

CARLOS ALEXANDRE **OELKE**
ORGANIZADOR



ZOOTECNIA

NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO ANIMAL



editora científica

Carlos Alexandre Oelke

Organizador

ZOOTECNIA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO ANIMAL

1ª Edição

2020



editora científica

Copyright© 2020 por Editora Científica Digital

Copyright da Edição © 2020 Editora Científica Digital

Copyright do Texto © 2020 Os Autores



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

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

Z87 Zootecnia [recurso eletrônico] : nutrição e produção animal /
Organizador Carlos Alexandre Oelke. – Guarujá, SP: Científica
Digital, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87196-42-8

DOI 10.37885/978-65-87196-42-8

1. Zootecnia. 2. Nutrição. 3. Produção animal. I. Oelke, Carlos
Alexandre.

CDD 636

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download e compartilhamento desde que os créditos sejam atribuídos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.



editora científica

EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil

www.editoracientifica.org - contato@editoracientifica.org



editora científica

CORPO EDITORIAL

Editor Chefe

Reinaldo Cardoso

Editor Executivo

João Batista Quintela

Editor Científico

Prof. Dr. Robson José de Oliveira

Assistentes Editoriais

Elielson Ramos Jr.

Érica Braga Freire

Erick Braga Freire

Bianca Moreira

Sandra Cardoso

Arte e Diagramação

Andrewick França

Bruno Gogolla

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior - CRB6/2422

Jurídico

Dr. Alandelon Cardoso Lima - OAB/SP-307852

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Robson José de Oliveira - Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro - Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Ernane Rosa Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin - FSG Centro Universitário

Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke - Universidade Federal do Pampa

Prof. Me. Domingos Bombo Damião - Universidade Agostinho Neto, Angola

Prof. Dr. Edilson Coelho Sampaio - Universidade da Amazônia

Prof. Dr. Elson Ferreira Costa - Universidade do Estado Do Pará

Prof. Me. Reinaldo Eduardo da Silva Sale - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Patrício Francisco da Silva - Faculdade Pitágoras de Imperatriz

Prof. Me. Hudson Wallença Oliveira e Sousa - Instituto Nordeste de Educação Superior e Pós-Graduação

Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro - Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof^a. Dr^a. Dalízia Amaral Cruz - Universidade Federal do Pará

Prof^a. Ma. Susana Martins Jorge - Ferreira - Universidade de Évora, Portugal

Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves - Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Erival Gonçalves Prata - Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Gevair Campos - Faculdade CNEC Unai

Prof. Esp. Flávio Aparecido de Almeida - Faculdade Unida de Vitória

Prof. Me. Mauro Vinicius Dutra Girão - Centro Universitário Inta

Prof. Esp. Clóvis Luciano Giacomet - Universidade Federal do Amapá

Prof^a. Dr^a. Giovanna Faria de Moraes - Universidade Federal de Uberlândia

Prof^a. Dr^a. Jocasta Lerner - Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho - Universidade Federal do Pará

Prof. Esp. Dennis Soares Leite - Universidade de São Paulo

Prof^a. Dr^a. Silvani Verruck - Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Me. Osvaldo Contador Junior - Faculdade de Tecnologia de Jahu

Prof^a. Dr^a. Claudia Maria Rinhel Silva - Universidade Paulista

Prof^a. Dr^a. Silvana Lima Vieira - Universidade do Estado da Bahia

Prof^a. Dr^a. Cristina Berger Fadel - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a. Ma. Graciete Barros Silva - Universidade Estadual de Roraima

Prof. Dr. Carlos Roberto de Lima - Universidade Federal de Campina Grande

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Júlio Ribeiro - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista - Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado

Prof. Dr. Cristiano Souza Marins - Universidade Federal Fluminense

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva - Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória

Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr - Faculdades Integradas de Taquara

Prof. Me. Silvio Almeida Junior - Universidade de Franca

Prof^a. Ma. Juliana Campos Pinheiro - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Raimundo Nonato F. do Nascimento - Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Iramirton Figuerêdo Moreira - Universidade federal de Alagoas

Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago - Faculdade de Ciências Administrativas e Contábeis de Atibaia

Prof^a. Dra. Gracielle Teodora da Costa Pinto Coelho - Centro Universitário de Sete Lagoas

Prof^a. Ma. Vera Lúcia Ferreira - Centro Universitário de Sete Lagoas

Prof^a. Ma. Glória Maria de França - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof^a. Dra. Carla da Silva Sousa - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01 11

ANÁLISE EXPLORATÓRIA, CONCEITUAL E METODOLÓGICA DO USO DE META-ANÁLISE APLICADA ÀS CIÊNCIAS ANIMAIS

Girlene Cordeiro de Lima Santos; Severino Gonzaga Neto; Leilson Rocha Bezerra; Ariosvaldo Nunes de Medeiros

CAPÍTULO 02 25

APLICABILIDADE NA MODELAGEM MATEMÁTICA PARA COMPREENDER E MELHORAR O PROCESSO DE PELETIZAÇÃO DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS

Bruna Schroeder; Ines Andretta; Marcos Kipper

CAPÍTULO 03 42

AValiação MICROBIOLÓGICA DE SILAGEM DE MILHO

Thalyson Guirra Eneias; Nauany de Ataides Fernandes Silva; Karolyne Moura Nascimento; Wesley Espindula de Santana; Guilherme Soares Filho; Eder Marques; Frederico Lopes da Silva

CAPÍTULO 04 53

BIOMETRIA *IN VIVO* DE CORDEIROS CORRIEDALE SUBMETIDOS OU NÃO A RESTRIÇÃO ALIMENTAR

Andressa Ana Martins; Ana Maria Osorio Dias; Anderson Bortoluzzi Moro; Juliene da Silva Rosa; William Soares Teixeira; Juliano Henriques da Motta; Aliei Maria Menegon; Rafael Sanches Venturini; Robson Rodrigues Simões

CAPÍTULO 05 62

CORRELAÇÃO ENTRE MONOLIGNÓIDES E A DIGESTIBILIDADE DO CAPIM MARANDU FERTILIZADO COM ESTERCO DE POEDEIRAS, INCORPORADO OU NÃO AO SOLO

Gracielle Caroline Mari; Ulysses Cecato; Wanderley Dantas dos Santos; Ana Paula Ferro; Murilo Donizeti do Carmo; Diogo Rodrigues da Silva; Renan Sanches; Vinicius Valim Pereira; Bruno Lala

CAPÍTULO 06 80

DESAFIO PARA OTIMIZAR O USO DE MÃO-DE-OBRA NA MATERNIDADE SEM COMPROMETER A LUCRATIVIDADE

Paulo Eduardo Bennemannn; José Francisco Manta Bragança; Alexandre Tonin; Márcio Gonçalves

SUMÁRIO

CAPÍTULO 07 96

DESEMPENHO E MORFOMETRIA DE ÓRGÃOS DIGESTÓRIOS DE FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL SUPLEMENTADOS COM COMPLEXO AMINOÁCIDO-VITAMÍNICO NA ÁGUA DE BEBIDA

Genilson Bezerra de Carvalho; Julyana Machado da Silva Martins; Lindolfo Dorcino dos Santos Neto; Fernanda Vieira Castejon; Pedro Moraes Rezende; Raiana Almeida Noletto Mendonça; Marcos Barcellos Café

CAPÍTULO 08 106

DEVELOPMENT OF AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TO PREDICT ANIMAL AND FORAGE PRODUCTION

Eliéder Prates Romanzini; Lutti Maneck Delevatti; Rhaony Gonçalves Leite; Alvair Hoffmann; Erick Escobar Dallantonia; Adriana Cristina Ferrari; Fernando Ongaratto; Priscila Arrigucci Bernardes; Ricardo Andrade Reis; Euclides Braga Malheiros

CAPÍTULO 09 124

ESTIMATIVA DO CRESCIMENTO DE BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTO UTILIZANDO MODELOS NÃO LINEARES

Ranieri Bom; Francine Vogel; Rafaela de Oliveira Nunes; Elizabeth Schwegler; Carlos Eduardo Nogueira Martins

CAPÍTULO 10 134

FIBRA DIETÉTICA: UM NOVO ENFOQUE NA NUTRIÇÃO DE SUÍNOS

Carlos Alexandre Oelke; Bruno Neutzling Fraga; Patricia Rossi

CAPÍTULO 11 148

HISTÓRIA DA INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL

Flavia Ramalho Pelissar Oliveira; Daniel Cardoso; Fábio Varoni Oliveira

CAPÍTULO 12 155

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHERÍA ESPECIALIZADA CON DIFERENTES NIVELES DE INTENSIFICACIÓN

Bolívar Vergara D. M. ; Ruiz Echavarría J.F.; Barahona Rosales R.; Correa Londoño G.

CAPÍTULO 13 180

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES DENSIDADES DE JUVENIS DE PACU (*PIARACTUS MESOPOTAMICUS*) E TAMBACU (*PIARACTUS MESOPOTAMICUS* X *COLOSOMA MACROPOMUM*) SUBMETIDOS AO SISTEMA DE BIOFLOCOS

Leandro Carvalho Braga; Paulo Rodinei Soares Lopes; Andressa Igarçaba Rodrigues; Nathália Datore Fortunato; Flavia Luiza Lavach; Tatiana Germano Martins Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 14 187

MODULADORES NUTRICIONAIS PARA PORCAS GESTANTES E LACTANTES: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE

Lidiane Pescke Pereira; Cheila Roberta Lehnem

CAPÍTULO 15 205

ÓLEO ESSENCIAIS E FUNCIONAIS PARA LEITÕES LACTANTES E EM CRECHE: SAÚDE INTESTINAL E DESEMPENHO

Anna Paula Holzmann Mass; Letícia Galvão Matoso; Vitória Weege; Edilson Andrade; Cheila Roberta Lehnem

CAPÍTULO 16 222

PERFIL FISIOLÓGICO DE PEIXES TROPICAIS (COLOSSOMA, PIARACTUS E BRYCON) CRIADOS EM TANQUE REDE: ANÁLISE APÓS 24 HORAS DA ALIMENTAÇÃO

Carlos Alberto da Silva; Bruno Ferreira Gonçalves e Silva; Alexandre Reis Taveira de Souza

CAPÍTULO 17 232

PERSPECTIVAS DA META-ANÁLISE NO USO DE ADITIVOS EM DIETAS PARA LEITÕES NO PÓS-DESMAME

Cheila Roberta Lehnem; João Otávio Hilgemberg; Pedro Gallioto Miranda; Rafaela Hilgemberg; Bianca Zotti

CAPÍTULO 18 255

PRODUCTIVE BEHAVIOR OF MEVEZUG LAMBS IN NATIVE GRASSLANDS DURING THE RAINY SEASON, IN TIERRA CALIENTE GUERRERO, MEXICO

Esteban Julián Mireles Martínez; Rodríguez Acosta Duniesky; Vázquez Jordàn Humberto; Gutiérrez Segura Isidro; Catalán Robles Adiel; Alonso Galeana José; Cuicas Huerta Rosendo; Valencia Almazán Ma Trinidad; Palacios Vázquez Azael

CAPÍTULO 19 268

PRODUCTIVE PERFORMANCE, CARCASS TRAITS, MEAT QUALITY AND BLOOD PROFILE IN RABBITS FED WITH *MORINGA OLEIFERA*

Alma Delia Hernández-Fuentes; Sergio Soto-Simental; Armando Zepeda-Bastida; Juan Ocampo-López; Maricela Ayala-Martínez

CAPÍTULO 20 282

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE BLOCOS MULTINUTRICIONAIS CONFECCIONADOS COM SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E ESPÉCIES FORRAGEIRAS DO SEMIÁRIDO

Jennifer Nandes Pereira da Silva; Marilea Batista Gomes; Pedro Henrique de Melo Garcia; Ariane Loudemila Silva de Albuquerque; Solon Ramos Aguiar; Tassyano Feitosa de Amorim; José Teodorico de Araújo Filho; Patricia Mendes Guimarães Beelen

SUMÁRIO

CAPÍTULO 21 294

PESQUISA DE COLIFORMES TOTAIS EM MEL DE ABELHA URUÇU(MELIPONA SCUTELLARIS) DO MUNICÍPIO DE CHÃ PRETA – ALAGOAS

Tania Marta Carvalho dos Santos; Yamina Coentro Montaldo; Cícero Cerqueira Cavacanti Neto; João Manoel da Silva; Paula Cibelly Vilela da Silva; Crísea Cristina Nascimeto de Cristo; Livia Ribeiro da Silva; Bruna Brasil Oliveira

CAPÍTULO 22 304

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE OVINOS ALIMENTADOS COM FENO DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA EM SUBSTITUIÇÃO TOTAL OU PARCIAL AO FENO DE TIFTON 85

Leandro Santos e Silva; Mariah Tenório de Carvalho Souza; Erika Bruna de Araújo Silva; Marianna Suellen Bispo Vieira; Dorgival Moraes de Lima Júnior; Greicy Mitzi Bezerra Moreno

CAPÍTULO 23 315

TEOR DE GORDURA DO LEITE EM DIFERENTES PROPRIEDADES LOCALIZADAS NA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

Karen Dal magro Frigeri; Thais Paula Santin; Alessandra Agostine; Bruna Moura Quevedo; Maicon Farias; Karise Fernanda Nogara; Ketlin Dal Magro Frigeri; Naiane Zoldan Kalles; Graciela Tonello; Elson Martins Coelho

CAPÍTULO 24 322

USO DE REVESTIMENTOS PROTEICOS: UM NOVO MÉTODO DE PRESERVAÇÃO DE OVOS

Paula Gabriela da Silva Pires; Ines Andretta

CAPÍTULO 25 335

VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DE GENÓTIPOS DE MILHO E SORGO CULTIVADOS EM DUAS DENSIDADES DE SEMEADURA

Pedro Henrique de Melo Garcia; Jair Tenório Cavalcante; Davi Francisco da Silva; Girlene Cordeiro de Lima Santos; Rosa Cavalcante Lira; Paulo Vanderlei Ferreira; Patricia Mendes Guimarães Beelen; Moisés Tiodoso da Silva; Gaus Silvestre de Andrade Lima; Iasmin Myrele Santos Calaça de Farias

SOBRE O ORGANIZADOR..... 360

ÍNDICE REMISSIVO 361

“

Análise exploratória, conceitual e metodológica do uso de meta-análise aplicada às ciências animais

┆ Girlene Cordeiro de Lima **Santos**
UFPB

┆ Severino **Gonzaga Neto**
UFPB

┆ Leilson Rocha **Bezerra**
UFCG

┆ Ariosvaldo Nunes de **Medeiros**
UFPB

RESUMO

A meta-análise é um recurso estatístico robusto para conjugar respostas oriundas de trabalhos primários. Contudo, o uso dessa ferramenta na ciência animal ainda é pouco explorada. Por ser uma estatística rigorosa deve ser conduzida a partir de revisões sistemáticas, seguindo etapas metodológicas pré-estabelecidas e subsequentes análises estatísticas. Logo, objetivou-se realizar um levantamento conceitual e aplicações da meta-análise; e, aludir a metodologia e usuais métodos estatísticos empregados na meta-análise em ciências animais. O estudo foi conduzido a partir de um levantamento científico nas bases eletrônicas Science Direct, SciELO, Periodicos CAPES, Web of Science (WOS) e Google Scholar. As ilustrações foram elaboradas no Microsoft PowerPoint® e com imagens do site Pixabay. A metodologia da meta-análise inclui definir os objetivos do estudo; codificar as informações; compilar e filtrar os dados de interesse; realizar uma análise gráfica dos dados compilados; estudar o dispositivo experimental e realizar os processos pós-analíticos. A metodologia PRISMA consiste na identificação dos estudos, seleção, elegibilidade e inclusão dos dados nas análises estatísticas da meta-análise. Os principais modelos estáticos da meta-análise aplicada à ciência animal, consistem em modelos de efeito fixo e modelos de efeitos aleatórios. Nas análises estatísticas, deve-se medir o peso e o tamanho do efeito dos estudos na variável resposta. Quando há heterogeneidade entre os estudos, deve-se incluir análises adicionais, como a meta-regressão, técnica de BoxPlot e, ou, análise de componentes principais, que permitem identificar fatores que induzem a heterogeneidade. Sugere-se estudos adicionais que explorem aplicações da meta-análise nas diversas áreas das ciências animais.

Palavras-chave: Etapas Meta-Analíticas; Prisma; Estatística Robusta.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a demanda por avanços tecnológicos na ciência animal tem fomentado o aumento de produções científicas. Contudo, o enorme número de publicações acaba dificultando a sintetização qualitativa dos achados bibliográficos. Apesar disso, a abundância de informações é importante para desenvolvimento e progresso da pesquisa. Esses resultados primários são essenciais na condução de estudos robustos como a meta-análise, que sintetiza informações disponíveis na literatura e facilita a tomada de decisão (LOVATTO et al., 2007).

A meta-análise recentemente vem sendo aplicada em estudos animais com diversas finalidades, e.g., avaliação de parâmetros de herdabilidade (h^2) (GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2005); características de carcaça e espessura do toucinho (ROSSI et al., 2008); parâmetros nutricionais (TEODORO et al., 2012; BOEMO et al., 2015); estimativa de consumo de matéria seca, consumo alimentar residual e eficiência alimentar de animais (CLARO; MERCADANTE; SILVA, 2012); e, rendimento e valor nutritivo do produto final (FARUK; ROOS; CISNEROS-GONZALEZ, 2018; SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019). Logo, a meta-análise é um recurso valioso nos avanços das pesquisas científicas, já que os pesquisadores podem responder perguntas primordiais a partir de dados primários disponíveis.

A meta-análise é uma rotina estatística bastante criteriosa e rigorosa que deve ser conduzida a partir de revisões sistemáticas, seguindo uma série de etapas metodológicas pré-estabelecidas (MOHER et al., 2009). Logo, para obter os melhores resultados em pesquisas meta-analíticas é necessário que o pesquisador conheça e execute todos esses protocolos cuidadosamente. Diante disso, neste estudo, objetivou-se realizar um levantamento conceitual e aplicações da meta-análise; e, aludir a metodologia e os usuais métodos estáticos empregados neste tipo de análise em ciências animais.

METODOLOGIA

Este trabalho, trata-se de uma pesquisa de caráter qualitativo e exploratório, que aborda a importância do uso de revisões sistemáticas e meta-análise aplicada às ciências animais. Inicialmente são apresentados conceitos, um breve histórico e aplicações da meta-análise. Aborda-se também as principais metodologias utilizadas na condução de revisões sistemáticas e de meta-análise, bem como os principais métodos estáticos adotados nesse tipo de estudo. O levantamento científico foi realizado a partir de dados acessados nas bases eletrônicas, Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>), Scientific Electronic Library Online (SciELO) (<https://scielo.org>), CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br>), Web of Science (WOS) (<https://apps.webofknowledge.com>) e Google Scholar (<https://scholar>

.google.com). As ilustrações gráficas foram realizadas utilizando os recursos disponíveis no Microsoft PowerPoint® e imagens vetoriais disponíveis no site pixabay (<https://pixabay.com/pt/>), que possui licença gratuita de uso.

BREVE HISTÓRICO DA META-ANÁLISE E SUAS APLICAÇÕES

A meta-análise é um recurso estatístico apto a ser usado para conjugar respostas oriundas de diferentes trabalhos primários (SANTOS; CUNHA, 2013; BREI; VIEIRA; MATOS, 2014; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010), permitindo avaliar de forma definitiva suas combinações; sendo um importante aliado na tomada de decisão.

