCHÖNFELD & WOJTCZAK, 2016). Especificamente o ácido butírico (C4:0) é a fonte primária de energia para as células do intestino e é importante para defesa da mucosa intestinal contra micro-organismos e substâncias patogênicas, uma vez que, estimula a produção de mucina. Atua ainda inibindo processos inflamatórios no cólon intestinal e previne câncer. Em média o ácido butírico representa 3 a 4% dos ácidos graxos do leite e é o AGCC mais importante nos produtos lácteos (BROSSILLON et al., 2018).

Os AGCM de maneira geral tem sido relacionado a redução da deposição de gordura no organismo, por serem termogênicos e estimularem a oxidação da gordura (NAGAO & YANAGITA, 2010). Pesquisas com ratos e humanos mostram que o ácido graxo C16:1n7 melhora a composição lipídica do sangue, aumenta a sensibilidade à insulina por inibir a apoptose das células beta do pâncreas e a deposição de gordura no fígado (MORGAN & DHAYAL, 2010; YANG et al., 2011) e ainda, uma associação inversa entre as concentrações de 15:0 e 17:0 no plasma humano e o risco de diabetes tipo 2 (PFEUFFER & JAUDSZUS, 2016; RISÉRUS & MARKLUND, 2017).

Ácidos graxos de cadeia ramificada são ácidos graxos saturados encontrados em abundância nas membranas celulares de bactérias e no leite originam do processo de digestão ruminal. Caracterizam-se por possuírem um grupo metil (CH<sub>3</sub>) em sua cadeia carbônica, e recebem nomenclatura *iso* ou *anteiso* em função da posição do grupo metil na molécula. Estes AG são encontrados no leite bovino em concentrações de aproximadamente 1,4 a 1,8% da gordura total (BROSSILLON et al., 2018) e tem mostrado induzir apoptose em células de câncer de mama humano, o crescimento de tumores e linfomas (WONGTANGTINTHARN et al., 2004; CAI et al., 2013).

Dentre os AGCL o ácido oleico (C18:1 n9), ácido linoleico (LA, C18:2 n6), ácido gama-linolênico (C18:3 n6), ácido alfa-linolênico (C18:3 n3), ácido araquidônico (C20:4 n6), ácido eicosapentaenóico (EPA; C20:5 n3) e ácido docosapentaenóico (DHA; C22:6 n3) são os mais conhecidos. O ácido oleico é um AGCL, monoinsaturado e o segundo AG mais abundante no leite, representando 19-24% da gordura total (SALES-CAMPOS et al., 2013). Ele é sintetizado principalmente no tecido adiposo dos ruminantes e tem origem da dieta. Sua atividade fisiológica no organismo está relacionada a efeitos positivos na saúde, apresentando propriedades antiaterogênicas (SALES-CAMPOS et al., 2013). Ácidos graxos com cadeia carbônica maior e com mais insaturações não ocorrem naturalmente nos mamíferos por falta de sistemas enzimáticos, presente apenas nos vegetais e bactérias. Dessa forma, os mamíferos não conseguem sintetizar o ácido linoléico e linolênico, que são precursores de outros compostos importantes (EPA, DHA) e, por esse motivo precisam ser ingeridos na dieta, sendo são chamados de ácido graxos essenciais. Os ácidos graxos da família ômega 3 (n3) tem mostrado importante ação na prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes, redução de quadros inflamatórios e doenças neurológicas (KRIS-ETHERTON et al., 2019).

Apesar da sigla CLA compreender um grupo de isômeros do ácido linoléico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12), comumente a sigla é usada para fazer referência ao isômero C18:2 *cis*-9, *trans*-11, também chamado de ácido rumênico. Isso se deve ao fato da maioria dos efeitos biológicos dos CLA serem associados a esse isômero, seguido do C18:2 *trans*-10, *cis*-12, embora outros CLA também mostrem atividades benéficas. Os CLA são sintetizados no tecido adiposo e glândula mamária de ruminantes, pela ação de uma enzima chamada delta-9-dessaturase que converte ácido vacênico (C18:1 *trans*-11), proveniente da

fermentação ruminal, e em CLA. Ou pela parcial biohidrogenação ruminal do ácido linoléico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12).

A fonte de CLA na dieta humana é quase exclusivamente produtos de ruminantes com alto teor de gordura. O ácido rumênico é o mais importante na gordura do leite e é responsável por pelo menos 75% do total CLA (JUTZELER et al., 2010). Outros isômeros de CLA também estão naturalmente presentes em quantidades muito baixas, cerca de 0,01%-0,10% do total AG (SHINGFIELD et al., 2013). Desde a descoberta do potencial anticâncer do ácido rumênico (HA et al., 1987), milhares de estudos foram conduzidos nas três décadas subsequentes mostrando múltiplos efeitos bioativos. Existem mais de 5000 publicações relacionado ao CLA apenas entre os anos 2000 e 2018 (Web of Science), refletindo o grande interesse científico pôr essas moléculas. O C18:2 *trans*-10, *cis*-12 se mostra mais eficientemente metabolizável do que o ácido rumênico, pois suas ligações duplas são mais expostas e, como resultado, está relacionado a processos catabólicos de queima de gordura. Tanto *in vivo* quanto *in vitro* o CLA, ou ácido rumênico, tem atividade antitumoral, antiaterogênica, antidiabétogênica, bem como, os efeitos anti-obesidade e também de modulação do sistema imunológico reduzindo inflamações (CHURRUCA et al., 2009; VILADOMIU et al., 2016). O processo inflamatório precede muitas doenças, incluindo doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes, infecções virais ou câncer.

### 2.3 Ácidos graxos presentes na linhaça

A composição do grão de linhaça varia em função da variedade, estágio fisiológico de desenvolvimento e tratos culturais. De maneira geral, o grão possui aproximadamente 94% de matéria seca, 28-50% de óleo, 20-34% de proteína, 2-4% de matéria mineral e 25-30% de fibra (PETIT, 2010; KAJLA et al., 2015). O óleo de linhaça é composto por aproximadamente 98% de triacilglicerídeos e fosfolípidios e, se destaca por possuir em sua composição cerca de 12% de ácidos graxos saturados (AGS), 22% de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e 60% de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), sendo 55% dos AGPI representados pelo ácido alfa-linolênico, um ácido graxo essencial não sintetizado pelo organismo dos mamíferos (PETIT, 2010; ZANQUI et al., 2015). Os AGPI, especialmente, os ômega 3, têm ganhado importância ao longo dos anos em função da sua relação com prevenção de doenças cardiovasculares, colesterol, triglicérides, câncer de cólon, próstata e outros (SIMON et al., 2009; WEI, et al., 2018).