A etimologia da meta-análise é de origem grega, onde $\mu\epsilon\tau\alpha$, quer dizer ‘depois de’ e $\alpha\nu\acute{\alpha}\lambda\upsilon\sigma\eta$ que possui significado de “análise” (BICUDO, 2014). Cochran (1954), conduziu os primeiros estudos que combinaram dados experimentais independentes. Mais tarde, Mantel e Haenszel (1959) publicaram um método que serviu como modelo para essa modalidade de estudo. Acredita-se que esse método fundamentou a meta-análise, que foi aplicada primeiramente nas ciências sociais, logo depois, na medicina humana, e mais à frente na agricultura (LOVATTO et al., 2007).

A expressão “meta-análise” surgiu em 1976 em estudos filosóficos por Gene Glass (PINTO, 2013). Na medicina, Karl Pearson teria sido o primeiro pesquisador a recorrer de métodos protocolais com o objetivo de relacionar diferentes trabalhos (BICUDO, 2014). Apesar de ser empregada com maior frequência em algumas áreas, o estudo meta-analítico pode ser usado em muitas áreas do conhecimento (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010). Na saúde humana, a meta-análise tem alcances em diversos campos de estudos com o intuito de avaliar fatores relacionados a diferentes questões, facilitando o prognóstico antecipado, e consequentemente possíveis conclusões (TAVARES et al., 2018).

Na agricultura, a meta-análise é potencialmente empregada, por exemplo, em experimentos de melhoramento vegetal e zoneamentos agrícolas, onde os dados coletados de mapas permitem averiguar a produtividade de culturas. O sensoriamento remoto é uma ferramenta aliada nessas pesquisas meta-analíticas, por meio do uso dados de satélites que captam informações terrestres (Landsat, SPOT e CBERS). Os satélites (NOAA e GOES) e os radares (ERS, JERS e Radarsat) meteorológicos coletam dados por um ou mais sensores que captam uma série de informações quantitativas e numéricas que podem ser tratadas por intermédio da meta-análise (LUIZ, 2002). Logo, a meta-análise na agricultura tem contribuído para indicadores sociais, ambientais e sustentabilidade, relacionando suas complexidades com ênfase na viabilidade de técnicas como plantio direto, manejo do solo, agroquímicos, agroindustrialização e conservação dos recursos naturais.

Recentemente na ciência animal, a técnica de meta-análise tem sido aplicada em diferentes áreas de estudos, entre elas: bovinocultura de corte (GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2005); pecuária leiteira (SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019); avicultura de corte (BOEMO et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2011) e de postura (MIGNON-GRASTEAU et al., 2014; AHMADI; RODEHUTSCORD, 2012; FARUK; ROOS; CISNEROS-GONZALEZ, 2018); reprodução de gansos (LIU et al., 2020); suinocultura (ROSSI et al., 2008; HAUPTLI; LOVATTO; HAUSCHILD, 2007; ANDRETTA et al., 2009; OLSEN et al., 2019); cunicultura (FALCONE; SILVA, 2019); piscicultura (MARTINEZ-GARCIA et al., 2013; KALANTZI; KARAKASSIS, 2006); e, organismos aquáticos (G. LOPES et al., 2020). Além disso, meta-análises mais recentes foram conduzidas na avaliação da saúde (TAGHIPOUR et al., 2020; ANVARI et al., 2020; KWAN; YAMADA; SUIGIURA, 2017), nutrição (KRASUSKA; WEBB, 2018) e comportamento (HRADECKÁ et al., 2015) de cães domésticos. Do mesmo modo, riscos de doenças pandêmicas em humanos causadas por animais silvestres na China foram estudados com uso de meta-análise (CHEN et al., 2019).

ETAPAS NA CONDUÇÃO DE UMA META-ANÁLISE

As etapas da meta-análise são constituídas por quesitos operacionais, de coleta e de execução de dados, além da realização de análises e obtenção de resultados (SHELBY; VASKE, 2008). No entanto, alguns cuidados devem ser considerados no momento de aplicar a meta-análise. Por exemplo, adequar os dados à finalidade do estudo, o que pode ocasionar tendenciosidade dos resultados (LUIZ, 2002). Desse modo, algumas etapas são decisivas no momento de conduzir um estudo meta-analítico.

Poucos trabalhos relatam práticas e metodológica para condução de meta-análise aplicada às ciências animais. Apesar disso, Sauvant, Schmidely e Daudin (2005) mostraram etapas importantes de uma meta-análise aplicada na nutrição animal (Figura 1). Posteriormente, Lovatto et al. (2007), realizaram um trabalho semelhante, tratando das metodologias de uma meta-análise voltada para produção animal. No ano seguinte Sauvant et al. (2008) atualizaram essas informações. De acordo com esses trabalhos realizados por Sauvant, Schmidely e Daudin (2005), Lovatto et al. (2007) e Sauvant et al. (2008), as etapas metodológicas para a condução de uma meta-análise aplicada à produção e nutrição animal podem ser resumidas por:

Definição dos objetivos do estudo meta-analítico

A meta-análise confronta as variáveis explicativas com as variáveis respostas observadas. Desse modo, torna-se necessário relacionar essas variáveis às conclusões obtidas. Por

isso, definir os objetivos do estudo é de fato uma etapa inicial primordial. Logo, é necessário conhecer o problema em evidência, para que as etapas posteriores sejam bem planejadas e adequadamente executadas. É a partir dos objetivos do estudo que o pesquisador tomará decisões importantes durante toda a condução da pesquisa. Nessa fase, a equipe envolvida na pesquisa deve dividir as tarefas, considerando habilidades de cada membro com as etapas a serem executadas (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

Codificação das informações

A codificação inicial é feita com base no trabalho, ou seja, estudos que tratem do mesmo assunto de interesse. O segundo passo da codificação inclui as informações incorporadas no trabalho, afim de identificar por exemplo, objetivos e o modelo experimental. Codificar essas informações permite uma fácil localização e identificação da modalidade e principais características dos estudos. Quanto mais informações de interesse forem adicionadas mais fácil será interpretar os objetivos (LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

Compilação dos dados

A sistematização das principais informações prevê a seleção e organização do banco de dados, comumente oriundos de trabalhos científicos já publicados. Em situações específicas, o banco de dados pode ser de trabalhos experimentais que ainda não foram publicados. Plataformas digitais podem ser usadas (por exemplo, Periódicos Capes), para seleção de dados conforme a intensão do estudo e, delimitando-os em tempo e amplitude geográfica (LOVATTO et al., 2007).

Filtragem dos dados

O quarto passo se refere à filtragem dos dados, que contribui para uma maior qualidade do resultado obtidos; sendo esta etapa dividida em três estágios: inicialmente a finalidade do estudo deve ser compatível com os dados; considerando-o aceitável e após passar por uma leitura crítica os erros devem ser registrados. Essa etapa deve ser realizada por profissional qualificado para tal conhecimento. Com a aprovação do estudo é feita uma transferência cuidadosa dos dados escolhidos para o conjunto de dados; e, finalmente, após a inclusão verificar a presença de resultados atípicos, que nessa situação o trabalho deve ser descartado (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

Investigação gráfica dos dados

No quinto passo é feita uma avaliação do comportamento e características dos dados a partir de uma visualização gráfica. Nesta etapa o pesquisador deve ter uma visão geral, analisando a presença de heterogeneidade e a relação entre os estudos com as circunstâncias experimentais. Essa observação gráfica é muito importante, pois é a partir dela que o pesquisador pode visualizar itens ou experimentos que se apresentam defeituosos e averiguar linearidade dos dados, que permite facilidade na formulação de hipótese e estimativa de variáveis (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

Análise do dispositivo experimental

Nesta etapa, o pesquisador deve ter conhecimento do dispositivo, com base nas características experimentais para compreensão e interpretação de histogramas, identificar se há variações e efeito significativo das condições experimentais sobre as variáveis estudadas, e analisar o princípio das ponderações experimentais. Desse modo, é uma etapa importante na escolha método estatístico. E para isso, é necessário conhecer as variáveis do estudo, que podem ser do tipo: discreta ou contínua. Na produção animal, na maioria das circunstâncias ocorre variável resposta contínua, que depende de um fator quantitativo ou qualitativo (explicativo qualitativo ou explicativo quantitativo). Após a escolha do efeito quantitativo ou qualitativo, deve-se julgar fatores de interferências (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

Práticas pós-analíticas

Após a execução do modelo estatístico é crucial efetuar diferentes processos para entender as limitações da análise e se há necessidade de realizar análises adicionais. Nesta etapa são avaliadas a estrutura da variação dos resíduos e a presença de heterogeneidade nos estudos. Em situações em que há homogeneidade dos resultados são aplicados modelos de efeitos fixos. Já quando os resultados são heterogêneos são usados modelos de efeitos aleatórios (SAUVANT; SCHMIDELY; DAUDIN, 2005; LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008).

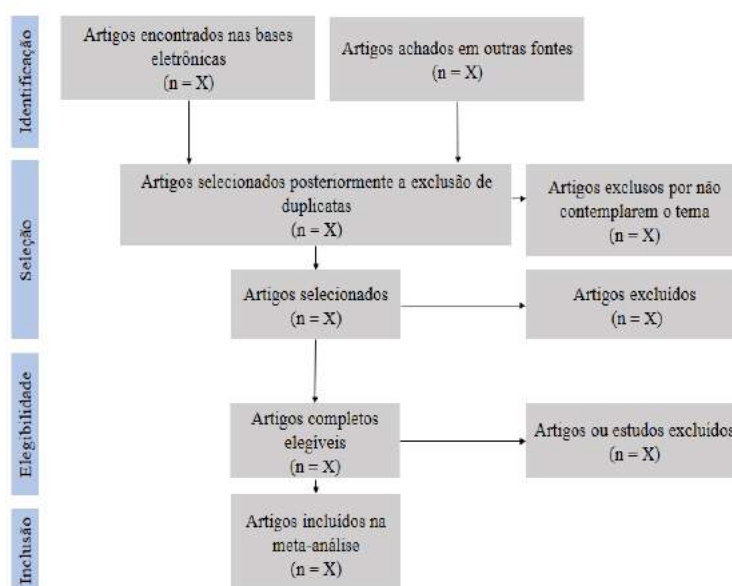
Figura 1. Representação gráfica das etapas meta-analíticas.



Adaptado de Sauvart, Schmidely e Daudin (2005)

Moher et al. (2009) revisaram instruções para condução de revisões sistemáticas e realizaram evoluções práticas e conceituais das etapas conduzidas nesse tipo de estudo sistemático. Essas etapas foram denominadas de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), que consistem em uma série de protocolos sugeridos durante etapas de revisões sistemáticas e meta-análise, e expostas em um fluxograma. Esse protocolo tem como propósito elucidar de forma transparente a condução do estudo. Um exemplo do fluxograma pode ser visualizado na Figura 2. Observe que, as etapas consistem na identificação dos estudos, seleção, elegibilidade e inclusão dos dados nas análises estatísticas meta-analíticas. Apesar de não ser obrigatório a apresentação do fluxograma PRISMA é possível que a falta dele em estudos com viés de publicação signifique um indicador cuidadoso em trabalhos de revisões sistemáticas. Além do fluxograma, o PRISMA propõe uma relação com 27 recomendações para condução de revisões sistemáticas e meta-análise, que podem ser acessadas em: 10.1371/journal.pmed.1000097.s002, e usadas como guia (MOHER et al., 2009).

Figura 2. PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).



Adaptado de Moher et al. (2009)

MÉTODOS ESTATÍSTICOS USUALMENTE UTILIZADOS NA META-ANÁLISE APLICADA AS CIÊNCIAS ANIMAIS

Os principais tipos de modelos usados na meta-análise são os de efeito fixo e de efeito aleatório. Os modelos de efeitos fixos consideram que o efeito em evidência é igual entre os estudos. Já os efeitos aleatórios consideram que o efeito em evidência é diferente entre os estudos. Na meta-análise, combina-se estudos semelhantes, porém quando a variabilidade entre eles não é unicamente aleatória significa que estes são heterogêneos. Na presença de heterogeneidade, deve-se aplicar o modelo de efeitos aleatórios. A heterogeneidade é conferida pelo teste Q de Cochran (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010). Mas para quantificá-la é utilizada estatística I^2 de Higgins e Thompson (HIGGINS et al., 2003; RE, 2015)). Os valores de I^2 variam de 0 a 100%. Quando os valores de I^2 estão próximos de zero, não há heterogeneidade; próximos a 25% é baixa; próximos a 50% é moderada; e próxima a 75% é alta ((HIGGINS; THOMPSON, 2002; HIGGINS et al., 2003).

Na meta-análise, os efeitos podem ser conferidos, por exemplo, pela diferença média padronizada (DMP), conforme sugerido por Cochen (1988). Já o peso dos estudos é medido pelo inverso da variância (IV) e estimado pela DMP (BORENSTEIN et al., 2009; POPPY et al., 2012; SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019). Quando pretende-se estimar os efeitos na mesma unidade de medida dos estudos, utiliza-se a diferença média ponderada (DMe) (RANGA NIROSHAN APPUHAMY et al., 2013; DUFFIELD; RABIEE; LEAN, 2008). Viechtbauer (2010) sugere que estudos que geram elevada heterogeneidade podem ser excluídos a partir do

método de Bajaut et al. (2002) e do método “Influential case diagnostics” (BELSLEY et al. 1980; COOK; WEISBERG, 1982).

Uma etapa importante na condução de pesquisas meta-analíticas é o julgamento de vieses de publicação, designado de gráfico em Funil, feito a partir de um diagrama de dispersão. A simetria do gráfico é conferida pelo teste de Begg e Mazumdar (1994) e de Egger et al. (1997). Quando simétrico, o gráfico indica a ausência de vies de publicação. Já quando o mesmo se apresenta assimétrico sugere vies de publicação. No eixo X do gráfico encontra-se a DMP, e.g., as dispersões dos efeitos. Já no eixo Y encontra-se o erro padrão, e.g., o tamanho do efeito ou precisão dos estudos (RE, 2015). A ausência de estudos no gráfico de funil pode ser conferida pelo método “Trim and Fill” (BORENSTEIN et al., 2009).

Uma forma de representar os resultados extraídos na meta-análise é através do *forest plot*, um gráfico que permite a visualização dos resultados. Esse gráfico mostra o intervalo de confiança e o tamanho de efeito dos estudos, esta última é descrita por um ícone comumente no formato de um quadrado, já o tamanho do quadrado é equivalente ao peso do trabalho incluído na meta-análise (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; BERWANGER et al., 2007). Além desses resultados, o *forest plot* pode exibir os estudos incluídos na análise, a diferença média padronizada e o intervalo de confiança entre eles. A meta-análise é simbolizada por um diamante vermelho, que mostra o tamanho do efeito geral na variável resposta (SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019).

Análises adicionais à meta-análise pode ser conduzidas para explicar fatores que induzem a heterogeneidade dos estudos. Entre eles, a meta-regressão é um método estatístico utilizado em complemento da meta-análise (SÁNCHEZ-DUARTE et al., 2019), no entanto para ser utilizada é necessária uma quantidade mínima de 10 estudos (BORENSTEIN et al., 2009). Em razão disso, outros métodos podem ser utilizados em detrimento a meta-regressão. Como por exemplo a técnica de BoxPlot que permite visualização da dispersão dos dados (POTEKO; ZÄHNER; SCHRADER, 2019) e a análise de componentes principais, que resumem em componentes os fatores que explicam a heterogeneidade observada (SLIMEN et al., 2019). Todos esses métodos estatísticos podem ser conduzidos a partir do software R disponível em: (<https://cran.r-project.org>).

CONCLUSÃO

A meta-análise é um conjunto de métodos que permite sumarizar resultados de estudos primários e a partir disso responder perguntas complexas de uma investigação científica. Logo, é uma ferramenta que contribui para o avanço das pesquisas nas ciências animais.

Por ser uma técnica altamente criteriosa, a meta-análise precisa ser conduzida com base em diferentes etapas metodológicas, que incluem revisões sistemáticas e análises estatísticas.

Durante a condução de revisões sistemáticas e meta-análise, o pesquisador deve definir os objetivos do estudo; codificar as informações; compilar e filtrar os dados de interesse; realizar uma análise gráfica dos dados compilados; estudar o dispositivo experimental e finalmente realizar os processos pós-analíticos. Essas etapas podem ser realizadas de acordo com a metodologia PRISMA, que consiste na identificação dos estudos, seleção, elegibilidade e inclusão dos dados nas análises estatísticas da meta-análise.

Os principais modelos estáticos aplicados em meta-análises nas ciências animais consistem de modelos de efeito fixo e efeito aleatório. Durante a condução das estáticas meta-analíticas, deve-se medir o peso e o tamanho do efeito dos estudos na variável resposta. Além disso, o pesquisador deve analisar a presença de heterogeneidade entres os estudos, e em razão disso, incluir análises adicionais, como a meta-regressão, a técnica de BoxPlot ou análise de componentes principais, as quais permitem identificar fatores que contribuem para a heterogeneidade.

Por se tratar de uma estatística robusta, a meta-análise possui inúmeras aplicabilidades, sendo utilizada em diferentes tipos de pesquisas. Logo, sugere-se estudos exploratórios que aprofundem as aplicações da meta-análise nas diversas áreas das ciências animais.

REFERÊNCIAS

1. AHMADI, H.; RODEHUTSCORD, M. A meta-analysis of responses to dietary nonphytate phosphorus and phytase in laying hens. **Poultry Science**, v. 91, n. 8, p. 2072–2078, 2012.
2. ANDRETTA, I. et al. Meta-análise do uso de ácido linoleico conjugado na alimentação de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 754–760, 2009.
3. ANVARI, D. et al. The global status of *Dirofilaria immitis* in dogs: a systematic review and meta-analysis based on published articles. **Research in Veterinary Science**, v. 131, p. 104–116, 2020.
4. APPUHAMY, J. A. D. R. N. et al. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 8, p. 5161–5173, 2013.
5. BAUJAT, B. et al. A graphical method for exploring heterogeneity in meta-analyses: application to a meta-analysis of 65 trials. **Statistics in Medicine**, v. 21, n. 18, p. 2641–2652, 2002.
6. BEGG, C. B.; MAZUMDAR, M. Operating Characteristics of a Rank Correlation Test for Publication Bias. **Biometrics**, v. 50, n. 4, p. 1088–1101, 1994.
7. BELESLEY, D. A.; KUH, E.; WELSH, R. E. **Regression diagnostics**. John Wiley & Sons, 1980.
8. BERWANGER, O. et al. Como avaliar criticamente revisões sistemáticas e metanálises? **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 19, n. 4, p. 475–480, 2007.
9. BICUDO, M. A. V. Meta-análise: seu significado para a pesquisa qualitativa. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 9, p. 07–20, 2014.

10. BOEMO, L. S. et al. Estudo meta-analítico de diferentes níveis de aflatoxinas no desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias alojados em baterias. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 43, n. 1317, p. 1–4, 2015.
11. BORENSTEIN, M. et al. **Introduction to Meta-Analysis**. John Wiley and Sons, 2009.
12. BREI, V. A.; VIEIRA, V. A.; MATOS, C. A. DE. Meta-Analysis In Marketing. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 13, n. 02, p. 84–97, 2014.
13. CHEN, X. et al. Prevalence of avian influenza viruses and their associated antibodies in wild birds in China: A systematic review and meta-analysis. **Microbial Pathogenesis**, v. 135, 103613, 2019.
14. CLARO, A. C. DEL; MERCADANTE, M. E. Z.; SILVA, J. A. I. V. Meta-análise de parâmetros genéticos relacionados ao consumo alimentar residual e a suas características componentes em bovinos. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 302–310, 2012.
15. COCHRAN, W. G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, v. 10, p. 101–129, 1954.
16. COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1988.
17. COOK, R. D.; WEISBERG, S. **Residuals and Influence in Regression**. New York: Chapman and Hall, 1982.
18. DUFFIELD, T. F.; RABIEE, A. R.; LEAN, I. J. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 2. Production effects. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 4, p. 1347–1360, 2008.
19. EGGER, M. et al. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. **BMJ**, v. 315, p. 629–634, 1997.
20. FALCONE, D. B. et al. Meta-análise como ferramenta para avaliação de diferentes coprodutos utilizados em dietas para coelhos de corte. In: VIERA, V. B.; PIOVESAN, N. (Eds.). **Inovação em ciência e tecnologia de alimentos**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 223–227.
21. FARUK, M. U.; ROOS, F. F.; CISNEROS-GONZALEZ, F. A meta-analysis on the effect of canthaxanthin on egg production in brown egg layers. **Poultry Science**, v. 97, n. 1, p. 84–87, 2018.
22. GIANNOTTI, J. D. G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Análise de Agrupamento para Implementação da Meta-Análise em Estimativas de Herdabilidade para Características de Crescimento em Bovinos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1165–1172, 2005.
23. HAUPTLI, L.; LOVATTO, P. A.; HAUSCHILD, L. Comparação da adição de extratos vegetais e antimicrobianos sintéticos para leitões na creche através de meta-análise. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1084–1090, 2007.
24. HIGGINS, J. P. T. et al. Measuring inconsistency in meta-analyses. **British Medical Journal**, v. 327, n. 7414, p. 557–560, 2003.
25. HIGGINS, J. P. T.; THOMPSON, S. G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Statistics in Medicine**, v. 21, n. 11, p. 1539–1558, 2002.