### 2.4 Efeitos do fornecimento de linhaça par vacas leiteiras sobre a composição de ácidos graxos no leite

No que se refere aos efeitos do fornecimento de linhaça a vacas leiteiras, observa-se que de maneira geral não há alteração na produção de leite e na ingestão de alimento, assim como afeta pouco produção de gordura. Entretanto, diminui a concentração de AGS na gordura do leite e aumenta consideravelmente a concentração de AGPI, principalmente

o teor de ômega 3. A intensidade da resposta mostra ser influenciada pela quantidade fornecida, forma de fornecimento e estágio de lactação. Ainda, resultados de pesquisas sugerem que a concentração de proteína da dieta pode estar positivamente relacionada a maior produção de leite durante o fornecimento de linhaça (PETIT, 2010).

A inclusão de 10 a 111 g kg<sup>-1</sup> de linhaça inteira na matéria seca (MS) da dieta de vacas em início da lactação, de maneira geral, tem mostrado não alterar de maneira significativa a produção e a concentração de gordura no leite de vacas (PETIT, 2002; PETIT & BENCHAAAR, 2007). Entretanto, houve redução de 12% no consumo de alimento e de 10% na produção de gordura (kg dia<sup>-1</sup>), sem haver alteração na produção de leite em vacas que receberam 14% linhaça inteira na MS da dieta, em comparação a vacas que não receberam (MARCHI, et al., 2015). Quanto ao perfil de ácidos graxos no leite desses animais, o fornecimento de 14% de linhaça inteira aumentou em 26% a concentração de AGMI, 36% de AGPI e 89% de ômega 3 e reduziu em 14% a concentração de AGS e 19% a de ômega 6. Ainda aumentou em 67% a concentração do ácido rumênico, 32% do ácido oleico e reduziu em 36% a concentração do ácido mirístico, 29% do palmítico e 29% do esteárico. O fornecimento de 9,7% de linhaça inteira a vacas no início da lactação não alterou o consumo de alimento e concentração de gordura no leite (%), porém aumentou a produção de leite e de gordura (kg dia<sup>-1</sup>) em 29% e 34%, respectivamente, quando comparado a vacas que não receberam linhaça. Quanto a composição da gordura do leite o fornecimento de linhaça mostrou reduzir a concentração de AGS, ácido mirístico e palmítico em 4,5%, 9% e 18% respectivamente. Mostrando aumentar em 90% a concentração de ômega 3, 29% a concentração de ácido oleico, 63% o ácido esteárico e não alterar a concentração de AGPI (PETIT et al., 2004). O fornecimento de 1% de linhaça inteira não influenciou o consumo de alimento e os teores de gordura do leite. Ainda promoveu o aumento de 17% na concentração do ácido rumênico, 21% do ácido oleico, 69% o ômega 3 e 22% na concentração de AGI, reduziu em 9% a concentração de AGS. Também reduziu a concentração dos ácidos mirístico, palmítico em 10% e 19% respectivamente, e aumentou o ácido esteárico em 29% (SOITA, et al., 2003).

Da mesma forma a inclusão de linhaça inteira na dieta no terço médio e final da lactação em níveis variando de 19 a 150 g kg<sup>-1</sup> da MS da dieta, em comparação a dietas sem linhaça, mostraram não alterar consumo, produção de leite e a gordura do leite (PETIT et al., 2009a; CAROPRESE et al., 2017). Entretanto, PETIT & GAGNON (2009), forneceram 50, 100 e 150 g kg<sup>-1</sup> de linhaça inteira a vacas no meio da lactação e observaram aumento na concentração (%) de gordura do leite de 14, 29 e 13%, respectivamente, em comparação ao leite de vacas que não receberam linhaça. O consumo de alimento, produção de leite não foram influenciados e a produção de gordura (kg dia<sup>-1</sup>) não foi alterada de maneira significativa. No perfil de ácidos graxos o fornecimento de 50 g kg<sup>-1</sup> de linhaça mostrou aumentar a concentração de AGMI em 4% e ômega 3 em 24%. O fornecimento de 150 g kg<sup>-1</sup> de linhaça inteira mostrou aumentar a concentração de AGMI em 27% e ômega 3 em 81%. Ainda houve uma redução de 19% e 30% na concentração dos ácidos mirístico, palmítico,

respectivamente, e aumento do ácido esteárico em 71%, sem alterar significativamente as concentrações de ácido rumênico e AGPI. O fornecimento de 65 g de linhaça inteira kg<sup>-1</sup> MS a vacas no terço médio da lactação não alterou produção de leite, mas aumentou em 22% a produção de gordura e o teor de gordura em 10%. Quanto a composição da gordura reduziu em 3% os AGS, aumentou em 10% os AGPI e em 135% a concentração do ácido rumênico. Dentre os AGMI aumentou em 6% a concentração de ácido oleico, ainda em 100% a concentração de CLA e 9% a concentração de ômega 3 (CAROPRESE, et al., 2010). A adição de 19 g de linhaça inteira kg<sup>-1</sup> MS não influenciou o consumo de alimento e produção de leite e, apesar de não alterar os teores de gordura, mostrou-se suficiente para melhorar a composição da gordura do leite, uma vez que, aumentou o teor de AGPI e AGMI em 8%, reduziu o teor de AGS em 5%, também do ácido mirístico e palmítico em 19 e 30%, respectivamente. Dentre os AGI aumentou o ácido oleico em 7%, o C18:2 trans-10, cis-12 em 50% e ômega 3 em 5% (CAROPRESE, et al., 2017).

O fornecimento de oleaginosas inteiras, devido a casca, tende a dificultar a utilização dos nutrientes pelos animais. Por outro lado, no caso dos ruminantes, o grão inteiro, se apresenta como uma forma de proteção contra a biohidrogenação dos AGPI pelas bactérias ruminais. Quando quebrado ou moído os nutrientes do grão podem ser mais rapidamente degradados no rúmen e os AGPI mais facilmente biohidrogenados. O processo de biohidrogenação acontece porque os AGPI são tóxicos a algumas bactérias ruminais, que então os convertem em AGS e, conseqüentemente, pode haver uma redução na transferência dos AGPI dos alimentos da dieta para o leite. Por outro lado, a quebra ou moagem pode contribuir para aumentar a disponibilidade dos AG para absorção intestinal e transferência ao leite, como resultado de uma taxa de passagem mais rápida para fora do rúmen, o que aumentaria as concentrações de AGPI no leite. Ainda pode haver a biohidrogenação parcial dos AGPI, o que no caso do ácido linoleico (ômega 6) dá origem ao ácido rumênico.