26. HRADECKÁ, L. et al. Heritability of behavioural traits in domestic dogs: A meta-analysis. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 170, p. 1–13, 2015.
27. KALANTZI, I.; KARAKASSIS, I. Benthic impacts of fish farming: Meta-analysis of community and geochemical data. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, n. 5, p. 484–493, 2006.
28. KRASUSKA, M.; WEBB, T. L. How effective are interventions designed to help owners to change their behaviour so as to manage the weight of their companion dogs? A systematic review and meta-analysis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 159, p. 40–50, 2018.
29. KWAN, N. C. L.; YAMADA, A.; SUIGIURA, K. Evaluation of the efficacy of the Japanese rabies RC-HL strain vaccine in domestic dogs using past and present data: Prediction based on logistic regression and meta-analysis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 147, p. 172–177, 2017.
30. LIU, L. et al. Heat stress impacts on broiler performance : a systematic review and meta-analysis. **Poultry Science**, 2020.
31. LOPES, D. G. et al. Effects of antidepressants in the reproduction of aquatic organisms: a meta-analysis. **Aquatic Toxicology**, v. 227, 2020.
32. LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.
33. LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 407–428, 2002.
34. MANTEL, N.; HAENSZEL, W.M. Statistical aspects of the analysis of data from retrospective studies of disease. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 22, p. 719–748, 1959.
35. MARTINEZ-GARCIA, E. et al. A meta-analysis approach to the effects of fish farming on soft bottom polychaeta assemblages in temperate regions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 69, p. 165–171, 2013.
36. MIGNON-GRASTEAU, S. et al. Robustness to chronic heat stress in laying hens: A meta-analysis. **Poultry Science**, v. 94, n. 4, p. 586–600, 2014.
37. MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, p. 1–6, 2009.
38. NASCIMENTO, G. A. J. et al. Concentrados energéticos para aves utilizando meta-análise. v. 63, n. 1, p. 222–230, 2011.
39. OLSEN, A. et al. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in domestic pigs, sheep, cattle, wild boars, and moose in the Nordic-Baltic region: A systematic review and meta-analysis. **Parasite Epidemiology and Control**, v. 5, e00100, 2019.
40. PINTO, C. M. Qualitative meta-analysis as a methodological approach for researches in language arts. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 8, n. 3, p. 1033–1048, 2013.
41. POPPY, G. D. et al. A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 10, p. 6027–6041, 2012.

42. POTEKO, J.; ZÄHNER, M.; SCHRADE, S. Effects of housing system, floor type and temperature on ammonia and methane emissions from dairy farming: A meta-analysis. **Biosystems Engineering**, v. 182, p. 16–28, 2019.
43. RE, A. C. DEL. A Practical Tutorial on Conducting Meta-Analysis in R. **The Quantitative Methods for Psychology**, v. 11, n. 1, p. 37–50, 2015.
44. RODRIGUES, C. L.; ZIEGELMANN, P. K. Seção De Bioestatística Metanálise: Um Guia Prático Meta-Analysis: a Practical Guide. **Revista HCPA**, v. 30, n. 4, p. 436–447, 2010.
45. ROSSI, C. A. R. et al. Metanálise da relação entre espessura de tocinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1085–1091, 2008.
46. SÁNCHEZ-DUARTE, J. I. et al. Short communication : Meta-analysis of dairy cows fed conventional sorghum or corn silages compared with brown midrib sorghum silage. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1, p. 419–425, 2019.
47. SANTOS, E. J. F. DOS; CUNHA, M. Interpretação crítica dos resultados estatísticos de uma meta-análise : estratégias metodológicas. **Millenium**, v. 44, p. 85–98, 2013.
48. SAUVANT, D. et al. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.
49. SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J. J. Les méta-analyses des données expérimentales: Applications en nutrition animale. **Productions Animales**, v. 18, n. 1, p. 63–73, 2005.
50. SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J. J. Les métaanalyses des données expérimentales: Applications en nutrition animale. **INRA Productions Animales**, v.8 , n. 1, p. 63–73, 2005.
51. SHELBY, L. B.; VASKE, J. Understanding meta-analysis: A review of the methodological literature. **Leisure Sciences**, v. 30, n. 2, p. 96–110, 2008.
52. SLIMEN, I. B. et al. Meta-analysis of some physiologic, metabolic and oxidative responses of sheep exposed to environmental heat stress. **Livest Sci**, v. 229, p. 179–187, 2019.
53. TAGHIPOUR, A. et al. The global prevalence of Cryptosporidium infection in dogs: A systematic review and meta-analysis. **Veterinary Parasitology**, v. 281, 109093, 2020.
54. TAVARES, I. D. S. et al. Visão Geral com Meta-Análise de Revisões Sistemáticas sobre o Valor Diagnóstico e Prognóstico da Angiotomografia de Coronárias na Emergência. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 31, , v. 31, n. 1, p. 33–46, 2018.
55. TEODORO, A. L. et al. Grão úmido na alimentação animal : estudo metanalítico. **Pubvet**, v. 6, n. 4, p. 1–14, 2012.
56. VIECHTBAUER, W. Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package. **Journal of Statistical Software**, v. 36, n. 3, p. 1–48, 2010.

“

Aplicabilidade na modelagem matemática para compreender e melhorar o processo de peletização de rações para frangos de corte e suínos

▮ Bruna **Schroeder**
UFRGS

▮ Ines **Andretta**
UFRGS

▮ Marcos **Kipper**
ELANCO

RESUMO

O sucesso da peletização das dietas de frangos de corte e suínos pode ser avaliado pelo rendimento industrial e pela efetividade com que o processo é realizado. A resposta no desempenho dos animais quanto à eficiência de utilização de péletes só é atingida se houver produção de boa qualidade, capaz de manter sua integridade até o momento do consumo. Buscando manter a viabilidade econômica do processo, a qualidade do pélete e o rendimento industrial devem ser maximizados. No entanto, estas variáveis geralmente andam em caminhos opostos e o equilíbrio entre elas só é encontrado quando os fatores que afetam o processo são conhecidos. Neste caso, existem ferramentas potenciais para modelar o comportamento individual e combinado desses fatores no processo de peletização, como por exemplo, os métodos de regressão múltipla. Esta é uma das ferramentas mais populares e eficientes nas estratégias de controle e tomadas de decisão na análise de processos. Neste contexto, apenas um estudo presente na literatura utilizou esta metodologia para modelar a qualidade dos péletes das rações para frangos de corte e suínos e validar esses modelos para que a acurácia destes seja identificada. De modo geral, os modelos matemáticos no processo de peletização são úteis nos setores de garantia de qualidade das fábricas de ração, permitindo a melhor definição de parâmetros para monitoramento e também podem ser úteis como facilitadores nas tomadas de decisão. O trabalho do nutricionista na fábrica de ração também pode ser beneficiado pela disponibilidade de dados concretos nesta área do conhecimento.

Palavras-chave: Índice de Durabilidade de Péletes, Modelos Matemáticos, Calibração, Validação.

INTRODUÇÃO

As rações podem ser ofertadas aos animais em diversas formas físicas, como granuladas, peletizadas, fareladas, líquidas e úmidas. A forma física da ração e o processo de fabricação podem interferir no desempenho dos animais e no processo de produção (Muramatsu, 2013). A apresentação da ração também poderá definir sua viabilidade no que se refere aos custos com alimentação.

No processo de fabricação, as rações para frangos de corte e suínos que mais se destacam são as fareladas e peletizadas. A peletização pode aumentar o custo da ração por ser um processo que exige grande demanda de energia e de capital em uma fábrica de ração. Porém, o uso de rações peletizadas tem aumentado ao longo dos anos devido o custo do processo ser compensado pela melhora no desempenho dos animais (Muramatsu, 2013). Um dos resultados da peletização para frangos de corte são os maiores ganhos de peso em função do maior consumo, reflexo de melhor palatabilidade e preferência dos frangos de corte e facilidade de apreensão, o que leva à menor movimentação e menor tempo gasto com alimentação, além de melhor digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, melhor aproveitamento da energia (Lara et al., 2008). Em suínos, o uso das rações peletizadas também está associado a uma melhora na eficiência de utilização do alimento e menor desperdício de ração (Silva et al., 2002).

A resposta no desempenho dos animais quanto à eficiência de utilização de péletes só é atingida se houver produção de boa qualidade, capaz de manter sua integridade até o momento do consumo. Péletes de baixa durabilidade não resistem às forças de atrito, impacto e pressão (elevadores, *redlers*, helicóides, quedas, etc) existentes ao longo dos processos de armazenamento, de expedição da fábrica até a granja e de transporte (Lowe, 2005). Os péletes se desintegram produzindo uma massa farinácea conhecida como “finos”. Esses finos prejudicam o desempenho animal uma vez que seu diâmetro médio de partículas é igual ou menor do que a granulometria da ração farelada (Muramatsu, 2013). Segundo Nilipour (1994), péletes de má qualidade (com alto teor de finos) podem ser responsáveis por índices de conversão alimentar até 13% piores quando comparados com rações peletizadas de boa qualidade.

Processo de peletização

A peletização pode ser definida como a aglomeração de partículas pequenas de um ingrediente ou de mistura de ingredientes utilizando processos mecânicos, com a presença de pressão, umidade e calor (Peisker, 2006). O processo consiste em forçar uma massa farelada não compactada através de furos de um anel metálico de aço carbono ou inox tendo

como resultado a formação de estruturas mais densas do que a ração farelada (Ziggers, 2003). Para isso, é necessário um conjunto peletizador, composto por uma rosca alimentadora, condicionador, retentor e prensa peletizadora.

A função da rosca alimentadora é regular o volume de ração direcionada para o condicionador atuando como barreira que evita o fluxo de vapor do condicionador para o silo da prensa. A temperatura e a umidade são inseridas por meio de vapor e iniciam-se no condicionador. O vapor saturado agrega umidade e calor à massa farelada, de forma que esta atinja um estado físico favorável a compactação (Froetschner, 2006). O objetivo da injeção de calor durante o condicionamento é melhorar a força de adesão entre as partículas da ração, principalmente por meio de gelatinização do amido (Reimer & Beggs, 1993) e plastificação das proteínas (Smallman, 1996). Essas mudanças químicas produzem substâncias com afinidade à adesão, que se agarram com os materiais menos reativos, mantendo a massa mais aderida (Smallman, 1996). O calor também pode reduzir a presença de patógenos e retirar o excesso de umidade que pode estar presente nos ingredientes utilizados para a produção das rações (Reimer e Beggs, 1993). Além disso, o efeito lubrificante da umidade pode reduzir a força de atrito gerada na matriz da peletizadora, o que melhora a produtividade do processo como um todo (Reimer e Beggs, 1993; Smallman, 1996).

A prensa peletizadora é composta por duas peças principais, que são a matriz da prensa e o rolo. No interior da prensa peletizadora, os defletores direcionam o fluxo da ração para os rolos, que forçam a ração farelada pelos orifícios da matriz, dando início a formação do pélete. Para dar forma aos péletes, a força motriz do rolo precisa ser maior que a resistência oferecida pela matriz da prensa contra a passagem de ração. As endentações presentes no rolo compactador reduzem o deslizamento da ração e provêm pressão de 75 a 600 kg/cm² para impelir a ração para dentro dos furos da matriz (Ziegggers, 2003). Essas forças opostas atuam nas áreas de compressão e extrusão da interface rolo-matriz e fazem com que a ração farelada seja compactada até a densidade próxima do pélete e comece a fluir pelos furos da matriz da prensa (Muramatsu, 2013). Quando a massa farelada condicionada com vapor passa pela matriz da prensa, o aumento na temperatura da massa não deve exceder 15°C, caso contrário, há um indicativo de que parte da energia mecânica está sendo desperdiçada sob a forma de calor de fricção (Kulig & Laskowski, 2008).

No último processo de peletização, a umidade e a temperatura adicionadas no condicionador devem ser retiradas no resfriador. Nesta etapa, a temperatura da ração peletizada deve ser reduzida para até 8°C acima da temperatura ambiente e a umidade para 100-120 g/kg (Robinson, 1976). Este processo ocorre com a passagem de uma corrente de ar a temperatura ambiente no contra fluxo dos péletes ainda quentes. Sua ação é favorecida pelo

fato da temperatura do ar ambiente ser mais baixa do que os péletes, além de não estar saturada com umidade (Wellin, 1976).

Efeitos da peletização sobre os componentes da ração

A literatura relaciona o processo de peletização à diversas vantagens nutricionais e produtivas em frangos de corte e suínos. A seguir, serão destacadas algumas destas características.

Gelatinização do amido

O amido é um composto químico presente em maior abundância nos cereais (70 a 80% da maioria dos grãos de cereais), sendo a maior fonte de energia presente nas dietas dos animais domésticos. O amido é um glucano composto por dois polissacáridos principais: amilose, que é essencialmente linear, e amilopectina, que é altamente ramificada (Svihus et al, 2005).

A gelatinização do amido é considerada um processo irreversível, no qual a água se difunde para dentro do grânulo de amido, levando a ruptura das pontes de hidrogênio presentes nas cadeias de amilose e amilopectina, aumento de tamanho do grânulo e extravasamento da amilose (Moritz et al., 2003).

O grânulo de amido é composto por uma função cristalina e outra amorfa e é nesta última porção que se inicia o processo de gelatinização devido à menor organização da sua estrutura (Lund & Lorenz, 1984). O processo de gelatinização do amido é favorecido pela presença dos seguintes fatores: água para enfraquecer e romper ligações existentes dentro do grânulo, calor que favorece a entrada de água e a solubilização da amilose, atrito que fornece a força necessária para o rompimento dos grânulos e tempo que potencializa o efeito dos três fatores anteriores (Thomas et al., 1999). Quando o grânulo de amido é exposto a temperatura e umidade pode ocorrer um processo de gelatinização no qual sua efetividade depende do tempo de exposição do amido a estes fatores (Thomas et al., 1999).

Segundo Donald (2001), a gelatinização é um processo impulsionado pelo inchamento. O inchaço do amido ocorre ao longo das regiões amorfas, e desde que as regiões cristalinas não se expandem durante o inchaço, a tensão aumenta na interface entre as regiões cristalina e amorfa, onde existem ligações entre amilopectina nas regiões cristalinas e amilose nas regiões amorfas. Assim, num certo ponto do processo de intumescimento, as regiões cristalinas são quebradas de forma rápida e irreversível, assim a gelatinização é iniciada. No excesso de teor de água, este conjunto da gelatinização ocorre geralmente entre 50 e 70°C. O inchaço provoca a perda de quase toda a amilose no grânulo de amido (Han & Hamaker, 2001). A viscosidade aumenta durante a gelatinização e é causada por grânulos

e géis inchados consistindo em amilose solubilizada (Hermansson & Kidman, 1995). Além da importância para a digestão do amido, o aumento da viscosidade durante a gelatinização pode também afetar positivamente a qualidade física das rações processadas através de uma maior ligação entre as partículas de ração (Svihus et al, 2005). Por outro lado, quando quantidades limitadas de água ou outros solventes estão presentes, mais calor é necessário para completar a gelatinização e assim ocorre em uma ampla faixa de temperatura (Sun et al., 2002). Como a maioria dos tratamentos de processamento de ração ocorre sob condições com baixo teor de água, isso implica que muito calor é necessário para um amido gelatinizar durante o processamento da ração. Mas, existem diferentes temperaturas de gelatinização que depende do tipo de amido utilizado. As rações a base de milho e farelo de soja, por exemplo, demandam um maior tempo de condicionamento para que ocorra a gelatinização do amido e sua posterior reorganização e coesão com as demais estruturas da ração (Dozier, 2001).

Existem vários métodos no processamento da ração (moagem, condicionamento a vapor, extrusão e expansão) que também podem afetar a disponibilidade do amido, alterando as propriedades do amido ou interagindo com outros componentes no alimento (Svihus et al, 2005). Durante o condicionamento sob o processo de peletização, apenas entre 10 e 200 g de amido/kg pode ser gelatinizado (Cramer et al., 2003; Svihus et al., 2004). Este baixo grau de gelatinização implica que o condicionamento do processo de peletização pode não representar um efeito significativo na digestibilidade do amido e na qualidade física dos alimentos (Svihus et al, 2005). Por isso, Kotara e Fuchs (2001) relataram que os suínos apresentavam uma maior digestibilidade do amido quando os alimentos eram peletizados duas vezes a altas temperaturas. Isto foi associado com um grau mais elevado de gelatinização e indica que existe potencial para aumentar a digestibilidade do amido, alterando os procedimentos de peletização (Svihus et al, 2005). Processamentos como expansão e de extrusão utilizam altas temperaturas e uma maior quantidade de água adicionada no processo, resultando em uma gelatinização e desintegração mais completa dos grânulos do amido (Cramer et al., 2003; Murray et al., 2001).

Digestibilidade proteica

Do ponto de vista nutricional, o tratamento térmico melhora a digestibilidade das proteínas devido a alteração na sua estrutura, permitindo que as proteases atuem mais facilmente (Dozier, 2001). Scott et al. (1997) afirmaram que o aumento na digestibilidade da proteína em frangos de corte ocorre provavelmente devido as rações peletizadas serem submetidas a temperatura e pressão inadequadas em seu processo, resultando em rompimentos das

pontes dissulfeto na estrutura da proteína, causando alteração estrutural e aumento da ação das enzimas endógenas.

Existem trabalhos que mostram a temperatura ideal para não prejudicar a digestibilidade e solubilidade das proteínas. Abdollahi (2011) avaliou três temperaturas de condicionamento (60, 75 e 90°C) em rações baseadas em dois tipos de cereais (milho e trigo) e verificou efeito negativo da temperatura sobre a digestibilidade do nitrogênio somente em dietas a base de trigo. Portanto, Creswell & Bedford (2006) sugerem que temperaturas de peletização acima de 85°C não devem ser empregadas a fim de evitar a formação de complexos proteína-amido, além de outras perdas nutricionais.

Metabolizabilidade da energia

O processamento das rações, como a peletização, é considerada como uma técnica que visa aumentar a digestibilidade dos nutrientes pelas aves (Pucci, 2010). Um dos benefícios do uso de rações peletizadas para frangos de corte, por exemplo, é o aumento no valor de energia metabolizável das rações, em decorrência da maior digestibilidade de diferentes frações da dieta (Zalenka, 2003).