Assim, estudos que avaliaram a moagem da linhaça mostraram que o fornecimento de 100 e 120 g de linhaça moída kg<sup>-1</sup> MS na dieta de vacas, no terço médio de lactação não altera a produção e concentração da gordura do leite, a produção de leite e consumo de alimento (SILVA, et al., 2007; ISENBERG, et al., 2019), entretanto, melhora na composição da gordura. O fornecimento de 10% de linhaça moída reduziu em 12% a concentração de AGS, aumentou a concentração de AGI em 23%, de ácido rumênico em 4%, oleico em 34%, C18:2 trans-10, cis-12 em 100% e ômega 3 em 75%, quando comparado ao leite de vacas suplementadas com milho e farelo de soja (ISENBERG et al., 2019). O fornecimento de 120 g de linhaça moída kg<sup>-1</sup> MS aumentou a concentração de AGPI em 25%, ômega 3 em 34% e ácido rumênico em 35%; além de reduzir em 2% a concentração de AGS, e 5% a concentração do ácido esteárico, quando comparado ao de leite de vacas alimentadas com linhaça inteira (SILVA, et al., 2007). Já o fornecimento de 150 g de linhaça moída kg<sup>-1</sup> MS a vacas no meio da lactação reduziu em 5% e 6% o consumo de alimento e a produção

de leite, respectivamente. Entretanto, melhorou a composição do leite reduzindo o teor de AGS em 20%, do ácido mirístico em 40% e do ácido palmítico em 42%. A concentração de AGPI aumentou em 107%, bem como, a concentração de ômega 3 em 89%, ácido rumênico em 85% (RESENDE et al., 2015).

Estudos com o fornecimento de farelo de linhaça a vacas no terço médio de lactação mostram também não haver alteração na produção de leite, gordura e consumo de alimento, havendo melhoria na qualidade da gordura do leite. O fornecimento de 12% de farelo de linhaça não alterou a produção de leite, teores de gordura e não promoveu alterações importantes na composição dos ácidos graxos, porém, aumentou o consumo de alimento em 5% (LIMA et al., 2014). O mesmo estudo avaliou o fornecimento de 250g dia<sup>-1</sup> de óleo de linhaça e mostrou que o óleo protegido da degradação ruminal reduziu o consumo de alimento em 3% sem alterar a produção de leite e de gordura. O óleo melhorou a composição da gordura aumentando a concentração de ômega 3 em 91%, de AGPI em 232% saltando de 38g/100g de gordura para 126g/100g e reduziu AGS em 11%.

O fornecimento de 50 a 150 g de farelo de linhaça kg<sup>-1</sup> MS não alterou a produção de leite e teores de gordura, entretanto, o fornecimento de 150g de farelo kg<sup>-1</sup> MS aumentou em 5% o consumo de alimento quando comparado as vacas que não receberam (PETIT & GAGNON, 2009; SCHOGOR et al., 2013; DE MARCHI et al., 2017). A adição de 110 g kg<sup>-1</sup> de farelo de linhaça e de linhaça inteira não alteram o consumo, produção de leite e gordura, promovendo também poucas alterações na proporção dos ácidos graxos, sendo que o efeito mais evidenciado foi na concentração de ômega 3, onde tanto o farelo quanto a linhaça inteira promoveram aumento de 69%, em comparação aos animais que não receberam linhaça (PETIT et al., 2009a).

Um estudo (BENCHAAR et al., 2014) conduzido com vacas no terço médio de lactação, para avaliar a influência da proporção volumoso:concentrado (70:30 *versus* 30:70) na resposta do fornecimento de linhaça inteira (2 kg dia<sup>-1</sup>) ou do óleo (700 g dia<sup>-1</sup> - 30 g kg<sup>-1</sup> do total de MS ingerida), mostrou que independente da proporção volumoso:concentrado, o fornecimento de 700 g dia<sup>-1</sup> de óleo de linhaça aumentou em 11% o consumo de MS. Da mesma forma, aumentou a produção de leite em 7% e reduziu a concentração de gordura no leite em 9%, quando comparado ao fornecimento de linhaça inteira. Também independente da proporção volumoso:concentrado, o óleo de linhaça aumentou a concentração de AGI em 25% e do ácido rumênico em 133%, e resultou ainda em uma concentração 14% menor de AGS do que o fornecimento de linhaça inteira. Outros trabalhos (BROSSILLON et al., 2018; PI et al., 2016) usando 30 e 40 g de óleo de linhaça kg<sup>-1</sup> MS na dieta têm mostrado não alterar a ingestão de alimento, porém mostram melhor eficiência alimentar e melhoria na qualidade do leite. O fornecimento de 30 g de óleo de linhaça kg<sup>-1</sup> MS da dieta não alterou o consumo, mas aumentou a produção de leite kg<sup>-1</sup> de MS ingerida em 11%, sem alterar a produção e concentração de gordura do leite. O fornecimento do óleo aumentou ainda a concentração de AGPI em 24%, do ácido butírico em 3%, em 58% o ácido rumênico

e 26% o ômega 3, e reduziu AGS em 23% em comparação ao não fornecimento de óleo (BROSSILLON et al., 2018)

## **3.1 PRODUÇÃO DE LEITE ENRIQUECIDO EM LIGNANAS VIA FORNECIMENTO DE LINHAÇA**

### **3.1 As lignanas da linhaça**

O grão de linhaça, especialmente a porção fibrosa (casca), é rico em compostos fenólicos: ácidos fenólicos (ferúlico, clorogênico, gálico, cumárico), flavonoides (flavonas) e lignanas (seicosolaricireinol diglucosidase, lariciresinol, matairesinol). Entre estes, as lignanas são os mais abundantes e a linhaça é o alimento mais rico nestes compostos (9 e 30 mg g<sup>-1</sup>), podendo apresentar concentração de 75 a 800 vezes maior que em outras oleaginosas, cereais, leguminosas, frutas e vegetais (LIMA et al., 2014). Outros grupos de compostos fenólicos de menor importância como fenóis simples, cumarinas, isocumarinas, naftoquinonas, xantonas, estilbenos, antraquinonas, ligninas e taninos também estão presentes, porém em menor concentração.

As lignanas são estruturalmente caracterizadas pela presença de duas unidades fenilpropanóides. São também classificadas como fitoestrógenos por apresentarem estrutura similar ao estradiol e podem participar de uma série de funções biológicas, incluindo fraca atividade estrogênica e cardioprotetivas, e apresentam propriedades antiestrogênicas, antioxidantes, anti-inflamatórias e anticarcinogênicas.