Muitos estudos têm mostrado a diferença de energia entre rações fareladas e peletizadas. Pucci et al. (2010) observaram aumento da energia metabolizável aparente (EMA) para frangos de corte que consumiram dietas peletizadas/trituradas (3.293 kcal/kg de MS) em relação aos que receberam dietas fareladas (3.196 kcal/kg de MS). Já Freitas et al. (2006), constataram aumento no valor de energia metabolizável aparente e energia retida como nitrogênio para frangos de corte de 1 a 7 dias quando consumiram dietas peletizadas/trituradas em relação a rações fareladas.

Outro estudo concluiu que a peletização favoreceu o consumo, a retenção e a eficiência de retenção de energia metabolizável aparente para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade utilizando a técnica de abate comparativo (Klein, 1995). Este aumento da retenção de energia causado pela peletização não afetou a qualidade de proteína retida por dia, mas afetou a retenção de gordura. Estas observações sustentam os resultados da literatura, ao demonstrarem que aves alimentadas com dietas peletizadas tendem a ter maior deposição de gordura e, por consequência, menor deposição de proteína na carcaça (Klein, 1996).

Resposta de desempenho

A tecnologia de produção de péletes é um dos diferentes métodos de processamento das rações para frangos de corte e suínos. Em suínos, o fornecimento de dietas peletizadas, em todas as fases de criação, é geralmente reconhecido por reduzir o desperdício da ração e melhorar o desempenho zootécnico (Hancock & Behnke, 2001).

Para frangos de corte, a ração peletizada permite menor esforço físico das aves e, consequentemente, menor gasto energético para o seu consumo (Meinerz et al., 2001). A ração peletizada proporcionou um consumo de ração 15% maior, uma conversão alimentar (CA) 5% melhor e um ganho de peso 23% maior em relação a ração farelada, ou seja, o maior consumo de ração pode ser explicado uma vez que o alimento granulado melhora a eficiência de apreensão do alimento pelo bico córneo da ave, além de facilitar o processo de deglutição quando comparado a ração farelada (Skinner-Noble et al., 2005).

Para que os benefícios da peletização da ração no desempenho sejam alcançados, é necessário que esta chegue até o comedouro na sua forma íntegra ou pelo menos com baixa percentagem de finos (péletes desagregados), caso contrário, os resultados de desempenho podem ser comprometidos. Os finos representam a porção que está desagregada da sua forma inicial, formando partículas menores que os péletes, sendo formados em qualquer estágio da peletização, no transporte e no manuseio da ração na granja (Pucci, 2010).

A utilização de rações com o percentual de péletes íntegros acima de 40% resulta em maior ganho de peso e melhor conversão alimentar quando comparados com as rações fareladas. À medida que se melhora a qualidade do pélete, os frangos de corte gastam menos tempo para consumir a ração, o que representa uma redução da atividade, melhorando o aproveitamento da energia levando a maior deposição de tecidos (Mckinney & Teeter, 2004). Do contrário, a medida que aumenta a concentração de finos os resultados assemelham-se aos de uma dieta na forma farelada (Atinco, 2015).

Parâmetros para avaliação de péletes

Péletes de boa qualidade são definidos como aqueles que resistem as forças de desintegração (compressões, atritos e impactos) oriundas dos sistemas de armazenamento e transporte dentro da fábrica e ao longo do trajeto da fábrica até a granja (Thomas & Van Der Poel, 1998, Cavalcanti & Behnke, 2005). E existem hoje, metodologias que fazem a simulação da qualidade do pélete, ou seja, o índice de durabilidade de péletes (PDI) e quantidade de péletes íntegros.

Índice de durabilidade de péletes e percentual de finos

O PDI é um indicador de durabilidade de péletes e reflete a percentagem de péletes que mantiveram a sua integridade após serem submetidos a forças mecânicas. O PDI pode ser determinado por meio de várias metodologias, sendo *P_{fast}* mais utilizada e adequada para o estudo em questão. Esta metodologia é tipicamente empregada nos Estados Unidos (Froetschner, 2006) e no Brasil. Os péletes são submetidos a impactos sucessivos simulando o estresse mecânico encontrado no transporte por elevadores, roscas e

redlers. Na metodologia *Pfost*, 500g de péletes íntegros são acondicionados em uma caixa que rotaciona a 50 rpm por 10 minutos, o interior da caixa possui uma placa que força o fluxo de péletes de alternar o seu fluxo constantemente e após os 10 minutos de rotação contínua (Muramatsu, 2013). O material é peneirado para determinar o percentual de péletes retidos na peneira dotada de furos redondos com 3,0 mm de diâmetro (Lowe, 2005). O teste *Pfost* determina a durabilidade do pélete submetendo os péletes a uma abrasão e cisalhamento entre os mesmos e contra a parede do equipamento e possui bom índice de repetibilidade (Thomas & Poel, 1998).

Existe o teste de *Holmen*, muito utilizado na Europa, devido as fábricas de rações empregarem sistemas pneumáticos de transporte. Esse teste simula o estresse pelo qual o pélete é submetido quando transportado por via pneumática (Mina Boac, 2006). Neste teste, uma amostra de 100 g de péletes íntegros é impulsionaada através de um sistema de dutos, por meio de um fluxo de ar produzido por uma ventoinha. A fragmentação ocorre quando o pélete se choca com as paredes dos dutos quando estes formam os ângulos retos. Ao final de 0,5 a 2,0 minutos é determinada a quantidade de finos produzida durante a avaliação (Lowe, 2005). Segundo Fahrenholz (2012), observou que a metodologia *Pfost* é mais consistente e de maior repetibilidade que a metodologia *Holmen*, devido ao volume das amostras (100 versus 500 g) e simplicidade do teste rotativo menos sujeito aos erros de operação.

Na ração peletizada, os finos representam a porção que esta desagregada da sua forma inicial, formando partículas menores que os péletes, sendo formados em qualquer estágio da peletização, no transporte e no manuseio da ração na granja (Pucci, 2010).

Rendimento industrial

A peletização de rações traz diversas vantagens para a nutrição animal quando comparada à forma física farelada, como: diminuição do desperdício de ração, redução da segregação de ingredientes, diminuição de microrganismos, melhora na preferência alimentar pelos animais, redução da seletividade, facilidade de apreensão da dieta, aumento da energia produtiva em função do menor tempo gasto para consumo e aumento da digestibilidade de diferentes frações da dieta (Behnke, 1994).

Atualmente esse processo é muito utilizado nas fábricas de ração animal em todo o mundo, sendo o processo de maior demanda de energia elétrica e capital dentro da cadeia de alimentação animal (Meinerz et al., 2001), tornando a qualidade do processo imprescindível para a obtenção de péletes íntegros e em bom estado.

Apesar dos benefícios gerados pela peletização, é o processamento que representa o maior custo de manutenção, e principalmente o maior consumo de energia elétrica (Biagi, 1990). A peletização pode influenciar o rendimento da fábrica de rações principalmente se

esta não for bem planejada e dimensionada, e trabalhar numa margem de produção acima de sua capacidade, o que acontece na maioria das agroindústrias avícolas e suínícolas brasileiras que foram instaladas e projetadas a muito mais tempo (Meinerz et al., 2001). Porém, uma ração mal peletizada ou mal manejada da indústria até as granjas, pode acarretar em prejuízos devido ao aumento da concentração de partículas desagregadas (finos). Quando existe uma concentração de finos elevada, os benefícios da peletização são igualados em relação às dietas fareladas, tornando o processo de peletização inviável. Nesse sentido, é importante que se mantenha um monitoramento constante na fábrica de ração para que atinja o máximo rendimento do processo e qualidade de pélete.

Fatores que afetam a qualidade do pélete

A qualidade do pélete depende de todo o sistema de fabricação desde a formulação, moagem, mistura, até o resfriamento e transporte. Dos fatores que mais se destacam no processo à qualidade do pélete, são o tamanho de partícula que pode variar de muito fina a muito grossa de acordo com o tamanho dos furos da peneira do moinho, onde são processadas (Zanotto et al., 1999). A redução do tamanho das partículas por moagem, prensagem ou amassamento em geral melhora o desempenho do animal. Por isso, o controle do processo de moagem é importante na fábrica de rações (Bellaver, 2000). A adição de umidade (água adicionada sob a forma de vapor durante o condicionamento), atuam como “cola” entre partículas do pélete. Essa capacidade aglutinante tem como base as propriedades de capilaridade e tensão superficial da água (Froetschner, 2006). A água pode agir como substância lubrificante para reduzir o atrito entre a ração e parede dos furos da matriz da prensa (Ziggers, 2003; Farenholz, 2012), podendo assim impactar negativamente na durabilidade do pélete. Também, a inclusão de gordura, no qual o nível de óleo e gorduras presente na dieta interfere no processo de peletização, podendo auxiliar no processo até um determinado nível e posteriormente prejudicando o processo e a qualidade do pélete final (Miranda, 2011). A gordura lubrifica o contato da ração com a parede dos furos da matriz facilitando a passagem da ração pela matriz e diminuindo a compactação da ração dentro da prensa (Farenholz, 2012). Além disso, a adição de gordura na ração previamente ao condicionamento leva a um encapsulamento parcial das partículas da ração dificultando a penetração do vapor e umidade e, portanto, reduzindo a gelatinização do amido e as forças capilares de adesão (Lowe, 2005; Farenholz, 2012). O processamento térmico, no qual o condicionamento é um dos fatores mais importantes para alcançar uma boa qualidade física da ração. O vapor utilizado durante o condicionamento rompe a estrutura do amido e causa sua gelatinização, assim como a alteração das estruturas terciárias das proteínas (Netto, 2014). A peletização pode prejudicar o desempenho se a temperatura não for usada corretamente durante o

condicionamento. O sistema de resfriamento, no qual a temperatura deve estar adequada para retirar a umidade adicional da ração, pois nesta etapa as condições são favoráveis para o desenvolvimento de microrganismos (Neckel, 2016). Do contrário, ocorrerá redução da durabilidade do pélete, ou seja, quebras e perdas no processo final. Por fim, características ligadas a peletizadora como a amperagem. Este deve ter adequada adição de vapor no condicionador, pois atua como efeito lubrificante e reduz a força de atrito gerada na matriz peletizadora, onde ocorre modificação das reações físico-químicas da ração e redução de microrganismos, melhorando assim a qualidade dos péletes (Smallman, 1996).

Estes são fatores difíceis de serem monitorados em uma fábrica de ração, por serem fatores muito variáveis. Se existissem dados organizados sobre a importância de cada fator, o trabalho do nutricionista e colaboradores da fábrica, tornaria o trabalho mais fácil e prático.

Aplicação de modelagem matemática em processos industriais

A sistematização de dados tem como objetivo organizar e resumir os dados de tal forma que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Esta fase de análise de dados na pesquisa permite compreender melhor os dados coletados, confirmar ou não os pressupostos da pesquisa e responder as questões formuladas, ampliando o conhecimento sobre o assunto pesquisado e articulando-o ao contexto cultural do qual faz parte (Minayo, 1994).

Os modelos constituem ferramentas para as tomadas de decisões em nutrição e produção animal comercial e definição de prioridades para pesquisa, pois ajudam a determinar aspectos desconhecidos que não permitem obter de outra forma previsões adequadas. A partir de modelos biológicos razoáveis para um sistema particular, pode-se ainda proceder simulações que permitam avaliações simultâneas de problemas estudados em vários projetos de pesquisa, as quais poderiam ser inviáveis do ponto de vista econômico e prático em uma experimentação física (Rondon et al., 2014).

Existem classificações quanto aos modelos matemáticos: estático ou dinâmicos, determinísticos ou estocásticos e como empíricos ou mecanísticos. Os modelos estáticos descrevem um fenômeno em determinado momento ou instante sem incorporar a variação no tempo (determinações de exigências nutricionais para uma idade específica), enquanto nos modelos dinâmicos os parâmetros podem variar no tempo - curvas de crescimento por exemplo (Moughan & Smith, 1987). Modelos determinísticos são aqueles que só têm uma única resposta, enquanto nos modelos estocásticos (ou probabilísticos) possíveis respostas dependem de uma distribuição de probabilidade (Rondon et al., 2014). Os modelos empíricos são baseados apenas em correlações ou associações entre duas ou mais variáveis, sem levar em consideração os mecanismos que controlam o fenômeno. Por outro lado, os

modelos mecanísticos tentam explicar ou descrever os mecanismos envolvidos, baseando-se nas leis da física, da química e da bioquímica (Rondon et al., 2014).

Os desenvolvedores e usuários desses modelos que usam as informações obtidas a partir dos resultados desses modelos estão preocupados, com o fato de um modelo e seus resultados estarem “corretos”. Essa preocupação é abordada por meio da validação de modelos (Sargent, 2009). Assim, quando definido um modelo matemático para o sistema em estudo, é interessante a checagem da qualidade de predição desse modelo. A utilização deste modelo implica na checagem da equação de predição contra um conjunto independente de dados para verificar se esse modelo é capaz de predizê-lo (Oredein et al., 2011). Validação de modelo é geralmente definida para significar “comprovação de que um modelo computadorizado dentro de seu domínio de aplicabilidade possui uma faixa satisfatória de precisão consistente com a aplicação pretendida do modelo” (Schlesinger 1979).

Um modelo deve ser desenvolvido para um propósito específico e sua validade é determinada em relação a esse propósito. Neste contexto, um modelo é considerado válido para um conjunto de condições experimentais se a acurácia do modelo estiver dentro da faixa aceitável, que é a acurácia exigida para a finalidade pretendida do modelo. Isso geralmente requer que as variáveis de saída do modelo de interesse (ou seja, as variáveis do modelo usadas na resposta às perguntas que o modelo está sendo desenvolvido para solucionar) sejam identificadas e que sua acurácia seja especificada (Sargent, 2009).

Um estudo recente desenvolvido por Schroeder *et al.*, 2020 utilizou a modelagem matemática para modular a qualidade dos péletes, identificar fatores influentes e validar os modelos em um processo industrial de peletização de rações para frangos de corte e suínos. Os modelos obtidos neste estudo diferiram quanto ao número de fatores preditores selecionados no procedimento estatístico. Porém, os principais fatores (aqueles responsáveis pela maior parte da variância) se repetiram em quase todos os modelos. A amperagem, a temperatura do resfriador e do condicionador, além da inclusão do óleo de soja na fórmula da ração foram os principais fatores nos modelos para prever o índice de durabilidade do pélete e finos. Além disso, a análise de validação mostrou que modelos com menor número de fatores inseridos nos modelos apresentaram maior acurácia e veracidade. Estes são fatores que estão ligados as características da peletizadora e, na maioria das fábricas, são facilmente monitorados. Outros fatores importantes nestes modelos são ingredientes que compõem a dieta. Assim, os modelos obtidos neste estudo poderiam ser incorporados ao software de formulação a fim de indicar ao nutricionista se a fórmula gerada irá maximizar ou minimizar a qualidade dos péletes e do rendimento do processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, os modelos matemáticos no processo de peletização são úteis nos setores de garantia de qualidade das fábricas de ração, permitindo a melhor definição de parâmetros para monitoramento e também podem ser úteis como facilitadores nas tomadas de decisão. O trabalho do nutricionista na fábrica de ração também pode ser beneficiado pela disponibilidade de dados concretos nesta área do conhecimento.

Portanto, realizar a validação de modelos é considerada um procedimento muito importante e geralmente faz parte de todo o processo de desenvolvimento do modelo. Nesse sentido, a modelagem no processo de peletização é relevante, pois estima os efeitos das características em estudo sobre diferentes variáveis de interesse na indústria.

■ REFERÊNCIAS

1. ABDOLLAHI, M. R. *et al.* Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolizable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 168, n. 1/2, p. 88-99, 2011.
2. ATINCO, L. P. **Qualidade de pélete em dietas para leitões em fase de creche**. 2015. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
3. BEHNKE, K. Factors affecting pellet quality. *In*: MARYLAND NUTRITION CONFERENCE, 1., 1995, College Park. **Proceedings**. College Park: College of Agriculture, University of Maryland, 1994. p. 44-54.
4. BELLAVER, C.; NONES, K. A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. *In*: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 4., 2000, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: AGA, 2000. p. 59-78.
5. BIAGI, J. D. Tecnologia da peletização da ração. *In*: SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1990, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1990. p. 37-59.
6. CAVALCANTI, W. B.; BEHNKE, K. C. Effect of composition of feed model systems on pellet quality: a mixture experimental approach. II. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 82, n. 4, p. 462-467, 2005.
7. CRAMER, K. R. *et al.* Effect of sorghum-based diets subjected to various manufacturing procedures on broiler performance. **Journal Applied Poultry Research**, Champaign, v. 12, n. 1, p. 404-410, 2003.
8. CRESWELL, D.; BEDFORD, M. High pelleting temperatures reduce broiler performance. **Australian Poultry Science**, Sydney, v. 18, n. 1, p. 1-6, 2006.

9. DONALD, A. M. Plasticization and self-assembly in the starch granule. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 78, n. 3, p. 307-314, 2001.
10. DOZIER, W. A. Pelet de calidad para obtener carne de ave más economica. **Alimentacion Balance Animal**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 16-19, 2001.
11. FAHRENHOLZ, A. C. **Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet durability**. 2012. 104 f. These (Doctor of Philosophy) - Department of Grain Science and Industry College of Agriculture, Kansas University, Manhattan, Kansas, 2012.
12. FROETSCHNER, J. Conditioning controls pellet quality. **Feed Technology**, [England], v. 10, n. 6, p. 12-15, 2006.
13. HAN, X. Z.; HAMAKER, B. R. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. **Journal of Cereal Science**, London, v. 34, n. 3, p. 279-284, 2001.
14. HANCOCK, J. D.; BEHNKE, K. C. Use of ingredient and diet processing technologies to produce quality feeds for pigs. *In*: LEWIS, A. J.; SOUTHER, L. (ed.). **Swine nutrition**. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRS, 2001. p. 469-492.
15. HERMANSSON, A. M.; KIDMAN, S. Starch a phase-separated biopolymer system. *In*: J.R. Mitchell (Ed.). **Biopolymer mixtures**. Nottingham: Nottingham University Press, 1995. p. 225-245.
16. KLEIN, C. H.; KESSLER, A. M.; PENZ, A. M. Efeito da forma física da ração sobre alguns parâmetros do metabolismo energético de frangos de corte. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais [...]**. Brasília, DF: SBZ, 1995. p. 482-483.
17. KLEIN, C. H. **Efeito da forma física e do nível de energia da ração sobre o desempenho, a composição da carcaça e a eficiência de utilização da energia metabolizável consumida por frango de corte**. 1996. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
18. KOTARA, D.; FUCHS, B. The effect of gelatinization degree and source of starch on the ileal and faecal digestibility of nutrients and growth performance of early-weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 10, p. 163- 170, 2001. Supl. 2.
19. KULIG, R.; LASKOWSKI, J. Effect of conditioning parameters on pellet temperature and energy consumption in the process of plant material pressing. **Teka Komisji Mototoryzacji Energetyki i Rolnictwa - OL PAN**, Lublin, v. 8, n. 1, p. 105-111, 2008.
20. LARA, L. J. C. *et al.* Influência da forma física da ração e da linhagem sobre o desempenho e rendimento de cortes de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 4, p. 970-978, 2008.
21. LOWE, R. Judging pellet stability as part of pellet quality. **Feed Technology**, [England], v. 9, n. 2, p. 15-19, 2005.
22. LUND, D.; LORENZ, K. J. Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia v. 20, n. 4, p. 249- 273, 1984.