A linhaça possui três tipos diferentes de lignanas, também chamadas de lignanas vegetais. São eles pinoresinol, patairesinol e secoisolariciresinol diglucosídeo (SDG). O SDG corresponde a cerca de 95% do total de lignanas na linhaça (THOMPSON, et al., 1991) e, por este motivo, as pesquisas são mais focadas no metabolismo e efeitos do SDG em estudos que envolvem linhaça.

### **3.2 O metabolismo de lignanas no organismo da vaca leiteira**

Após a ingestão, mesmo que por diferentes vias metabólicas, as três lignanas contidas no grão de linhaça são convertidas por microrganismos que colonizam o trato gastrointestinal em produto comum (Figura 1), enterolignana ou lignana mamífera, denominado de enterolactona. Em humanos e animais não-ruminantes este metabolismo ocorre, principalmente, no intestino grosso (THOMPSON et al., 1991). Desta forma, a absorção da enterolactona é menos eficiente porque é produzida nas porções finais do trato gastrointestinal. Diferentemente, em ruminantes tal conversão ocorre principalmente no ambiente ruminal (GAGNON et al., 2009) o que torna a enterolactona relativamente mais passível de absorção. Dada a grande variedade de microrganismos e a alta complexidade das inter-relações entre eles durante a fermentação ruminal, é muito difícil estabelecer com precisão todos os microrganismos e etapas envolvidos na conversão

de SDG em enterolactona, sendo ainda necessários muitos estudos para trazer mais clareza às bases fisiológicas deste processo em ruminantes. No entanto, alguns estudos já realizados apresentam informações que podem servir de direcionamento no entendimento do metabolismo ruminal de lignanas da linhaça. Por exemplo, SCHOGOR et al. (2014), observaram em estudo *in vivo* que bactérias do gênero *Prevotella* têm importante papel na conversão de SDG em SECO. Tal resultado foi corroborado por outro ensaio *in vitro* realizado pelos mesmos pesquisadores (SCHOGOR et al., 2014). Neste mesmo ensaio foi observado que as bactérias *Butyrivibrio fibrisolvens* e *Peptostreptococcus anaerobius* também apresentam atividade de conversão de SDG em SECO.

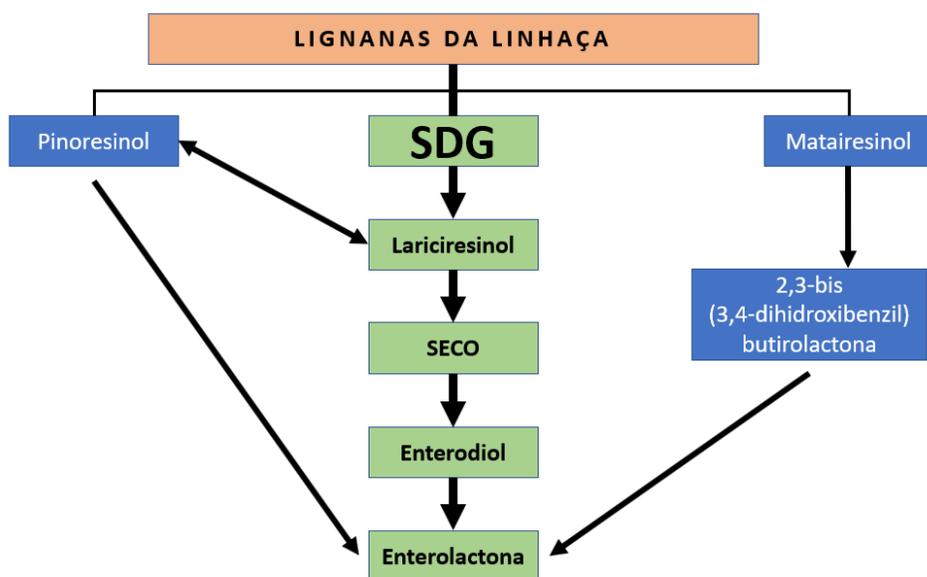


Figura 1. Vias metabólicas para a produção de enterolignanas a partir de lignanas da linhaça pelos microrganismos no intestino humano. SDG = secoisolariciresinol diglucosídeo; SECO = secoisolariciresinol. Adaptado de BRITO & ZANG (2018).

### 3.3 Efeitos do fornecimento de linhaça e seus produtos para vacas leiteiras sobre a composição de lignanas no leite

Em comparação a trabalhos que avaliam o efeito do fornecimento de linhaça sobre a composição da gordura do leite, há poucos trabalhos na literatura que tenham estudado a concentração de enterolactona no leite. Tais trabalhos foram coordenados, principalmente, por pesquisadores canadenses e abordam o uso do grão de linhaça integral e de produtos derivados como o farelo e a casca. A seguir são resumidos os principais resultados de tais estudos.

Visando avaliar os efeitos do fornecimento de grão de linhaça integral na ração de

vacas leiteiras, PETIT et al. (2009a), realizou um estudo incluindo 111 g de linhaça integral  $\text{kg}^{-1}$  MS da ração de vacas leiteiras no meio da lactação. Neste estudo, a ingestão de MS e a produção de leite não foram alteradas. No entanto, a concentração de enterolactona no leite observada para os animais que receberam o tratamento contendo linhaça foi quase três vezes maior em relação aos animais submetidos ao tratamento controle (18,33 vs. 6,60  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente). Em outro estudo (PETIT & GAGNON, 2009b) no qual foram avaliados os efeitos de níveis crescentes (0, 50, 100 e 150 g  $\text{kg}^{-1}$  de MS) de linhaça integral na ração total misturada de vacas leiteiras, foi observada tendência para aumento linear na concentração de enterolactona no leite sem alterações na ingestão de MS e produção de leite. Tais resultados sugerem que para aumentar a concentração de enterolactona no leite, o fornecimento de linhaça integral na alimentação de vacas leiteiras, até o nível de 150 g  $\text{kg}^{-1}$  MS, é eficaz.

O farelo de linhaça é o produto gerado durante o processo de extração do óleo e é utilizado como fonte de proteína na alimentação animal, especialmente na ração de ruminantes. Com a retirada do óleo, o farelo de linhaça apresenta concentração de lignanas relativamente maior que a do grão integral. Isto também desperta o interesse em seu potencial de transferência de lignanas para o leite quando utilizado na alimentação de vacas leiteiras. Com este propósito, a inclusão de 94 g de farelo de linhaça  $\text{kg}^{-1}$  MS de ração foi avaliada por PETIT et al. (2009a), no mesmo estudo em que a inclusão de grão integrais de linhaça foi estudada. Assim como para os grãos, o farelo de linhaça aumentou em quase três vezes a concentração de enterolactona no leite em relação ao tratamento controle (18,41 *versus* 6,60  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente) sem alterar a ingestão de MS e a produção de leite. No entanto, é importante destacar que não foram observadas diferenças entre o fornecimento do grão integral ou de farelo em relação à concentração de enterolactona no leite.