23. MCKINNEY, L. J.; TEETER, R. G. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, n. 7, p. 1165- 1174, 2004.
24. MEINERZ, C. *et al.* Níveis de energia e peletização no desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte com oferta alimentar equalizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 2026-2032, 2001.
25. MINA-BOAC, J.; MAGHIRANG, R. G.; CASADA, M. E. Durability and breakage of feed pellets during repeated elevator handling. *In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING*, 2006, Portland. **Proceedings** [...]. Portland: ASABE, 2006. p. 1-12.
26. MINAYO, M. C. S. *et al.* **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 1994. 80 p.
27. MIRANDA D. J. A. **Efeito da granulometria do milho e do valor de energia metabolizável em rações peletizadas para frango de corte**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
28. MORITZ, J. S. *et al.* Feed manufacture and feeding of rations with graded levels of added moisture formulated to different energy densities. **Journal Applied Poultry Research**, Champaign, v. 12, n. 3, p. 371-381, 2003.
29. MOUGHAN, P. J.; SMITH, W. C.; PEARSON, G. Description, and validation of a model simulating growth in the pig (20-90 kg live weight). **New Zealand Journal of agricultural Research**, Singapore, v. 30, n. 4, p. 481-489 1987.
30. MURAMATSU, K. **Aplicação de modelagem preditiva no processo de peletização de rações para frangos de corte**. 2013. 99 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
31. MURRAY, S.M. *et al.* In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 2, p. 435-444, 2001.
32. NETTO, T. V. M. **Temperatura de condicionamento no processo de peletização de dietas para frangos de corte**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
33. NECKEL, K. J. P. **Influência do condicionamento no processo de peletização sobre a qualidade física da dieta para frangos de corte**. 2016. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
34. NILIPOUR, A. Produciendo pelets de calidad. **Indústria Avícola**, [Italy], v. 41, n. 2, p. 28-30, 1994.
35. OREDEIN, A. I.; OLATAYO, T. O.; LOYINMI, A. C. On validating regression models with bootstraps and data splitting techniques. **Global Journal of Science Frontier Research**, [Massachusetts], v. 11, n. 6, p. 1-6, 2011.
36. PEISKER, M. Impacts on nutritive value and hygienic status in broiler feeds. *In: AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM*, 18., 2006, Sydney. **Proceedings** [...]. Sydney: APSS, 2006. p. 7-16.

37. PUCCI, L. E. A. *et al.* Forma física, suplementação enzimática e nível nutricional de rações para frangos de corte na fase inicial: desempenho e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1272-1279, 2010.
38. REIMER, L. L.; BEGGS W. A. Making better pellets: harnessing steam quality. **Feed Management**, Sea Isle, v. 44, n. 1, p. 1-22, 1993.
39. ROBINSON, R. Pelleting-Introduction, and general definitions. *In*: PFOST, H. B. (ed.). **Feed manufacturing technology**. Arlington: American Feed Manufacturers Association, 1976. p. 103-110.
40. RONDÓN, E. O. *et al.* **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 678 p.
41. SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. *In*: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2009, Austin. **Proceedings** [...]. Austin: [s.n.], 2009. p. 162-176.
42. SCHLESINGER, S. Terminology for model credibility. *Simulation*, Amsterdam, v.32, p. 103-104, 1979.
43. SCOTT, T. A.; SWIFT, M. L.; BEDFORD, M. R. The influence of feed milling, enzyme supplementation, and nutrient regimen on broiler chick performance. **Journal Applied of Poultry Research**, Champaign, v. 6, p. 391-398, 1997.
44. SCHROEDER, B. *et al.* Empirical modelling the quality of pelleted feed for broilers and pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 265, p. 114-522, 2020.
45. SILVA, C. A. *et al.* Sunflower meal as feed to swine during the growing and finishing phase: digestibility, performance, and carcass quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 982-990, 2002. Supl. 2.
46. SKINNER-NOBLE, D.O. *et al.* Predicting effective caloric value of non-nutritive factors: III. Feed form affects broiler performance by modifying behaviour patterns. **Poultry Science**, v. 84, n. 1, p. 403-411, 2005.
47. SMALLMAN, C. Maximising conditioning potential. **Feed Milling International**, Rickmansworth, UK, v. 190, v. 11, p. 15-16, 1996.
48. SUN, Z. *et al.* Thermomechanical transitions of rice kernels. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 79, n. 3, p. 349-353, 2002.
49. SVIHUS, B. *et al.* Nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 117, n. 3/4, p. 281-293, 2004.
50. SVIHUS, B.; UHLEN, A. K.; HARSTAD, O. M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 122, n. 3/4, p. 303-320, 2005.
51. THOMAS, M. *et al.* Effects of process conditions during expander processing and pelleting on starch modification and pellet quality of tapioca. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 11, p. 1481-1494, 1999.
52. THOMAS, M.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pellet animal feed. Criteria for pellet quality. *In*: PHYSICAL QUALITY OF PELLET ANIMAL FEED: A FEED MODEL STUDY, 1998, Wageningen. **Proceedings** [...] Wageningen: WUR, 1998. p. 19-46.

53. WELLIN, F. Pelleting equipment operations. *In*: PFOST, H. B. (ed.). **Feed manufacturing technology**. Arlington: American Feed Manufacturers Association, 1976. p. 329-332.
54. ZALENKA, J. Effect of pelleting on digestibility and metabolizable energy of poultry diets. *In*: EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION, 14., 2003, Lillehammer. **Proceedings** [...]. Lillehammer: World's Poultry Science Association, 2003. p.127-128.
55. ZANOTTO, D. L.; GUIDONI, A. L.; BRUM, P. R. Granulometria do milho em rações fareladas para frangos de corte. *In*: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: SBZ, 1999.
56. ZIGGERS, D. Die determines the pellet production. **Feed Technology**, [England], v. 7, n. 8, p. 17-19, 2003.

“ Avaliação microbiológica de silagem de milho

▮ Thalyson Guirra **Eneias**
UPIS

▮ Guilherme **Soares Filho**
UPIS

▮ Nauany de Ataides Fernandes **Silva**
UPIS

▮ Eder **Marques**
UPIS

▮ Karolyne Moura **Nascimento**
UPIS

▮ Frederico Lopes da **Silva**
UPIS

▮ Wesley Espindula de **Santana**
UPIS

RESUMO

O seguinte trabalho teve por objetivo avaliar a presença de fungos na silagem de milho (*Zea mays*). No experimento utilizou-se de 4 tipos de cultivares híbridos de milho, sendo duas cultivares transgênicas (RB9789VIP3, RB9080PRO2) e duas cultivares convencionais (RB9060, RB9308). O ensaio experimental constitui-se em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos de três repetições cada, totalizando 20 amostras de silos diferentes, em que, foram coletadas de cada silo três amostras de níveis diferentes (início, meio e fim do silo). Foi analisada a presença do fungo, sua frequência e os tipos encontrados. A análise estatística foi realizada de acordo com a análise de variância utilizando o teste tukey para comparação de médias, em nível de significância 5%. Foram identificados 4 gêneros de fungos sendo eles: *Aspergillus sp.*, *Zigomicetos sp.*, *Fusarium sp.* e *Penicillium sp.* Os fungos *Aspergillus sp.* e *Zigomicetos sp.* obtiveram maior percentual de frequência em relação aos outros fungos e, em relação a presença ou não dos fungos nas amostras, 93% apresentaram fungos. No presente estudo foram observados: 20,8% de *Aspergillus sp.*, 2,08% de *Penicillium sp.*, 31,25% de *Zygomycetos sp.*, 12,5% de *Fusarium sp.* O manejo inadequado nos processos de compactação, vedação e fechamento do silo influenciaram no crescimento de fungos, nesse sentido recomenda-se extremo cuidado nas etapas de produção, pois estes fungos podem causar redução na qualidade do silo e futuros danos irreversíveis na saúde animal.

Palavras-chave: Frequência, Fungos, Silagem de Milho.

INTRODUÇÃO

O milho (*ea mays L.*) é uma cultura anual, pertence à família das poáceas e no grupo de plantas C4, podendo se adaptar a diferentes condições do ambiente. O grão de milho é utilizado principalmente para consumo humano e animal, sendo um alimento essencialmente energético, pois seu principal componente é o amido. (NUNES., 2016). Além disso, é identificado como uma das culturas mais utilizadas no processo de forragem conservada pelo método de ensilagem no Brasil, apresentando bom índice em rendimento de matéria verde, excelente qualidade de fermentação e pequena taxa em perda de valores nutricionais na massa ensilada. (EMBRAPA, 2019). Para a colheita do milho o ponto ideal para a silagem está entre 30 e 35% de matéria seca na planta toda, então a cada 100 g de forragem temos 30 a 35 de matéria seca e 60 a 70 g de água (NUSSIO et al., 2001).

Um dos maiores problemas na produção de ensilagem está na parte de enchimento, compactação e vedação do silo (JOBIM et al., 2007). O fechamento do silo deve ser realizado imediatamente após o término do processo de ensilagem, sempre mantendo o cuidado de vedar bem em todos os pontos do silo, para evitar a entrada de ar e água. O processo inadequado das etapas de compactação e vedação podem provocar efeitos insatisfatórios na silagem, contribuindo para o desenvolvimento de possíveis fungos filamentosos no qual quando submetidos a estresses criam compostos tóxicos no qual são denominados micotoxinas (SOUZA et al., 2011).

Dentre os fungos que podem aparecer em silagem, pode-se citar *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp*, *Fusarium spp* e os zigomicetos, como *Rhizopus*. Esses fungos atuam de forma negativa no processo de ensilagem, podendo degradar o alimento, o solo e produzir substâncias químicas tóxicas, denominadas de micotoxinas. As micotoxinas representa seus efeitos em quantidades bastante pequenas no alimento, por esta razão a identificação e avaliação exige uma amostragem aprimorada para preparação de amostras, extração e técnicas de análise. (REVISTA-FI, 2009).

Uma das micotoxinas mais estudadas são as aflotoxinas, que são produzidas durante o processo de armazenagem, por conta da umidade e temperatura elevada que favorecem o crescimento dos fungos. Estes fungos podem provocar intoxicações

irreversíveis em animais que forem infectados, ou seja, poucos animais conseguem recuperação, mesmo eliminando a fonte tóxica. Aflotoxinas causam distúrbios orgânicos quando o alimento contaminado for ingerido por um longo período de tempo que, dependendo de sua gravidade, pode provocar debilidade geral e/ou morte do animal (VITELA et al., 2003)

MATERIAL E MÉTODOS

O material para análise microbiológica foi obtido de um experimento implementado no campo agrostológico da Faculdade Integrada UPIS- União Pioneira de Integração Social - Campus II, localizada na fazenda Lagoa Bonita BR020 Km 020/ Km 12 DF 335 Km 4,8 Planaltina - Distrito Federal; localizada na região administrativa de Brasília com altitude a 1005 m², latitude 15°34'S, longitude 47°72'W. O solo da região é o latossolo vermelho, o clima tropical, com um índice de baixa pluviosidade na estação de inverno. A estação da seca fica entre o período de março a outubro, com um alto índice de pluviosidade no verão a média pluvial de chuvas anual chega a 1.433 milímetros mantendo uma temperatura média de 26°.

O experimento possuía o ensaio experimental em delineamento inteiramente casualizado, contendo 4 tratamentos de 3 repetições cada. Os tratamentos foram constituídos por quatro cultivares de milho sendo, dois transgênicos (RB9789VIP3, RB9080PRO2) e duas cultivares convencionais (RB9060, RB9308PROSILOMAIS), descritos a seguir:

- Milho 1 - RB9789VIP3: Transgênico, ciclo precoce e uso grãos e silagem;
- Milho 2 - RB9080PRO2: Transgênico, ciclo precoce, uso grãos e silagem;
- Milho 3 - RB9060: Convencional, ciclo normal, uso grãos e silagem;
- Milho 4 - RB9308 PROSILOMAIS: Convencional, ciclo precoce, uso grãos e silagem.

Ao ponto de colheita, o milho foi utilizado para a confecção das silagens com a planta inteira, neste sentido, as cultivares foram divididas em 4 tratamentos e 3 repetições, totalizando 12 silos e 36 amostras sendo assim 3 amostras de cada silo. O milho foi mantido ensilado por 60 dias, após esse período foram retiradas as amostras para avaliação de possíveis fungos causadores de micotoxinas.

As amostras foram separadas e identificadas de acordo com sua repetição e cultivar em tubos do tipo falcon de 50 mL e armazenadas sob refrigeração ($\pm 9^{\circ}\text{C}$) por 20 dias. Para a avaliação microbiológica foi pesado 1 g de cada amostra, a fim de se calcular a quantidade de microrganismos por grama de silagem. Em seguida cada amostra foi diluída em 99 mL de água destilada esterilizada. Após a diluição 10 μL de cada amostra foram plaqueados em meio BDA (Batata Dextrose Agar) comercial, realizado em câmara de fluxo laminar, e incubadas a temperatura ambiente, em média de 24°C por 72h.

Após a proliferação dos fungos nas respectivas placas foi realizado o processo de contagem das colônias presentes. Em seguida foi iniciado o processo de confecção das laminas sendo utilizado lâminas, lâminulas e lamparinas para esterelizar agulhas, esmalte para o

fechamento das lâminas e corante lactofenol (Azul algodão). Para cada lâmina foi utilizado 1 gota do corante e, com o auxílio das agulhas, os fungos foram retirados da placa, colocados na lâmina e coberto com a lâminula, cada lâmina pronta foi observada com o microscópio, analisando se havia a presença do fungo e seu desenvolvimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão apresentados os resultados médios em relação a presença dos fungos analisando a variação se há frequência ou não nos tratamentos.

Tabela 1. Percentual da análise sobre a presença e frequência dos fungos e seu percentual.

Tratamentos / Silagem	Presença de Fungos			
	Freq. Não	Percentual	Freq. Sim	Percentual
RB9308	2	17	10	83
RB9060	1	08	11	92
RB9789	0	00	12	00
RB9080 PRO 2	0	00	12	00
PRESENÇA	Frequência	Percentual	Frequência Cumulativa	Percentual Cumulativo
Não	3	6,25	3	6,25
Sim	45	93,75	48	100.00

Em relação a presença ou não dos fungos em 100% das amostras avaliadas, 93% apresentaram fungos. De acordo com a literatura, a presença de fungos pode estar associada às técnicas inadequadas durante o processo de armazenamento, compactação e fechamento do silo (BRYDEN, 2012). As cultivares RB9789 e RB9080 PRO2, demonstram 25% de presença dos fungos, em todas as repetições, a cultivar.

Já as cultivares RB9060 e RB9308 apresentaram resultados semelhantes referente a frequência dos fungos nas amostras, quando comparadas a não frequência demonstrando diferenças estatísticas com valores médios de 4,17% e 2,08% respectivamente.

Na tabela 2 estão expressos os resultados das médias referentes a análise de frequências das variáveis: frequência do fungo, tipo de fungo, percentual total de frequência do fungo referente as cinco cultivares avaliadas.

Tabela 2. Resultados em relação a frequência dos fungos, tipos de fungos percentual total, percentual por cultivar.

Tipos de Fungos	Silagem de Híbridos de Milho				Freq.	%
	RB9308	RB9060	RB9789	RB9080P2		
<i>Rhizopus</i>	4 8,33%	3 6,25%	5 10,42%	3 6,25%	15	31,25
<i>Aspergillus</i>	. .	6 12,50%	2 4,17%	2 4,17%	10	20,84
<i>Aspergillus + Zygomycetes</i>	1 2,08%	1 2,08%	4 33	1 2,08%	7	14,58
<i>Fusarium</i>	2 4,17%	1 2,08%	. .	3 6,25%	6	12,50
<i>Nenhum</i>	2 4,17%	1 2,08%	. .	. .	3	6,25
<i>Fusarium + Zygomycetes</i>	2 4,17%	. .	. .	1 2,08%	3	6,25
<i>Aspergillus + Fusarium</i>	1 2,08%	. .	. .	. .	1	2,08
<i>Aspergillus+Fusarium+ Zygomycetes</i>	. .	. .	1 2,08%	. .	1	2,08
<i>Penicillium</i>	. .	. .	. .	1 2,08%	1	2,08
<i>Zygomycetes + Penicillium</i>	. .	. .	. .	1 2,08%	1	2,08

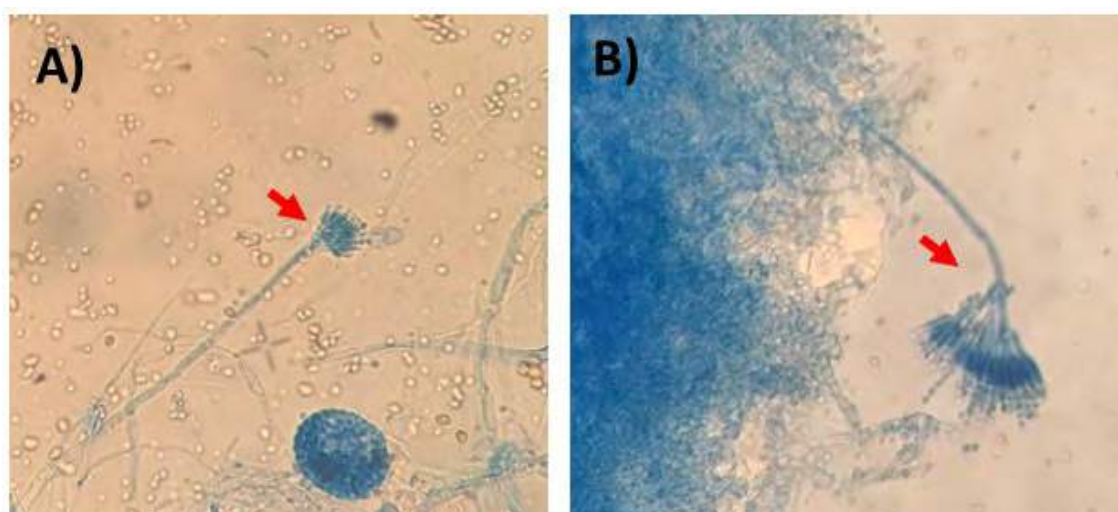
Foram identificados quatro tipos de fungos nas referidas cultivares sendo eles, *Aspergillus sp.*, *Zygomycetes*, *Fusarium sp.*, e *Penicillium sp.* De acordo com a literatura, estes são os principais fungos produtores de micotoxinas que contaminam os alimentos, sendo elas produzidas durante o período de produção ou armazenamento dos alimentos (YIANNIKOURIS; JOUANY, 2002).

Baseando-se nas características morfológicas citadas anteriormente, foram encontrados quatro grupos de fungos: *Zygomycetes*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.* e *Fusarium sp.*

Os fungos podem naturalmente ocorrer contaminando os vegetais em diferentes fases de produção, desde o cultivo da planta no campo até a colheita dos grãos, durante o transporte, armazenamento, processamento, etc., uma vez que as condições de temperatura e umidade sejam favoráveis para seu desenvolvimento (FRISVAD et al., 2006). No que se refere a silagens, um grande número de gêneros tem sido isolado, incluindo: *Monascus*, *Geotrichum*, *Bissochlamys*, *Mucor*, *Moniliella*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* (McDONALD et al., 1991). O desenvolvimento de tais fungos está associado a condições de aerobiose, ou seja, presença de oxigênio o que indica a má vedação da silagem, que em condições normais, se desenvolveria em ambientes anaeróbicos. Dessa forma, estes e outros microrganismos (bactérias) são os principais agentes que influenciam a qualidade das silagens (GUIM et al., 2002).

No presente estudo foram observados: 20,8% de *Aspergillus* sp. (FIGURA 15), 2,08% de *Penicillium* sp. (FIGURA 14), 31,25% de Zygomycetes (FIGURA 15), 12,5% de *Fusarium* sp. (FIGURA 16). A alta frequência de *Aspergillus* e *Fusarium* nas amostras, além de sugerir um problema na silagem (deterioração anaeróbica), também alerta para uma provável presença de micotoxinas, além de indicar da deterioração por fungos do grupo dos zigomicetos. De forma semelhante, Motta et al. (2015) observaram que dietas de vacas leiteiras, que incluíam silagem de milho, apresentaram maior frequência de gêneros *Aspergillus* spp. (20,09%), *Fusarium* spp. (14,16%) e *Penicillium* spp. (11,48%).

Figura 3. *Penicillium* sp. (setas) encontrados em diferentes amostras de silagem de milho: A) RB 9060 e B) RB 9060 PRO2 T4 R1.



O resultado referente ao fungo Zygomycetes apresentam maior frequência em relação a todas as outras, cultivares analisadas em total de 30%. Quando se refere a frequência por cultivar, a cultivar RB9789 apresentou maior percentual 8,33% comparadas com as demais.

O fungo *Aspergillus* se apresenta em 20,84% de todas as cultivares avaliadas, entretanto, não se observa frequência do fungo na cultivar RB9380, se sobressaindo em 10% na cultivar RB9060. De acordo com Charles Ortiz 2013 trabalhando com composição de micotoxinas em silagem de milho relatou que em seu trabalho apenas 3 amostras de 327 apresentaram a presença do fungo *Aspergillus* sp, isso pode ser explicado pela baixa tolerância do fungo a ambientes anaeróbios, diferenciando então sobre as condições de má compactação neste experimento.

Os fungos *Fusarium* e *Penicillium* obtiveram menor frequência, em 10% do total das amostras *Fusarium* apareceu, embora este fungo infecta principalmente cereais, também pode ser encontrado em forragens no campo e após a colheita (YIANNIKOURIS et al JOUANY, 2002)., sendo então seis casos de não presença e frequência em duas cultivares, comparando com o *Penicilium* que foi registrado somente em 1 cultivar, 2,08% no total.

Algumas amostras onde ocorria a presença de dois fungos ou mais como *Aspergillus* + *Zigomicetos*, onde demonstra ser intensificado na cultivar RB9789. As frequências dos demais fungos em combinações foram relativamente parecidas em um total de 1% a 5%, aparecendo em 1 ou 2 cultivares.

Figura: *Aspergillus* sp.

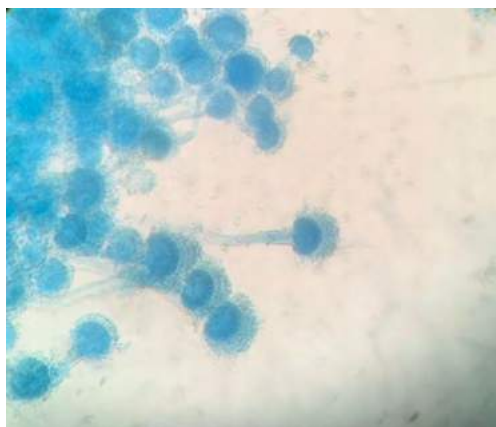


Figura: *Zigomicetos*.

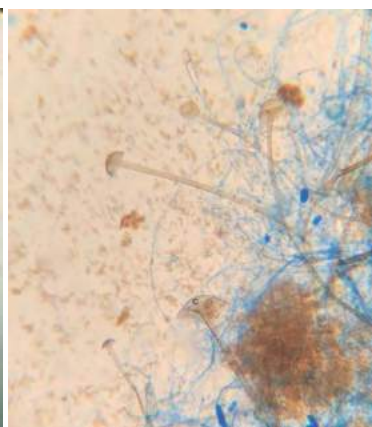
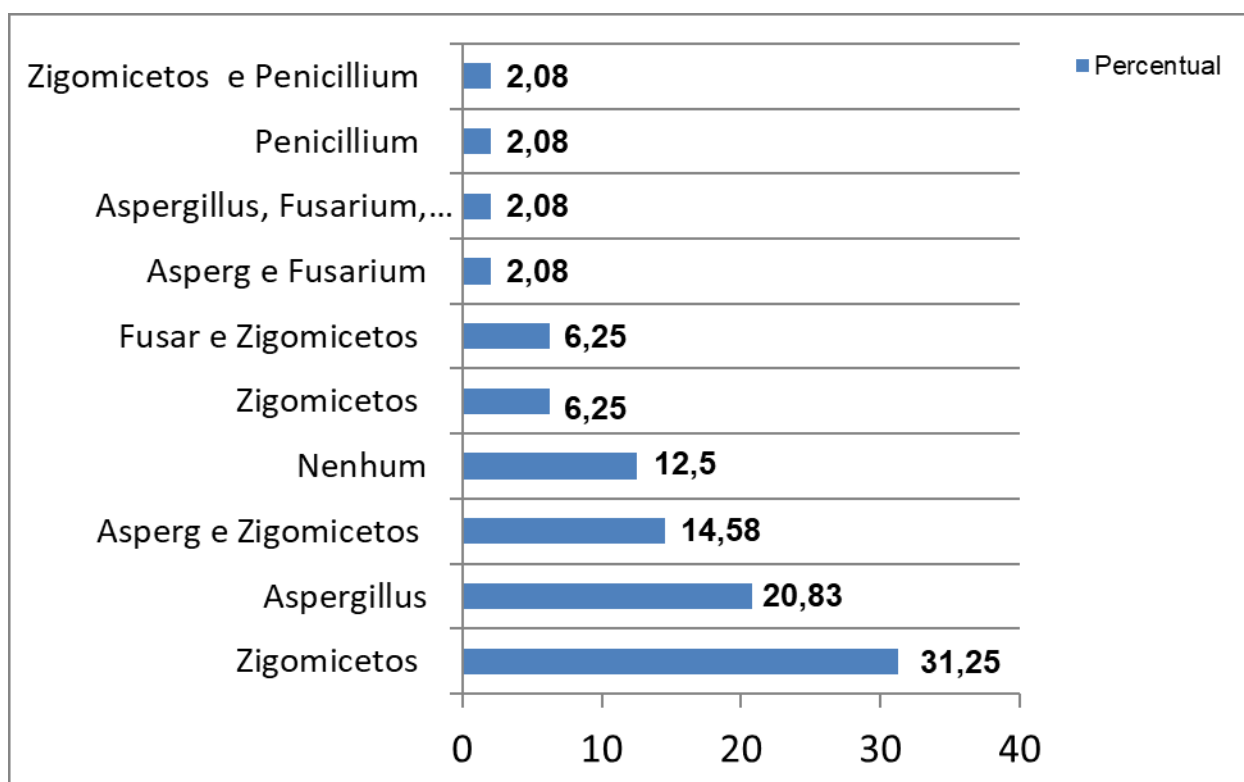


Gráfico 1: Frequência dos fungos encontrados



De acordo com os resultados gerais do presente estudo pode-se observar no (Gráfico 1) que o fungo *Zigomicetos* apresenta uma maior frequência em todo o estudo, podendo se afirmar que o manejo inadequado dos processos de ensilagem pode provocar efeitos insatisfatórios na saúde animal

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que o manejo inadequado nos processos de compactação, vedação e fechamento do silo influenciaram no crescimento de fungos. Nesse sentido recomenda-se extremo cuidado nas etapas de produção, pois estes fungos podem causar redução na qualidade do silo e futuros danos irreversíveis na saúde animal.

■ REFERÊNCIAS

1. BRYDEN, W. L. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Anim. Feed Sci. Technol.* 173:134-158.
2. CAMPOS, F.P.; PAZIANI, S. F. Silagem de milho: ponto ideal de colheita e suas implicações. *Pesquisa & Tecnologia*, vol. 12, n. 1, Jan-Jun 2015. Disponível em: <www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2015/janeiro-junho-3/1651-silagem-de-milho-ponto-ideal-de-colheita-e-suas-implicacoes/file.html>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
3. CHAVES, Rodrigo Görgen. **Silagem de milho, fases do processo fermentativo**. 2017. Disponível em: <<http://folhaagricola.com.br/artigo/silagem-de-milho-fases-do-processo-fermentativo>>. Acesso em: 09 set. 2019.
4. CRUZ, J. C.; PEREIRA, I. A.; GONTIJO, M. M. Milho para silagem. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3j537ooi.html>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.
5. DE HOOG, G. S.; GUARRO, J.; GENE J.; FIGUERAS, M. J. **Atlas of Clinical Fungi**. 2nd ed. Vol. 1. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands, 2000.
6. DOLIVEIRA, Persio Sandir; OLIVEIRA, Jackson Silva e. **Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/gado-de-leite/busca-de-publicacoes>> Acesso em: 25 nov. 2019.
7. FRISVAD, J.C.; LARSEN, T. O. Extrolites of *Aspergillus fumigatus* and other pathogenic species in *Aspergillus* Section Fumigati. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 1485, 2016.
8. FRISVAD, J. C., NIELSEN, K. F.; SAMSON, R. A. **Recommendations concerning the chronic problem of identification of species associated with mycotoxigenic fungi in foods and feeds**. In: HOCKINGS, A.A.; PITT, J.I.; SAMSON, R.A.; THRANE, U. (Ed). *Advances in food Mycology*, New York: Springer, 2006. p. 33-46.
9. FOOD INGREDIENTS BRASIL. **As micotoxinas. FoodIngredients Brasil**. n. 7, p. 32- 40, 2009.
10. GUIM, A.; ANDRADE, P.; SCHOCKEN, R. P. I. Estabilidade Aeróbica de Silagens de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) Emurcheado e Tratado com Inoculante Microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2176-2185, 2002.
11. HOFFMANN, K., PAYWLOWSKA, J., WALTHER, G., WRZOSEK, M., HOOG, G., BENNY, G., KIRK, P., VOIGT, K. The family structure of the Mucorales: a synoptic revision based on comprehensive multigene-genealogies. **Persoonia**, v. 30, p. 57-76, 2013.

12. HORN, M.B. et al. **Qualidade de silagens de milho para gado leiteiro produzidas na Região Sul do Brasil quanto às micotoxinas.** PUBVET, Londrina, V. 8, N. 2, Ed. 251, Art. 1664, Janeiro, 2014
13. IAMANAKA, B.T., TANIWAKI, M.H., MENEZES, H.C., VICENTE, E. & FUNGARO, M.H.P. Incidence of toxigenic fungi and ochratoxin A in dried fruits sold in Brazil. *Food Additives and Contaminants* 22:1258–1263. 2010
14. Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management, v. 15, n. 4, out/dez 2019 ISSN 1983-4209 revista.uepb.edu.br/index.php/biofarm. Disponível em: <www.lonax.com.br/lona-para-silagem-a-importancia-de-escolher-um-material-de-qualidade/>. Acesso em: 08 de setembro de 2019. KIRK, P.M.; CANNON, P.F.; DAVID, J.C. & STALPERS, J.A. 2001. **Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi.** 9th ed. Wallingford, CABI.
15. KOZAKIEWICS, Z. *Aspergillus* species on stored products. **Mycological Papers**, v. 161, p. 1-188, 1989.
16. McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage.** 2nd. ed. Marlow : Chalcombe, 1991. 339 p.
17. McDONALD, P., HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage.** 2 ed. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
18. MOTTA, T. P.; FRIZZARIN, A.; MARTINS, T. M.; MIRANDA, M. S.; ARCARO, J. R. P.; AMBROSIO, L. A.; POZZI, C. R. Estudo sobre a ocorrência de fungos e aflatoxina B1 na dieta de bovinos leiteiros em São Paulo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 23-28, 2015.
19. McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage.** 2nd. ed. Marlow : Chalcombe, 1991. 339 p.
20. NELSON, E. B. Exudate molecules initiating fungal responses to seed and roots. In D. L. Keister, and P.B. Cregan (Eds.) *The rhizosphere and plant growth.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp. 197-209, 1991.
21. NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. **Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho.** P. 127-145. Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas (2001 – Maringá) / Editores Jobim, C.C.; Ceccato, U.; Damasceno, J.C.; Santos, G.T. – Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319p.
22. PITT, J. I. **A laboratory guide to common *Penicillium* species.** Australia: Food Science Australia a Joint Venture of CSIRO and AFISC, 2000. 197p.
23. RIBES, J. A.; VANOVER-SAMS, C. L.; BAKER, D. J. Zygomycetes in Human Disease. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 13, n. 2, p. 236-301, 2000.
24. TAQUARI, Assessoria de Imprensa da Associação de Produtores de Leite B do Vale do. **As três principais causas de perdas na silagem.** 2003. Disponível em: <http://www.paginarural.com.br/artigo/610/as-tres-principais-causas-de-perdas-na-silagem>. Acesso em: 25 nov. 2019.
25. SILVA, Julivan Arantes da. **Lona para Silagem, absolutamente TUDO sobre como fazer Silagem e Silo.** 2018. Disponível em: <https://www.momentoagrodobrasil.com.br/lona-para-silagem/>. Acesso em: 02 set. 2019.

26. SILVA, J. M da; CARDOSO, E. G. **Silos, silagem e ensilagem**. Campo Grande, MS, 14 fev. 1995 n° 02. Disponível em: <<http://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD02.html>>. Acesso em: 30 de outubro de 2019.
27. SOUZA, Camilla Maciel de; NOVINSKI, Charles Ortiz; SCHMIDT, Patrick. **Níveis de toxinas em cinco bacias leiteiras no Brasil**. Disponível em: <<http://www.ensilagem.com.br/wp-content/uploads/2013/04/Materia-micotoxinas-Silagem-Milho.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.
28. SOUZA, W.F. Silagem de soja associada a diferentes níveis de silagem de milho em dietas para bovinos de corte. 2011. 40p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
29. VALENTE, J. R. S. **Estudo molecular de estirpes de *Aspergillus fumigatus* isolados em aviários e em aves diagnosticadas com aspergilose**. Possíveis implicações na Saúde Pública. Dissertação (mestrado). Universidade Nova de Lisboa, 2014. KIRK, P.M.; CANNON, P.F.; DAVID, J.C. & STALPERS, J.A. 2001. **Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi**. 9th ed. Wallingford, CABI.
30. VIELA, D.; VEIGA, V. M. O. A silagem e seus riscos. Juíz de Fora, MG: INSS, Dezembro, 2003. Disponível em:< <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65398/1/COT-33-A-silagem-e-seus-riscos.pdf>>. Acesso em: 12 de setembro de 2019.
31. YIANNIKOURIS, A.; JOUANY, J.P. **Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review**. Animal Research, v.51, p.81-99, 2002..

“

Biometria *in vivo* de cordeiros corriedale submetidos ou não a restrição alimentar

▮ Andressa Ana **Martins**

▮ Ana Maria Osorio **Dias**

▮ Anderson Bortoluzzi **Moro**

▮ Juliene da Silva **Rosa**

▮ William Soares **Teixeira**

▮ Juliano Henriques da **Motta**

▮ Aliei Maria **Menegon**

▮ Rafael Sanches **Venturini**

▮ Robson Rodrigues **Simões**

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar as medidas biométricas *in vivo* de cordeiros Corriedale, submetidos ou não à restrição alimentar. Foram utilizados 18 cordeiros, machos castrados, desmamados, com peso médio inicial de 25,0 Kg, confinados, divididos em três tratamentos: alimentados *ad libitum* e submetidos a dois níveis de restrição alimentar, 70 e 55% do consumo *ad libitum*, expresso em percentual do peso vivo. A dieta foi silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench), grão de milho (*Zea mays* L.), farelo de soja (*Glycine max* L.), calcário calcítico e mistura mineral sendo calculada para atender às exigências de proteína bruta, energia metabolizável e macrominerais preconizadas pelo NRC (2007), para ganho de 0,200 kg diários. Antes do abate, os animais foram pesados e neste momento foram realizadas as avaliações biométricas *in vivo*: comprimento corporal, altura do posterior, altura do anterior, perímetro torácico, conformação e avaliação do escore de condição corporal. Houve diferença significativa entre os níveis de alimentação para as variáveis peso vivo de abate, comprimento de carcaça, conformação e condição corporal ($P < 0,005$). Para as variáveis altura do posterior, altura do anterior e perímetro torácico, não foi observado nenhuma diferença significativa entre os níveis de alimentação ($P > 0,05$). Os animais com alimentação *ad libitum* apresentaram melhores valores biométricos, comparados aos animais que foram submetidos à restrição alimentar.

Palavras-chave: Alimentação, Duplo Propósito, Morfologia, Ovinos.

INTRODUÇÃO

Com as mudanças ocorridas no processo histórico da ovinocultura, a produção de carne ovina, principalmente de animais mais jovens, ganha destaque como grande precursora para a retomada da atividade. A ovinocultura é uma alternativa de exploração pecuária que vem ganhando destaque no Brasil devido principalmente ao aumento da atividade para a produção de carne, adquirindo importância no mercado do agronegócio (ARAÚJO et al., 2015). Os bons índices de produtividade estão ligados ao correto crescimento do animal e na composição dos tecidos corporais, estes, são influenciados por diversos fatores, em especial, aos aspectos nutricionais. De acordo com Almeida et al., (2015) a qualidade e a quantidade dos nutrientes oferecidos e consumidos pelos animais influenciam diretamente na produtividade.

O nível nutricional ao qual o animal está submetido exerce influência sobre o peso, o rendimento da carcaça e de seus cortes (Sañudo & Sierra, 1993). O autor Yáñez, (2004) afirma que o processo de crescimento tecidual começa pelo tecido ósseo, após se dá o crescimento do tecido muscular, seguido do adiposo. Através desta afirmação, pode-se deduzir que animais que recebem alimentação *ad libitum* desenvolvem normalmente todos os tecidos, e, animais que são submetidos à restrição alimentar sofrem mudanças no desenvolvimento dos tecidos, primordialmente do adiposo e, dependendo do nível, também do muscular. Segundo Kabbali et al., (1992) a restrição alimentar diminui a quantidade de gordura corporal, sendo os depósitos gastrintestinais de gorduras omental e perirrenal mais comprometidos. O que confirma a importância do fornecimento de uma alimentação adequada para garantir bons índices produtivos.

O conhecimento sobre as características qualitativas e quantitativas das carcaças de ovinos é de extrema importância para a indústria processadora de carnes. De acordo com Pinheiro & Jorge (2010), os resultados obtidos a partir da biometria *in vivo* possuem relação com as medidas de carcaça, e ainda, podem ser utilizados em conjunto ou isolados. Estas características informam não apenas sobre às medidas morfométricas, mas também quanto à conformação e estado de engorduramento da carcaça. O sistema de produção deve estar de acordo com as exigências do mercado consumidor, produzindo carcaças com boa musculatura e adequados níveis de gordura.

Para garantir, e otimizar, a produção de carne de cordeiros é necessário levar em consideração a alimentação dos animais, deve-se atender as exigências nutricionais destes, pois, com o aporte adequado dos nutrientes é possível ter um melhor desempenho, e assim, melhores índices de produtividade na produção animal. Com isso, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar as medidas biométricas *in vivo* de cordeiros Corriedale alimentados *ad libitum* ou submetidos à restrição alimentar, recebendo 70 e 55% do consumo *ad libitum*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Ovinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, localizada em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Localizada a altitude de 95m, latitude de 29°43' Sul e longitude de 53°42' Oeste sendo, o clima, o do tipo Cfa, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen. Foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da mesma instituição (076/2014). No período de janeiro a junho de 2014.

Foram utilizados 18 cordeiros da raça Corriedale, machos castrados, mantidos em pastagem nativa até o desmame aos 80 dias de idade, com peso vivo médio inicial de 25,0 kg. Os cordeiros permaneceram confinados em baias individuais, totalmente cobertas, com piso ripado, providas de comedouros e bebedouros individuais, com 2 m². Os 18 animais foram divididos em três tratamentos: alimentados *ad libitum* e submetidos a dois níveis de restrição alimentar, 70 e 55% do consumo *ad libitum*, expresso em percentual do peso vivo, com a finalidade de se obter diferentes níveis de ingestão de energia metabolizável.