Também utilizando farelo de linhaça, LIMA et al. (2015) observaram um aumento de 5,5 vezes na concentração de enterolactona no leite de vacas suplementadas com 124 g de farelo de linhaça  $\text{kg}^{-1}$  de ração em comparação ao tratamento controle (244 *versus* 44,5 nM, respectivamente) sem modificar a produção de leite, mas com aumento na ingestão de MS. BRITO et al. (2015). também observaram aumento expressivo na concentração de enterolactona no leite de vacas alimentadas com farelo de linhaça (160 g  $\text{kg}^{-1}$  MS) sem modificação na ingestão de MS e na produção de leite. Estes autores observaram também que o perfil de carboidratos não estruturais da ração pode influenciar na concentração de enterolactona no leite. Neste estudo, o fornecimento de melão líquido teve um efeito aditivo sobre o efeito do farelo de linhaça na concentração de enterolactona no leite. Isto foi justificado pelos autores como sendo o produto de uma possível seleção, promovida pelo melão líquido, sobre os microrganismos do rúmen promovida em favor daqueles com maior capacidade de conversão de lignanas vegetais em enterolactona. Em outros dois estudos (SCHOGOR et al., 2017; PETIT & GAGNON, 2009b) realizados com vacas

alimentadas com diferentes níveis de farelo de linhaça na ração (0, 50, 100 e 150 g kg<sup>-1</sup> MS) foi observado aumento linear da concentração de enterolactona no leite em função dos tratamentos sem que a ingestão de MS e a produção de leite fossem modificadas.

Um outro estudo (GAGNON et al., 2009) foi desenvolvido para determinar o período necessário para obtenção do pico na concentração de enterolactona no leite de vacas alimentadas com farelo de linhaça (189,4 g kg<sup>-1</sup> MS) e o período de retorno aos níveis basais de enterolactona no leite quando as vacas retornam ao nível de ingestão baixo em SDG oriundo do farelo de linhaça. Neste estudo foi observado que a conversão de SDG em enterolactona e a transferência para a glândula mamária é estabelecida após uma semana de alimentação e que a concentração retorna a níveis basais (semelhante à concentração no leite de animais não suplementados com linhaça) após uma semana sem suplementação. É importante ressaltar que neste estudo também não foram observadas alterações na ingestão de MS (% do peso corporal) e na produção de leite.

A casca de linhaça (tegumento do grão) é um produto obtido industrialmente durante a separação dos cotilédones, geralmente, via método abrasivo e representa cerca de 27% do peso do grão maduro (HERCHI et al., 2014). Este produto tem muito potencial de utilização na produção de leite enriquecido com enterolactona por se tratar do componente que concentra a maior parte do SDG do grão (32 nmol.mg<sup>-1</sup> versus 9,2 nmol.mg<sup>-1</sup> no grão inteiro) (CÔRTEZ, et al., 2008). Em um estudo (CÔRTEZ et al., 2013) no qual a casca de linhaça foi incluída na proporção de 98,8 g kg<sup>-1</sup> MS na ração de vacas leiteiras, foi observado concentração de enterolactona no leite 3,25 vezes maior em relação ao grupo controle (0,078 versus 0,024 μmol L<sup>-1</sup>, respectivamente) sem mudança na ingestão de MS e produção de leite. Resultado semelhante foi observado em outro estudo (CÔRTEZ, et al., 2012) no qual 152 g de casca de linhaça<sup>-1</sup>kg MS foram fornecidos para vacas leiteiras que apresentaram 0,36 μmol de enterolactona L<sup>-1</sup> de leite enquanto as vacas alimentadas com a ração controle, apresentaram média de 0,06 μmol L<sup>-1</sup>. Em outro estudo (PETIT & GAGNON, 2011) realizado com vacas alimentadas com diferentes níveis de casca de linhaça na ração (0, 50, 100, 150 e 200 g kg<sup>-1</sup> MS) foi observado aumento linear na concentração de enterolactona no leite em função dos tratamentos sem alteração na ingestão de MS e produção de leite.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de práticas alimentares que propiciem a produção de leite naturalmente enriquecido por compostos bioativos deve ser alcançado sem que outros parâmetros (produção total de leite e concentração de gordura no leite) que são também de grande importância e que impactam na renda do produtor sejam prejudicados. Neste contexto, os estudos mostram que a linhaça é uma boa opção alimentar para vacas leiteiras.

Em relação à modificação da composição da gordura do leite (ácidos graxos com

propriedades biotivas), observa-se que, de maneira geral, o fornecimento de linhaça integral a partir de 19 g kg<sup>-1</sup> de MS da ração já apresenta efeitos positivos em relação à concentração de AGMI e AGPI. Efeitos mais pronunciados em relação à concentração de AGMI e AGPI, incluindo CLA, são observados a partir do fornecimento de 50 g de linhaça integral kg<sup>-1</sup> MS. Os estudos mostram que, em geral, até o nível de inclusão de 150 g de linhaça integral kg<sup>-1</sup> MS não há alteração significativa da ingestão de MS, produção de leite e concentração de gordura no leite. Quanto ao fornecimento do grão de linhaça moído, a inclusão até 120 g kg<sup>-1</sup> MS é o nível estudado que alia melhorias na composição da gordura do leite (AGMI, AGPI e CLA) e manutenção do nível de ingestão, produção de leite e concentração de gordura no leite.

Em relação à produção de leite naturalmente enriquecido em enterolactona, tanto a linhaça integral quanto o farelo e a casca são apresentados consistentemente nos estudos como meios de obtenção de tal produto sem que afetem a ingestão de MS, produção de leite e concentração de gordura no leite de vacas leiteiras. De maneira geral, um leite naturalmente enriquecido com enterolactona pode ser obtido com o fornecimento de até 150 g de linhaça integral kg<sup>-1</sup> MS, até 200 g de farelo de linhaça kg<sup>-1</sup> MS ou até 200 g de casca de linhaça kg<sup>-1</sup> MS sem que a ingestão de MS, a produção de leite ou a porcentagem de gordura sejam alterados significativamente. É importante também destacar que o efeito da linhaça e seus produtos na concentração de enterolactona no leite de vacas é linear positivo até os níveis aqui recomendados e que os animais precisam receber a linhaça ou seus produtos por uma semana até que os níveis de enterolactona sejam significativamente aumentados no leite.