A dieta foi constituída por silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench), grão de milho (*Zea mays* L.), farelo de soja (*Glycine max* L.), calcário calcítico e mistura mineral, sendo calculada para atender às exigências de proteína bruta, energia metabolizável e macrominerais preconizadas pelo NRC (2007), para ganho de 0,200 kg diários. As composições bromatológicas dos ingredientes utilizados na formulação da dieta experimental estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na formulação da dieta experimental

Item (%)	Silagem de sorgo	Milho quebrado	Farelo de soja	Calcário Calcítico
Matéria Seca	29,23	93,60	95,48	99,00
Matéria Orgânica	94,45	98,47	93,28	0,46
Proteína Bruta	6,79	8,96	52,30	0,00
Extrato Etéreo	4,27	6,16	3,41	0,00
Fibra em Dergente Neutro	57,66	14,39	13,14	0,00
Fibra em Detergente Ácido	36,88	1,92	11,74	0,00
Carboidratos Totais	83,39	83,35	37,57	0,00
Carboidratos Não Estruturais	27,98	75,11	24,78	0,00
Cinzas	5,19	1,43	6,37	97,33
Nutrientes Digestíveis Totais ¹	57,23	87,24	81,54	0,00
Energia Líquida ²	1,28	2,01	1,88	0,00

Item (%)	Silagem de sorgo	Milho quebrado	Farelo de soja	Calcário Calcítico
Calcio ¹	0,30	0,03	0,34	37,33
Fósforo ¹	0,18	0,25	0,58	0,03

¹Valor tabelado (VALADARES FILHO et al., 2006)

²Valor calculado segundo Moe e Tyrrel (1976), EL = (0,0245 x %NDT) – 0,12

As proporções dos ingredientes e composição bromatológica da dieta experimental estão apresentados na Tabela 2. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, em horários pré-estabelecidos às 8:00 e às 16:00 horas. A quantidade ofertada aos animais alimentados *ad libitum* foi ajustada para manter as sobras em 10% do total oferecido.

Os animais foram pesados no início do período experimental e a cada intervalo de sete dias. Assim que um cordeiro alimentado *ad libitum* atingisse o peso pré- estabelecido de abate de 38 kg, este era preparado para o abate no dia seguinte, e ainda, para cada cordeiro do tratamento *ad libitum*, no peso de abate, um animal de cada tratamento com restrição animal, 70 e 55% do consumo *ad libitum*, também era abatido. Os animais permaneciam em jejum de sólidos por 14 horas antes do abate. No momento que precedia o abate dos cordeiros, os animais eram pesados, mantidos em pé em superfície plana para em seguida ser realizadas as avaliações biométricas *in vivo*.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes (%MS) e composição bromatológica da dieta experimental

Ingredientes	Proporção dos ingredientes (% MS)
Silagem de sorgo	50,00
Milho quebrado	22,75
Farelo de soja	25,58
Calcário calcítico	1,66
Composição bromatológica (% MS)	
Matéria seca	61,99
Matéria orgânica	93,48
Proteína bruta	18,81
Extrato etéreo	4,40
Fibra em detergente neutro	36,04
Fibra em detergente ácido	21,88
Carboidratos totais	70,26
Carboidratos não estruturais	37,41
Cinzas	4,54
Nutrientes digestíveis totais	67,66
Energia líquida	1,58

Ingredientes	Proporção dos ingredientes (% MS)
Cálcio	0,88
Fósforo	0,42

A morfometria corporal dos cordeiros foi obtida com o auxílio de fita métrica, conforme metodologia sugerida por Yañez et al. (2004). Sendo as seguintes medidas tomadas: Comprimento corporal (cm): distância entre a articulação cervico-torácica e a base da cauda, na primeira articulação intercoccígea; Altura do posterior (cm): distância entre a tuberosidade sacra e a extremidade distal do membro posterior; Altura do anterior (cm): distância entre a região da cernelha e a extremidade distal do membro anterior; e Perímetro torácico (cm): perímetro tomando como base o esterno e a cernelha, passando a fita métrica atrás da paleta. Realizou-se também a avaliação subjetiva da conformação numa escala de 1 a 5, onde 1 é muito pobre e 5 excelente; e do escore de condição corporal numa escala de 1 a 5, onde 1 é muito magra e 5 muito gorda, conforme metodologia descrita por Osório et al., (1998).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e seis repetições. Os dados foram analisados pelo proc GLM, nas médias foi aplicado o Teste Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o pacote estatístico SAS (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentadas as medidas biométricas *in vivo* de cordeiros Corriedale, submetidos ou não à restrição alimentar. Para a variável peso de abate verificou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os animais alimentados *ad libitum* e os animais submetidos à 70 e 55% do consumo *ad libitum*, com valores médios obtidos foram 38,02, 29,95, 26,31 Kg, respectivamente. Os cordeiros do tratamento *ad libitum* foram os mais pesados no momento do abate, pois este tipo de alimentação permite que a energia excedente da necessária para manutenção esteja disponível para a produção, ou seja, o excedente pode ser incorporado como parte do corpo dos animais. Os autores Yañez et al., (2004) em estudo com animais da raça Saanen submetidos a diferentes pesos e restrições nutricionais, também observaram que a restrição alimentar afetou o desenvolvimento e a deposição de tecidos dos cabritos.

A variável comprimento de carcaça também diferiu significativamente ($P < 0,05$) entre os tratamentos, onde os animais que receberam alimentação *ad libitum* obtiveram maior comprimento de carcaça, 77,80 cm, em relação aos animais submetidos à 70 e 55% do consumo *ad libitum*, 70,91 e 69,66, respectivamente. Esta diferença também foi observada por Garcia et al., (2003), em estudo que foram fornecidas dietas com diferentes níveis de energia para cordeiros, sendo que, os animais que receberam o maior nível de energia na dieta foram os que apresentaram o maior comprimento de carcaça. Para Homem Junior et al., (2010)

avaliando os efeitos de três dietas e dois regimes alimentares sobre o desempenho e as características de carcaça de cordeiros em confinamento, o regime alimentar com restrição reduziu o peso corporal em decorrência da menor oferta de alimento durante esse período, o que acabou retardando o crescimento dos cordeiros.

Para a variável conformação da carcaça ocorreu diferença significativa entre os níveis de alimentação ($P < 0,05$), segundo Osório et al., (2005), esta variável está relacionada com o estado de engorduramento da carcaça, mostrando que animais que receberam alimentação *ad libitum*, acumularam maior quantidade de gordura corporal. Os autores Azeredo et al., (2006) ao verificar o efeito da castração e da idade de abate e sua interação sobre a morfologia *in vivo* de ovinos da raça Corriedale, observaram que os animais não castrados apresentaram índices de conformação e estado de engorduramento da carcaça menores que os castrados. O que ocorre devido ao fato dos animais castrados depositar mais gordura em relação aos não castrados.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para a variável condição corporal entre os diferentes níveis de alimentação. Os animais do tratamento *ad libitum* apresentaram condição corporal média de 3,20, considerada média ou ideal segundo Osório et al., (1998), esse valor foi maior do que o valor médio encontrado nos animais submetidos a 70% do consumo *ad libitum* ou 55% do consumo *ad libitum*, 2,45 e 2,20 respectivamente. A condição corporal pode ser definida como o acúmulo dos tecidos musculares e adiposos, em determinado tempo do período da produção animal. Com isso, pode-se dizer que a alimentação *ad libitum* possibilita a maior deposição de tecidos musculares e adiposos na carcaça dos animais, do que a alimentação restrita.

Para as variáveis altura do posterior, altura do anterior e perímetro torácico não houve diferença significativa entre os níveis de alimentação ($P > 0,05$). Essas medidas são realizadas levando em consideração o crescimento do tecido ósseo, assim, pode-se dizer que a restrição alimentar não prejudicou o crescimento deste tecido. A uniformidade entre os tratamentos se dá pelo desenvolvimento do tecido ósseo, pois possui crescimento mais precoce em relação aos outros tecidos (muscular e adiposo), fato comprovado por Santos et al. (2001) que ao estudar o desenvolvimento relativo dos tecidos ósseo, muscular e adiposo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês, constatou que para todos os cortes estudados, o osso teve desenvolvimento precoce em relação ao desenvolvimento dos outros tecidos. A perna é considerada um corte nobre da carcaça, então suas medidas *in vivo* são bastante importantes e consideradas (ARAÚJO et al., 2015).

Tabela 3. Medidas biométricas *in vivo* de cordeiros Corriedale, submetidos ou não à restrição alimentar

Variável	Níveis de alimentação			CV (%)	P>F
	<i>Ad libitum</i>	70%	55%		
Peso de Abate (Kg)	38,02	29,95	26,31	10,83	0,0002
Comprimento de Carcaça (cm)	77,80	70,91	69,66	4,74	0,0036
Altura do Posterior (cm)	59,70	56,08	57,75	4,02	0,0664
Altura do Anterior (cm)	60,40	56,66	56,83	4,61	0,0661
Perímetro Torácico (cm)	94,50	89,50	85,66	8,41	0,1897
Conformação (1-5)	3,05	2,50	2,20	14,21	0,0063
Condição corporal (1-5)	3,20	2,45	2,20	15,59	0,0035

CV = Coeficiente de variação; P>F = Probabilidade e análise de variância

CONCLUSÕES

Os animais que recebem alimentação *ad libitum* desenvolvem normalmente todos os tecidos, e, animais que são submetidos à restrição alimentar sofrem mudanças no desenvolvimento dos tecidos. Assim, os animais submetidos à alimentação *ad libitum* apresentaram melhor desenvolvimento corporal do que os animais que foram submetidos à restrição alimentar.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, J.C.S.; FIGUEIREDO, D.M.; BOARI, C.A. et al. Desempenho, medidas corporais, rendimentos de carcaça e cortes, e qualidade de carne em cordeiros alimentados com resíduos da agroindústria processadora de frutas. Semina: Ciências Agrárias, v. 36, n. 1, p. 541-556, 2015.
2. ARAÚJO, R. P. de; SOUZA, B. B. de; ROBERTO, J. V. B.; DANTAS, N. L. B.; OLIVEIRA, G. J. C. de; BATISTA, L. F.; CORDÃO, M. A. Medidas Corporais e da Carcaça de Ovinos Suplementados com Diferentes Níveis de Sal Forrageiro de Faveleira. Rev. Cient. Prod. Anim., v.17, n.1, p.1-6, 2015.
3. AZEREDO, D. M. de; OSÓRIO, M. T. M.; OSÓRIO, J. C. da S.; MENDONÇA, G. de; ESTEVES, R. M.; ROTA, E. de L.; JARDIM, R. D.; PRADIÉE, J. Morfologia *in vivo* e da carcaça e características produtivas e comerciais em ovinos corriedale não castrados, castrados e criptorquidas abatidos em diferentes idades. R. Bras. Agrociência, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 199-204, abr-jun, 2006.
4. GARCIA, C. A.; MONTEIRO, A. L. G.; COSTA, C.; NERES, M. A.; e ROSA, G. J. M. Medidas objetivas e composição tecidual da carcaça de cordeiros alimentados com diferentes níveis de energia em creep feeding. Revista Brasileira de Zootecnia 32:1380-1390, 2003.
5. HASHIMOTO, J. H.; OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; MENDONÇA, G. E.; GOMES, R. M.; DESESSARDS, J. R.; e GARCIA, J. L. Avaliação *in vivo* e da carcaça de cordeiros Corriedale de diferentes sexos. Revista da FZVA 16:196-204, 2009.

6. HOMEM JÚNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. et al. Grãos de girassol ou gordura protegida em dietas com alto concentrado e ganho compensatório de cordeiros em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.3, p.563-571, 2010.
7. KABBALI, A.; JOHNSON, W.L.; JOHNSON, D.W. et al. Effects of undernutrition and refeeding on weights of body parts and chemical components of growing Moroccan lambs. *Journal of Animal Science*, v.70, n.9, p.2859-2865, 1992.
8. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384p.
9. OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; JARDIM, P. O. C.; PIMENTEL, M. A.; POUEY, L. O.; LUDER, W. E.; CARDELLINO, R. A.; OLIVEIRA, N. M. D.; GULARTE, M. A.; BORBA, M. F.; MOTTA, L.; ESTEVES, R.; MONTEIRO, E.; e ZAMBIAZI, R. Métodos para avaliação da produção de carne ovina: in vivo, na carcaça e na carne. Editora e Gráfica Universitária – UFPEL. Pelotas, RS, 1998.
10. OSÓRIO, J. C.; OSÓRIO, M. T.; MENDONÇA, G.; PEREIRA, P. H.; FARIA, H. V.; e OLIVEIRA, N. M. Morfologia e características produtivas e comerciais em cordeiros corriedale castrados e não castrados. *Revista Brasileira de Agrociência* 11:211-214, 2005.
11. PINHEIRO, R.S.B. e JORGE, A.M. Medidas biométricas obtidas in vivo e na carcaça de ovelhas de descarte em diferentes estágios fisiológicos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:440-445, 2010.
12. SANTOS, C. L. dos; PÉREZ, J. R. O.; MUNIZ, J. A.; GERASEEV, L. C.; SIQUEIRA, R. Desenvolvimento Relativo dos Tecidos Ósseo, Muscular e Adiposo dos Cortes da Carcaça de Cordeiros Santa Inês. *Rev. bras. zootec.*, 30(2):487-492, 2001.
13. SAÑUDO, C., SIERRA, I. Calidad de la canal y de la carne en la especie ovina. *Ovino y Caprino. Monografías del Consejo General de Colegios Veterinarios*. Madrid. España, p. 207-254. 1993.
14. SAS. Statistical Analysis Systems. User's Guide. Version 2014, SAS Institute, Cary, NC. YÁÑEZ, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D. et al. Utilização de Medidas Biométricas para Pre-dizer Características Cabritos Saanen. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.1564-1572, 2004.

“

Correlação entre monolignóides e a digestibilidade do capim Marandu fertilizado com esterco de poedeiras, incorporado ou não ao solo

▮ Gracielle Caroline **Mari**
UEM

▮ Diogo Rodrigues da **Silva**
UEM

▮ Ulysses **Cecato**
UEM

▮ Renan **Sanches**
UEM

▮ Wanderley Dantas dos **Santos**
UEM

▮ Vinícius Valim **Pereira**
UEM

▮ Ana Paula **Ferro**
UEM

▮ Bruno **Lala**
UNESP

▮ Murilo Donizeti do **Carmo**
FZEA

RESUMO

O objetivo foi avaliar a digestibilidade, a quantidade de unidades monoméricas de lignina e a correlação entre elas, em Capim Marandu com solo fertilizado com diferentes doses de esterco de galinhas poedeiras, com e sem incorporação do esterco ao solo. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 5X2, com cinco tratamentos de fertilização do solo e dois tipos de manejo do solo, com ou sem incorporação do adubo. Os períodos de avaliação foram divididos em verão (2013/2014), outono (2014), inverno (2014) e primavera (2014). Os tratamentos foram à base do nutriente fósforo contido no esterco de galinha poedeira, sendo as doses aplicadas: 0, 25, 50, 100 e 150 kg de P ha⁻¹. Para DIVMSc, o efeito da dose de fertilização ocorreu nas estações de verão, outono e primavera. Para DIVMSf, houve efeito das doses de fertilização nos períodos de verão, outono e primavera, e interação entre os tratamentos no inverno. A concentração dos monômeros Gf, Hf e Sf foi influenciada pelas doses de fertilização aplicadas, bem como pelas proporções de Gc, Hc e Sc. Observou-se correlação significativa e baixa entre a quantidade de Gf e o DIVMSf, e para Gc e DIVMSc para o tratamento EGP (50), sendo esta uma relação de magnitude negativa para DIVMSf e DIVMSc.

Palavras-chave: Adubação Orgânica, Brachiaria Brizantha, Forragicultura, Guaiacila, Hidroxifenila, Siringila.

INTRODUÇÃO

A qualidade nutricional das forragens está intimamente relacionada à degradação da parede celular, pois esta é o principal constituinte dos tecidos vegetais, podendo compor até 80% da matéria orgânica e sua fermentação no rúmen é a principal fonte energética para a produção animal. Tanto o consumo, quanto a digestibilidade das forragens são influenciados pela proporção e pela resistência da parede celular à degradação durante o processo de digestão. A lignina é um dos componentes da parede celular dos vegetais e a sua estrutura não é totalmente conhecida. Ela é um polímero formado de monômeros fenólicos e, normalmente, é considerado como um dos principais componentes responsáveis pela queda da digestibilidade dos nutrientes das plantas forrageiras (VAN SOEST, 1994). A lignina é o terceiro material biológico mais abundante no planeta, superado apenas pela celulose e hemicelulose, e representa cerca de 15 a 25% da massa seca das plantas lenhosas. Esta macromolécula desempenha um papel vital no apoio mecânico e ligamento das fibras vegetais (Sjöström, 1993).

Ligninas são heteropolímeros fenólicos, que são derivados principalmente de três álcoois hidroxicinamóis (monolignóis), que diferem entre si pelo grau de metoxilação (*p*-cumaril, coniferil e sinapil). Os monolignóis produzem, respectivamente, as unidades *p*-hidroxifenil (H; não metoxilado), guaiacil (G; monometoxilado) e siringil (S; di-metoxilado), quando são incorporados ao polímero da lignina (BOERJAN et al., 2003). As unidades monoméricas H, G e S podem apresentar diferentes proporções nas plantas, sendo altamente influenciadas pelo tecido vegetal de origem, pelo estágio de maturação e pelas características do ambiente (SALIBA et al.; DIXON et al., 2001). Com algumas exceções, a lignina das gramíneas é formada pelas unidades G e S e uma pequena quantidade da unidade H (VANHOLME et al., 2010). O monômero G é capaz de realizar uma série de ligações éster éter com as demais unidades, formando uma estrutura em rede, enquanto o monômero S realiza apenas ligações simples éster entre cada unidade, formando uma estrutura linear (RALPH et al., 2004). Desta forma embora altas razões S:G sejam típicas de madeiras duras (angiospermas), este tipo de lignina é mais susceptível à degradação.

A lignina forma uma barreira que impede a aderência microbiana e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, indisponibilizando os carboidratos estruturais potencialmente degradáveis, diminuindo a digestibilidade da fibra, a qualidade e o aproveitamento da forragem (COSTA et al., 2007; RODRIGUES et al., 2008). CASTRO et al. (2007), observaram aumentos nos teores de parede celular, decréscimo nos teores de proteína bruta (PB) e da digestibilidade, à medida que se prolongou o período idade entre cortes de 28 para 112 dias da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Existem evidências de que a proporção relativa das unidades S e G no polímero de lignina correlacionam-se com a degradabilidade da parede celular uma vez que, em função da possibilidade de realização de um maior número de ligações, a presença do monômero G confere ao polímero uma estrutura mais condensada (KISHIMOTO et al., 2010). Entretanto, Grabber (2005) não observou diferença na degradação da fibra quando as proporções de G e S nas plantas foram alteradas. De acordo com autor, a redução da digestibilidade com a maturidade da planta estaria relacionada a mudanças na estrutura e composição química da parede celular, sendo que as alterações nas relações H, S e G da lignina provavelmente não afetam diretamente a degradação da parede celular. Já Formalé et al. (2012), observaram melhora na digestão *in vitro* de plantas de milho quando a relação S:G foi reduzida sem alterar a concentração de lignina.

O objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, a composição monomérica da lignina, e se há correlação entre elas, em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu fertilizada com doses de esterco de poedeira, com ou sem incorporação do esterco ao solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, localizada em 23° 25' de latitude sul e 51° 57' de longitude oeste, com uma altitude média de 550 metros. O tipo climático predominante da região é o Cfa, segundo a classificação de Köppen. O período experimental foi de 20 de dezembro de 2013 a 21 de dezembro de 2014. O volume pluviométrico total foi de 1.731,2 milímetros (mm) e não ocorreram geadas durante período do estudo (Figura 1).