## REFERÊNCIAS

- BAUMAN, D.E.; GRINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual review of nutrition**. v.23, p.203-227. 2003.
- BENCHAAR, C.; MCALLISTER, T.A.; PETIT, H.V.; CHOUINARD, P.Y. Whole flax seed and flax oil supplementation of dairy cows fed high-forage or high-concentrate diets: Effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, protozoal populations and milk fatty acid profile. **Animal Feed Science and Technology**. v.1, n.198, p.117-129. 2014.
- BRITO, A.F.; PETIT, H.V.; PEREIRA, A.B.; SODER, K.J.; ROSS, S. Interactions of corn meal or molasses with a soybean-sunflower meal mix or flaxseed meal on production, milk fatty acid composition, and nutrient utilization in dairy cows fed grass hay-based diets. **Journal of Dairy Science**. v.98, n.1, p.443-457. 2015.
- BRITO, A.F.; ZANG, Y. A Review of Lignan Metabolism, Milk Enterolactone Concentration, and Antioxidant Status of Dairy Cows Fed Flaxseed. **Molecules**. v.24, n.1, p.41. 2018.
- BROSSILLON, V.; REIS, S.F.; MOURA, D.C.; GALVÃO, J.G.B.; OLIVEIRA, A.S.; CÔRTEZ, C.; BRITO, A.F. Production, milk and plasma fatty acid profile, and nutrient utilization in Jersey cows fed flaxseed oil and corn grain with different particle size. **Journal of Dairy Science**. v.101, n.3, p.2127-2143. 2018.

- CAI, Q.; HUANG, H.; QIAN, D.; CHEN, K.; LUO, J.; TIAN, Y.; LIN, T.; LIN, T. 13-Methyltetradecanoic Acid Exhibits Anti-Tumor Activity on T-Cell Lymphomas In Vitro and In Vivo by Down-Regulating p-AKT and Activating Caspase-3. **PLoS ONE**. v.8, n.6, e65308. 2013
- CAROPRESE, M.; MANCINO, R.; CILIBERTI, M.G.; DI LUCCIA, A.; LA GATTA, B.; ALBENZIO, M. Fatty acid profile and coagulating ability of milk from Jersey and Friesian cows fed whole flaxseed. **Journal of Dairy Research**. v.84, n.1, p.14-22. 2017.
- CAROPRESE, M.; MARZANO, A.; MARINO, R.; GLIATTA, G.; MUSCIO, A.; SEVI, A. Flaxseed supplementation improves fatty acid profile of cow milk. **Journal of Dairy Science**. v.93, n.6, p.2580-2588. 2010.
- CHURRUCA, I.; FERNÁNDEZ-QUINTELA, A.; PORTILLO, M.P. Conjugated linoleic acid isomers: Differences in metabolism and biological effects. **Biofactors**. v.35, n.1, p.105-111. 2009.
- CÔRTEZ, C.; GAGNON, N.; BENCHAAAR, C.; SILVA, D.; SANTOS, G.T.; PETIT, H.V. In vitro metabolism of flax lignans by ruminal and faecal microbiota of dairy cows. **Journal of applied microbiology**. v.105, n.5, p.1585-1594. 2008.
- CÔRTEZ, C.; PALIN, M.F.; GAGNON, N.; BENCHAAAR, C.; LACASSE, P.; PETIT, H.V. Mammary gene expression and activity of antioxidant enzymes and concentration of the mammalian lignan enterolactone in milk and plasma of dairy cows fed flax lignans and infused with flax oil in the abomasum. **The British Journal of Nutrition**. v.108, n.8, p.1390-1398. 2012.
- CÔRTEZ, C.; SILVA-KAZAMA, D.; KAZAMA, R.; BENCHAAAR, C.; SANTOS, G.; ZEOULA, L.M.; GAGNON, N.; PETIT, H.V. Effects of abomasal infusion of flaxseed (*Linum usitatissimum*) oil on microbial  $\beta$ -glucuronidase activity and concentration of the mammalian lignan enterolactone in ruminal fluid, plasma, urine and milk of dairy cows. **British Journal of Nutrition**. v.109, n.3, p.433-440. 2013.
- DE MARCHI, F.E.; SANTOS, G.T.; PETIT, H.V.; BENCHAAAR, C. Oxidative status of dairy cows fed flax meal and infused with sunflower oil in the abomasum. **Animal Feed Science and Technology**. v.1, n.228, p.115-122. 2017.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO**, 1997. 2019. Disponível em: <<https://search.library.wisc.edu/catalog/999890171702121>>. Acesso em: 10 de fev. de 2021.
- GAGNON, N.; CÔRTEZ, C.; PETIT, H.V. Weekly excretion of the mammalian lignan enterolactone in milk of dairy cows fed flaxseed meal. **The Journal of dairy research**. v.76, n.4, p.455-458. 2009.
- GAGNON, N.; CÔRTEZ, C.; SILVA, D.; KAZAMA, R.; BENCHAAAR, C.; SANTOS, G.; ZEOULA, L.; PETIT, H.V. Ruminal metabolism of flaxseed (*Linum usitatissimum*) lignans to the mammalian lignan enterolactone and its concentration in ruminal fluid, plasma, urine and milk of dairy cows. **The British Journal of Nutrition**. v.102, n.7, p.1015-1023. 2009.
- HA, Y.L.; GRIMM, N.K.; PARIZA, M.W. Anticarcinogens from fried ground beef: Heat-altered derivatives of linoleic acid. **Carcinogenesis**. v.8, n.12, p.1881-1887. 1987.
- HERCHI, W.; AL HUJAILI, A.D.; SAKOUHI, F.; SEBEI, K.; TRABELSI, H.; KALLEL, H.; BOUKHCHINA, S. Flaxseed Hull: Chemical Composition and Antioxidant Activity during Development. **Journal of Oleo Science**. v.63, n.7, p.681-689. 2014.

ISENBERG, B.J.; SODER, K.J.; PEREIRA, A.B.D.; STANDISH, R.; BRITO, A.F. Production, milk fatty acid profile, and nutrient utilization in grazing dairy cows supplemented with ground flaxseed. **Journal of Dairy Science**. v.102, n.2, p.1294-1311. 2019.

JUTZELER, V.A.N.; WIJLEN, R.P.; COLOMBANI, P.C. Grass-based ruminant production methods and human bioconversion of vaccenic acid with estimations of maximal dietary intake of conjugated linoleic acids. **International Dairy Journal**. v.20, p.433-48. 2010.

KAJLA, P.; SHARMA, A.; SOOD, D.R. Flaxseed-a potential functional food source. **Journal of Food Science and Technology**. v52, n.4, p.1857-1871. 2015.

KLEBER, M.E.; DELGADO, G.E.; LORKOWSKI, S.; MÄRZ, W.; VON SCHACKY, C. Trans -fatty acids and mortality in patients referred for coronary angiography: the Ludwigshafen Risk and Cardiovascular Health Study. **European Heart Journal**. v.37, n.13, p.1072-1078. 2016.

KRATZ, M.; BAARS, T.; GUYENET, S. The relationship between high-fat dairy consumption and obesity, cardiovascular, and metabolic disease [Internet]. Vol. 52, **European Journal of Nutrition**. v.52, n.1, p.1-24. 2013.

KRIS-ETHERTON, P.M.; RICHTER, C.K.; BOWEN, K.J.; SKULAS-RAY, A.C.; JACKSON, K.H.; PETERSEN, K.S.; HARRIS, W.S. Recent Clinical Trials Shed New Light on the Cardiovascular Benefits of Omega-3 Fatty Acids. **Methodist DeBakey cardiovascular Journal**. v.15, n.3, p.171-178. 2019.

LIANG, J.; ZHOU, Q.; KWAME AMAKYE, W.; SU, Y.; ZHANG, Z. Biomarkers of dairy fat intake and risk of cardiovascular disease: A systematic review and meta analysis of prospective studies. **Crit. Ver. Food Sci. Nutr**. v.58, n.7, p.1122-1130. 2018.

LIMA, L.S.; PALIN, M.F.; SANTOS, G.T.; BENCHAAR, C.; LIMA, L.C.R.; CHOUINARD, P.Y.; LIMA, L.C.R.; PETIT, H.V. Effect of flax meal on the production performance and oxidative status of dairy cows infused with flax oil in the abomasum. **Livestock Science**. v.170, p.53-62. 2014.

MARCHI, F.E.; PALIN, M.F.; SANTOS, G.T.; LIMA, L.S.; BENCHAAR, C.; PETIT, H.V. Flax meal supplementation on the activity of antioxidant enzymes and the expression of oxidative stress- and lipogenic-related genes in dairy cows infused with sunflower oil in the abomasum. **Animal Feed Science and Technology**. v.199, p. 41-50. 2015.

MORGAN, N.G.; DHAYAL, S. Unsaturated fatty acids as cytoprotective agents in the pancreatic B-cell. **Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids**. v.82, n.4-6, p.231-236. 2010.

NAGAO, K.; YANAGITA, T. Medium-chain fatty acids: Functional lipids for the prevention and treatment of the metabolic syndrome. **Pharmacological Research**. v.61, n.3, p.208-212. 2010.

O'CALLAGHAN, T.F.; MANNION, D.; APOPEI, D.; MCCARTHY, N.A.; HOGAN, S.A.; KILCAWLEY, K.N.; EGAN, M. Influence of Supplemental Feed Choice for Pasture-Based Cows on the Fatty Acid and Volatile Profile of Milk. **Foods**. v.8, n.4, p.137. 2019.

PETIT, H.V. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. **Journal of Dairy Science**. v.85, n.6, p.1482-1490. 2002.

PETIT, H.V. Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxseed. **Canadian Journal of Animal Science**. v.90, n.2, p.115-127. 2010.

PETIT, H.V.; Antioxidants and dairy production: the example of flax. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, s.1, p.352-61. 2009.

PETIT, H.V.; BENCHAAAR, C. Milk production, milk composition, blood composition, and conception rate of transition dairy cows fed different profiles of fatty acids. **Canadian Journal of Animal Science**. v.87, n.4, p.591-600. 2007.

PETIT, H.V.; GAGNON, N. Concentration of the mammalian lignans enterolactone and enterodiol in milk of cows fed diets containing different concentrations of whole flaxseed. **Animal**. v.3, n.10, p.1428-1435. 2009b.

PETIT, H.V.; GAGNON, N. Milk concentrations of the mammalian lignans enterolactone and enterodiol, milk production, and whole tract digestibility of dairy cows fed diets containing different concentrations of flaxseed meal. **Animal Feed Science and Technology**. v.152, n.1-2, p.103-111. 2009a.

PETIT, H.V.; GAGNON, N. Production performance and milk composition of dairy cows fed different concentrations of flax hulls. **Animal Feed Science and Technology**. v.169, n.1-2, p.4652. 2011.

PETIT, H.V.; GAGNON, N.; MIR, P.S.; CAO, R.; CUI, S. Milk concentration of the mammalian lignan enterolactone, milk production, milk fatty acid profile, and digestibility in dairy cows fed diets containing whole flaxseed or flaxseed meal. **The Journal of dairy research**. v.76, n.3, p.257-264. 2009.

PETIT, H.V.; GERMIQUET, C.; LEBEL, D. Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition, and prostaglandin secretion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.87, n.11, 3889-3898. 2004.

PFEUFFER, M.; JAUDSZUS, A. Pentadecanoic and heptadecanoic acids: Multifaceted odd-chain fatty acids. **Advances in Nutrition**. v.7, n.4, p.730-734. 2016.

PI, Y.; GAO, S.T.; MA, L.; ZHU, Y.X.; WANG, J.Q.; ZHANG, J.M.; XU, J.C.; BU, D.P. Effectiveness of rubber seed oil and flaxseed oil to enhance the  $\alpha$ -linolenic acid content in milk from dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.99, n.7, p.5719-5730. 2016.

PRAAGMAN, J.; BEULENS, J.W.J.; ALSSEMA, M.; ZOOCK, P.L.; WANDERS, A.J.; SLUIJS, I.; SCHOUW, Y.T.V.D. The association between dietary saturated fatty acids and ischemic heart disease depends on the type and source of fatty acid in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Netherlands cohort. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.103, n.2, p.356-365. 2016.

RESENDE, T.L.; KRAFT, J.; SODER, K.J.; PEREIRA, A.B.D.; WOITSCHACH, D.E.; REIS, R.B.; BRITO, A.F. Incremental amounts of ground flaxseed decrease milk yield but increase n-3 fatty acids and conjugated linoleic acids in dairy cows fed high-forage diets. **Journal of Dairy Science**. v.98, n.7, p.4785-4799. 2015.

RISÉRUS, U.; MARKLUND, M. Milk fat biomarkers and cardiometabolic disease. **Current Opinion in Lipidology**. v.28, n.1, p.45-5. 2017.

SALES-CAMPOS, H.; SOUZA, P.R.; PEGHINI, B.C.; SILVA, J.S.; CARDOSO, C.R. An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. **Mini reviews in medicinal chemistry**. v.13, n.2, p.201-210. 2013.

SCHOGOR, A.L.; HUWS, S.A.; SANTOS, G.T.; SCOLLAN, N.D.; HAUCK, B.D.; WINTERS, A.L.; KIM, E.J.; PETIT, H.V. Ruminant *Prevotella* spp. may play an important role in the conversion of plant lignans into human health beneficial antioxidants. **PLoS One**. v.9, n.4, e87949. 2014.

SCHOGOR, A.L.B.; PALIN, M.F.; SANTOS, G.T.; BENCHAAAR, C.; LACASSE, P.; PETIT, H.V. Mammary gene expression and activity of antioxidant enzymes and oxidative indicators in the blood, milk, mammary tissue and ruminal fluid of dairy cows fed flax meal. **The British Journal of Nutrition**. v.110, n.10, p.1743-1750. 2013.

SCHOGOR, A.L.B.; PALIN, M.F.; SANTOS, G.T.; BENCHAAAR, C.; PETIT, H.V.  $\beta$ -glucuronidase activity and enterolactone concentration in ruminal fluid, plasma, urine, and milk of Holstein cows fed increased levels of flax (*Linum usitatissimum*) meal. **Animal Feed Science and Technology**. n.223, p.23-29. 2017.

SCHÖNFELD, P.; WOJTCZAK, L. Short- and medium-chain fatty acids in energy metabolism: The cellular perspective. **Journal of Lipid Research**. v.57, n.6, p.943-954. 2016.

SHINGFIELD, K.J.; BONNET, M.; SCOLLAN, N.D. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. **Animal**. v.7 s.1, p.132-162. 2013.

SILVA, D.C.; SANTOS, G.T.; BRANCO, A.F.; DAMASCENO, J.C.; KAZAMA, R.; MATSUSHITA, M.; HORST, J.A.; SANTOS, W.B.R.; PETIT, H.V. Production performance and milk composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed with or without monensin. **Journal of Dairy Science**. v.90, n.6, p.2928-2936. 2007.

SIMON, J.A.; CHEN, Y.H.; BENT, S. The relation of  $\alpha$ -linolenic acid to the risk of prostate cancer: A systematic review and meta-analysis. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.89, n.5, p.1558-1564. 2009.

SIRI-TARINO, P.W.; CHIU, S.; BERGERON, N.; KRAUSS, R.M. Saturated Fats Versus Polyunsaturated Fats Versus Carbohydrates for Cardiovascular Disease Prevention and Treatment. **Annual Review of Nutrition**. v.35, p.517-543. 2015.

SOITA, H.W.; MEIER, J.A.; FEHR, M.; YU, P.; CHRISTENSEN, D.A.; MCKINON, J.J.; MUSTAFA, A.F. Effects of flaxseed supplementation on milk production, milk fatty acid composition and nutrient utilization by lactating dairy cows. **Arch. Tierernahr**. v.57, n.2, p.107-116. 2003.

THOMPSON, L.U.; ROBB, P.; SERRAINO, M.; CHEUNG, F. Mammalian Lignan Production From Various Foods. **Nutrition and Cancer**. v.16, n.1, p.43-52. 1991.

THORNING, T.K.; BERTRAM, H.C.; BONJOUR, J.P.; GROOT, L.; DUPONT, D.; FEENEY, E.; IPSEN, R.; LECERF, J.M.; MACKIE, A.; MCKINLEY, M.C.; MICHALSKI, M.C.; RÉMOND, D.; RISÉBUS, U.; SOEDAMAH-MUTHU, S.S.; THOLSTRUP, T.; WEAVER, C.; ASTRUP, A.; GIVENS, I. Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: Current evidence and knowledge gaps. **American Journal of Clinical Nutrition** v.105, n.5, p.1033-1045. 2017.

VILADOMIU, M.; HONTECILLAS, R.; BASSAGANYA-RIERA, J. Modulation of inflammation and immunity by dietary conjugated linoleic acid. **European Journal of Pharmacology**. v.785, p.87-95. 2016.

WEI J, HOU R, XI Y, KOWALSKI A, WANG T, YU Z, HU, Y.; CHANDRASEKAR, E.K.; SUN, H.; ALI, M.K. The association and dose-response relationship between dietary intake of  $\alpha$ -linolenic acid and risk of CHD: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. **British Journal of Nutrition**. v.119, n.1, p.83-89. 2018.

WONGTANGTINTHARN, S.; OKU, H.; IWASAKI, H.; TODA, T. Effect of branched-chain fatty acids on fatty acid biosynthesis of human breast cancer cells. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**. v.50, n.2, p.137-143. 2004.

YANG, Z.H.; MIYAHARA, H.; HATANAKA, A. Chronic administration of palmitoleic acid reduces insulin resistance and hepatic lipid accumulation in KK-Ay Mice with genetic type 2 diabetes. **Lipids in Health and Disease**. v.10, p.120. 2011.

ZANQUI, A.B.; MORAIS, D.R.; SILVA, C.M.; SANTOS, J.M.; GOMES, S.T.M.; VISENTAINER, J.V.; EBERLIN, M.N.; CARDOZO-FILHO, L.; MATSUSHITA, M. Subcritical extraction of flaxseed oil with n-propane: Composition and purity. **Food Chemistry**. v.188, p.452-458. 2015.

## SOBRE OS ORGANIZADORES

**JOÃO PEDRO VELHO** - Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria (2003). Mestre (2005) e Doutor em Zootecnia (2009) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É Professor Associado II no Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Palmeira das Missões. Atua no Curso de Graduação em Zootecnia, UFSM/PM, e é docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Nutrição e Alimentação Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: produção animal, consumo, metanálise, sistematização científica, silagem e produção forrageira.

**ALESSANDRO DAL'COL LÚCIO** - Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (1994), mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (1997), doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) [Jaboticabal] pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1999) e pós-doutorado no Instituto Politécnico de Bragança [Portugal] (2015). É professor titular do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria. Atua no Curso de Graduação em Agronomia da UFSM, é docente permanente junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFSM e é líder do grupo de pesquisa Experimentação registrado no CNPq. Atualmente é associado e ocupa o cargo de Conselheiro da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria - RBRAS, é membro da The International Biometric Society, da Associação Brasileira de Horticultura - ABH e da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC. Editor de área (Estatística), nas revistas científicas Ciência Rural, Brazilian Journal of Biometrics, Sigmae e Revista Brasileira de Fruticultura. Integrante da Comissão de consultores da área de Ciências Agrárias I da CAPES, participando da avaliação de acompanhamento de Programas de Pós-graduação, na avaliação APCN e no Prêmio CAPES de Teses. Tem experiência na área de Probabilidade e Estatística, com ênfase em Experimentação Agrícola, atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento de experimentos, precisão experimental, ambiente protegido, amostragem, regressão não-linear e variabilidade.



# LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na  
Alimentação Humana e Animal

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na  
Alimentação Humana e Animal

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)