O experimento foi instalado em área estabelecida com capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), em cultivo singular, sendo utilizada há aproximadamente 10 anos como área de pastejo. O tipo de solo da região é o Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013) com textura arenosa média e os resultados da análise química e estas podem ser observados na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições num arranjo fatorial 5X2, com cinco tratamentos de adubação com doses de esterco de poedeira e dois tipos de manejo de solo, com e sem incorporação do esterco ao solo. As épocas de avaliação foram divididas em verão (2013/2014), outono (2014), inverno (2014) e primavera (2014) e analisadas separadamente devido o delineamento utilizado. As adubações foram baseados na recomendação de fósforo (P) para manutenção das espécies forrageiras do grupo III, ao qual pertence o capim Marandu, segundo Oliveira (2003), de 50kg de P_2O_5 ha⁻¹, sendo as doses de P utilizadas foram: 0, 25, 50, 100 e 150 kg de P ha⁻¹ com base na

concentração de P contido no esterco de galinha poedeira (EGP) (Tabela 2). O manejo de solo proposto foi com ou sem a incorporação do EGP, sendo realizada via escarificação mecânica a 0,2m de profundidade.

Portanto, os tratamentos utilizados foram: EPG(0):Ausência de adubação; EPGi(0). Ausência de adubação e incorporação; EGP(25)= 2.381 kg ha⁻¹ de EGP; EGPi(25)= 2.381 kg ha⁻¹ de EGP incorporado; EGP(50)=4.762kg ha⁻¹ de EGP; EGPi(50) = 4.762kg ha⁻¹ de EGP incorporado; EGP(100)=9.524 kg ha⁻¹ de EGP; EGPi(100)= 9.524kg ha⁻¹ de EGP incorporado; EGP(150) = 19.048kg ha⁻¹ de EGP; EGP(150)i = 19.048 kg ha⁻¹ de EGP incorporado.

Em 20 de dezembro de 2013 foi realizada a aplicação dos tratamentos nas parcelas experimentais, de 24m² cada. Após a aplicação do EGP foi realizada a incorporação do mesmo ao solo utilizando o implemento agrícola Tanden da marca IKEDA modelo DPT320M, nas parcelas correspondentes ao tratamento com esse manejo de solo.

Os cortes foram realizados a fim de simular uma situação de pastejo com lotação intermitente, considerando o ponto de corte 95% de interceptação luminosa (IL). Para mensurar o ponto de corte da forragem foi utilizado o aparelho *AccuPAR* modelo LP-80 PAR/LAI *Ceptometer*, duas vezes por semana, em quatro pontos por parcela. Quando o dossel forrageiro atingia aproximadamente 95% de IL, foram realizadas as coletas para a avaliação da forragem. O número de cortes por tratamentos e as respectivas datas estão apresentados na Tabela 3. Para a amostragem da forragem foi utilizada uma moldura metálica de 0,25 m². Foram amostrados dois pontos da parcela com corte a 0,15m do solo. Após esta coleta, toda a área da parcela foi rebaixada a 0,15m e, na sequência, realizada a remoção manual da biomassa cortada para simular o pastejo dos animais. Após as coletas, as amostras foram pesadas frescas e, uma subamostra foi embalada em sacos plásticos e transferida para estufa de circulação forçada de ar a 55°C, por 72 horas, para determinação da matéria seca (MS) no laboratório de nutrição animal (LANA) do departamento de zootecnia, da Universidade Estadual de Maringá.

Uma subamostra foi encaminhada ao laboratório para separação de seus componentes morfológicos, obtendo-se as frações lâminas foliares verdes (f), colmos + bainhas verdes (cb) e material morto (mm), e posteriormente pesadas frescas e secas para determinação da MS de cada fração. Em seguida, as frações f e cb foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1mm. Posteriormente foi realizada a análise de MS definitiva, na estufa de 105 °C, utilizada para os cálculos dos parâmetros analisados (AOAC,1990). Os valores da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de acordo com a metodologia de Tilley & Terry (1963), adaptada para a utilização do rúmen artificial, desenvolvida por ANKON®, conforme descrito por Garman (1997).

Uma subamostra do material seco e moído foi levada até o Laboratório de Bioquímica de Plantas, do Departamento de Bioquímica da Universidade Estadual de Maringá (BIOPLAN/UEM). Para determinar a composição monomérica da lignina foi usada a oxidação com nitrobenzeno. Uma fração da parede celular, livre de proteínas (50 mg) (FERRARESE et al. 2002) foi colocada em uma ampola contendo 1 mL de NaOH 2M e 100 µL de nitrobenzeno. A ampola foi selada e aquecida a 170°C por 2,5 horas, com agitação na metade do tempo de reação. Após oxidação, a amostra foi resfriada, lavada duas vezes com clorofórmio, acidificada com HCl 5M e extraída duas vezes com clorofórmio. Os extratos orgânicos foram combinados, secos e ressuspensos em metanol. Todas as amostras foram filtradas em filtro de 0,45µm e analisadas por HPLC. A fase móvel foi o metanol/ácido acético 4% em água (20/80, v/v), com fluxo de 1,2 mL min⁻¹. As quantificações de H, G e S a 290nm utilizando os padrões correspondentes. Os resultados foram expressos como miligramas de monômero mg⁻¹ de parede celular.

Os dados foram analisados separadamente por estação do ano, e submetidos a uma análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%, e interpretadas por meio de modelo de regressão linear múltipla utilizando-se o sistema computacional R (R Development Core Team 2009). Coeficientes de correlação simples de Pearson foram calculados com as médias para determinar relações entre a composição monomérica da lignina e a digestibilidade *in vitro* dos componentes folha e colmo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para DIVf e DIVcb, podem ser observados na Tabela 3. Para a DIVf, houve efeito para os tratamentos de adubação nas estações de verão, outono e primavera, e interação entre os tratamentos de adubação e manejo de solo para o inverno. As variações da DIVf em função das doses de EGP e adubação química nos dois manejos de solo encontram-se no Gráfico 1. Os dados médios para os tratamentos com incorporação do adubo ao solo foram superiores aos sem incorporação, e o efeito observado foi linear.

As médias encontradas para a DIVf foram semelhantes entre si para todos os tratamentos nas estações do verão, outono e primavera, exceto para a testemunha que sempre apresentou digestibilidade inferiores às parcelas adubadas. Para as parcelas que receberam adubação, os valores foram superiores aos encontrado por Trindade *et al.* (2007), que obtiveram valores médios de DIVMS 66,08% para o capim Marandu e por Gerdes *et al.* (2000), que obtiveram valores médios de DIVMS de 65,5%. Essa digestibilidade elevada pode estar ligada ao fato de o corte das parcelas terem sido realizado a 0,15 m do solo aliado ao manejo de IL 95%, pois segundo Pedreira *et al.* (2009), esta seria a melhor estratégia de desfolhação para o acúmulo de folhas, e Voltolini *et al.* (2010), que afirma que esse manejo de pastejo

causa efeitos positivos na produção e no valor nutritivo da planta forrageira. Além disso, foi observada pouca variabilidade entre os tratamentos, e isto pode ser explicada pelo número de cortes entre as parcelas adubadas ser semelhante, exceto para o tratamento EGP(150) que apresentou três cortes a mais (Tabela 3), sendo portanto as plantas coletadas com idades fisiológicas semelhantes.

Para a DIVcb, não houve interação entre tratamentos de adubação e manejo de incorporação ao solo, sendo que nas estações de verão, outono e primavera ocorreu efeito para adubação. A estação do inverno não apresentou efeito, este fato pode estar ligado à estação avaliada, na qual as características climáticas aumentaram o intervalo entre cortes em todos os tratamentos, possibilitando o amadurecimento da planta em todas as parcelas experimentais, ao invés do seu crescimento, e por fim diminuindo a renovação dos tecidos. De forma geral, a DIVMSc os tratamentos apresentaram valores semelhantes entre si, exceto o EGP(0), que teve a menor DIVMScb. Cecato *et al.* (2004) e França *et al.* (2007), trabalhando com o capim Marandu e capim Tanzânia, respectivamente, não verificaram efeito para a DIVMS.

Os valores da partição das unidades monoméricas da lignina, em miligramas grama⁻¹ de parede celular, nos monômeros siringila (S), guaiacila (G) e *p*-hidroxifenila (H) para a fração folha (f), e a relação S:G (RSf:Gf) são apresentados na Tabela 4. As médias gerais encontradas neste experimento para as concentrações dos monômeros, foram superiores as observadas por Pereira (2014), com valores médios de 2,09 para S, de 11,41 para H e de 4,50 para G, em capim Tanzânia, adubado com doses de nitrogênio. Raes *et al.* (2003), relataram que existe entre as espécies e entre os tecidos de origem, uma variação nas proporções dos monômeros G, S e H. Neste caso, o capim Marandu apresentou uma maior proporção de monômeros na parede celular quando comparado ao capim Tanzânia.

O monômero Gf, nas estações de verão e inverno apresentou efeito isolado para adubação, interação significativa entre o manejo do solo e a adubação na estação da primavera. Para a estação do outono não houve efeito significativo. Na primavera, a interação entre as adubações e o manejo de solo foi quadrática e negativa, com as maiores quantidades do monômero para o tratamento de EGP(50), e quadrática e positiva para o não incorporado (Gráfico 2). De acordo com Kioyta *et al.* (2012), ligninas com maior quantidade de monômeros G possuem maiores quantidades de ligações recalcitrantes, portanto são de mais difícil digestão. Porém, relacionando-se os resultados das concentrações de Gf (Tabela 4) com a DIVMSf (Tabela 3), não foram observados esse efeito de diminuição na digestibilidade, quando a concentração de G foi superior. Na estação do verão, o EGP(100) apresentou os maiores valores e o tratamento EGP(150), os menores, e na estação do inverno, as parcelas menos adubadas apresentaram a menor proporção deste.

Para a concentração de Sf, foi observado efeito isolado para adubação nas estações de verão e outono e interação significativa entre as adubações e o manejo do solo para as estações de inverno e primavera (Tabela 4). O efeito de interação nas estações de inverno e primavera pode ser observado no Gráfico 3. Para o inverno, as adubações que não foram incorporadas ao solo tiveram um efeito superior para a concentração de Sf que as incorporadas, sendo o efeito observado quadrático. Já na estação de primavera o efeito foi o inverso. Na estação do verão, as doses de EGP(25), EGP(50) e EGP(100) apresentaram as maiores médias par o Sf, e o tratamento EGP(150) as menores. No outono, as médias tiveram um comportamento semelhante à estação supracitada, sendo que nesta estação a testemunha foi semelhante ao tratamento EGP(150). Christiernin (2008) afirmou que polímeros de lignina com maiores proporções da unidade S, são mais prontamente colonizadas por microorganismos do rúmen havendo portanto uma maior digestibilidade da forragem. Novamente, fazendo-se uma comparação dos dados obtidos com a afirmação de Christiernin (2008), não foi observado aumento da digestibilidade (Tabela 3) quando houveram maiores participações do monômero S.

Para o monômero Hf, foi observado efeito isolado para as adubações para as estações do verão e outono, e interação significativa entre as adubações e o manejo de solo apregoado. No inverno e primavera, o efeito observado para a interação foi linear e negativo (Gráfico 4A), com diminuição na quantidade de Hf, conforme aumentaram-se as adubações, sendo que o tratamento com adubações e incorporação ao solo apresentou as menores proporções. Para a primavera, o efeito observado foi linear e negativo para as adubações com incorporação, e quadrático para as adubações não incorporadas. Assim como o monômero G, o H forma ligações complexas, portanto a diminuição de suas proporções na lignina apresenta menos reativa, portanto mais fácil de deslignificar. Porém, se observados os dados de digestibilidade (Tabela 3), não ocorreram os efeitos esperados entre a DVMSf e a Hf. Na estação do verão, as maiores proporções de Hf foram observadas no tratamento testemunha e na dose EGP(100). O tratamento EGP(25) foi superior aos EGP(50) e EGP(150), que apresentaram as menores concentrações. No outono, a maior participação do monômero Hf foi observada para a testemunha, e o tratamento EGP(100) os menores.

A relação S:G da fração folha (Sf:Gf) apresentou efeito para as adubações nas estações de verão e outono, e foi observada a interação significativa entre o manejo de solo e as adubações aplicadas para as estações de inverno e primavera (Tabela 4). O efeito de interação observado no inverno, foi quadrático e positivo até o tratamento de EGP(150) e apresentou as maiores médias para o tratamento sem incorporação ao solo. Já para a estação da primavera, ocorreu o efeito contrário para o tratamento de incorporação e as maiores médias foram observadas na dose EGP(50). As maiores RSf:Gf foram observadas

para o tratamento EGP(25), sendo que outros tratamentos apresentaram médias semelhantes, porém inferiores. Na estação do outono, as maiores relações foram observadas para os tratamentos EGP (25, 50 e 150). De acordo com Klocket *et al.* (2005), uma vez que o monômero S é menos recalcitrante, apresentando uma estrutura mais reativa, acredita-se que plantas com alta relação S:G sejam mais fáceis de deslignificar. No presente estudo, a relação G:S apresentou-se pouco elevada.

Os resultados da partição das unidades monoméricas da lignina, em miligramas gma^{-1} de parede celular, nos monômeros S, G e H, e a relação S:G da fração colmo+bainha são apresentados na Tabela 5. O monômero Gcb apresentou interação significativa entre o manejo de solo e as adubações para as estações do outono e primavera e ocorreu efeito isolado para adubações nas estações do verão e inverno. Na estação do inverno, a menor quantidade de Gcb foi observada na adubação química e as maiores nas doses EGP(0), EGP(50) e EGP(150), sendo as demais semelhantes e inferiores a esta. Para a estação do inverno, foi observado efeito quadrático (Gráfico 6A) para o Gcb, sendo que as parcelas com incorporação dos adubos ao solo foram superiores às não incorporadas, até a dose EGP(100), onde o efeito foi inverso. Para a estação da primavera (Gráfico 5B), o efeito observado também foi quadrático, porém o incorporado foi superior ao não incorporado. Para o verão, o tratamento testemunha apresentou a maior proporção de Gc, mas em contrapartida, a menor digestibilidade (Tabela 3), seguida pelo tratamento EGP(25). Com os menores valores e semelhantes entre si, estão os demais tratamentos, que quando comparados à DIVMScb, não corroborando com o trabalho realizado por Kioyta *et al.* (2012).

Para o monômero Scb, ocorreu interação entre o manejo de solo e as adubações aplicadas para as estações de inverno e primavera, sendo que às estações de verão e outono apresentaram efeito para as adubações. Na estação do inverno (Gráfico 6 A), o efeito observado foi quadrático, sendo que para as parcelas com incorporação da adubação, as quantidades de Sc foram superiores às não incorporadas. Para a estação da primavera (Gráfico 6B), foi observado efeito semelhante, porém as parcelas com incorporação de adubação foram superiores apenas até a dose de EGP(100), onde houve então a inversão das respostas. No verão, a adubação com EGP(150) proporcionou uma maior quantidade de Sc e, a adubação com EGP(100) a menor. As demais foram intermediárias a essas e semelhantes entre si. No outono, as menores concentrações foram observadas nas doses EGP(0) e EGP(100), e as maiores concentrações para EGP(25) e EGP(150) (Tabela 5).

O monômero H apresentou interação entre o manejo de solo e as adubações aplicadas para as estações de verão e primavera, e efeito isolado para as adubações nas estações de outono e inverno. No verão, o efeito observado foi linear e positivo (Gráfico 8 A) , sendo que as parcelas com incorporação da adubação tiveram médias maiores que as não incorporadas.

Para estação da primavera (Gráfico 8 B), foi observado efeito quadrático negativo para as parcelas não incorporadas e positivo para as parcelas incorporadas, sendo que a incorporação da adubação diminuiu a quantidade de Hc até o tratamento EGP(50).

Para a RScb:Gcb, foi observado apenas efeito isolado para as adubações. A estação de verão apresentou as menores proporções para o tratamento testemunha e o de EGP(150), e as maiores para EGP(25); para o outono, as maiores proporções foram observadas para os tratamentos EGP(25), EGP(50) e EGP(150), sendo os demais inferiores a estes e semelhantes entre si. Para o inverno, o EGP(0), foi o tratamento que apresentou os menores valores em comparação aos demais, e na primavera, as maiores relações S:G foram observadas nos tratamentos EGP(25) e EGP(150). Quando comparamos estes resultados com a DVMScb (Tabela 3), podemos concluir que não houve influência direta dessa relação com a digestibilidade. Esses dados não corroboram com o trabalho publicado por Chen *et al.* (2002), que utilizaram a transgenia para gerar 19 plantas com modificações na composição monomérica da lignina, e dentre elas, duas se destacaram por apresentar menores teores de lignina total e dos monômeros S e G, menores relações S:G, e como resultado final, DIVMS superiores em até 9,5 unidades percentuais em relação às plantas controle.

Na tabela 6 estão apresentados os coeficiente de correlação de Pearson entre unidades monoméricas da lignina siringila (S), guaiacila (G) e *p*-hidroxifenila (H) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), das frações folha(f) e colmo+bainha(cb) do capim Marandu. Foi constatada correlação significativa e baixa entre a quantidade de Gf e a DIVMSf, e para Gc e DVMScb para o tratamento EGP(50), sendo essa uma relação de grandeza negativa para a $DIVMSf = 75,66 - 0,907(Gf)$ e para a $DIVMScb = 65,36 - 0,5095(Gcb)$, enfatizando que quantidades inferiores do monômero G afetam positivamente a DIVMS (KIYOTA *et al.*, 2012). Os outros tratamentos não apresentaram nenhuma correlação. Valenciaga *et al.* (2009) constatou em seu trabalho uma alta correlação entre os monômeros e a digestibilidade, trabalhando com capim elefante e idades de corte, sem adubação.

Entretanto, Grabber (2005) não relatou diferença na degradação da fibra quando as proporções de G e S nas plantas foram alteradas. De acordo com este último autor, a redução da digestibilidade com a maturidade da planta estaria relacionada a mudanças na estrutura e composição química da parede celular, sendo que as alterações nas relações H, S e G da lignina provavelmente não afetam diretamente a degradação da parede celular. Formalé *et al.* (2012), observaram aumento na digestibilidade *in vitro* de plantas de milho quando a relação S:G foi reduzida sem alterar a concentração de lignina.

CONCLUSÕES

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca é influenciada pela adubação com esterco de galinha poedeira, sendo que as plantas adubadas tiveram maior digestibilidade que as não adubadas.

As modificações nas proporções dos monômeros não tiveram influência sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, assim como o efeito da relação entre os monômeros siringil e guaiacil.

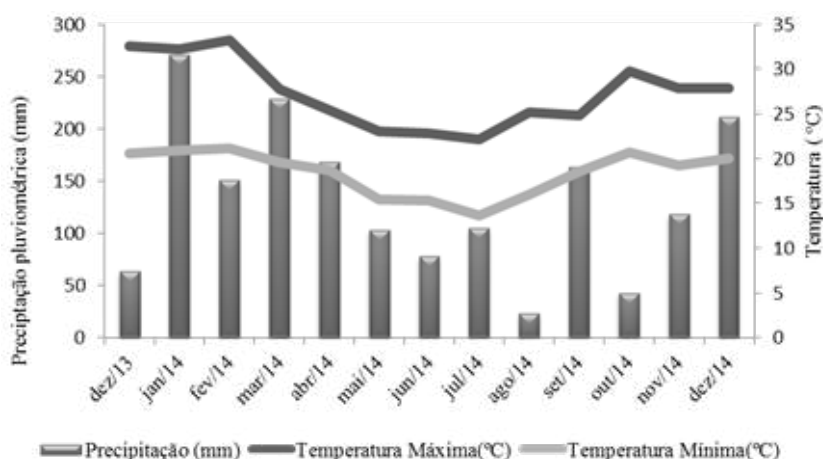
A aplicação de doses de esterco de galinha podeira modificam os teores de siringil, guaiacil e *p*-hidroxifenil da lignina nas frações colmo + bainha e lâmina foliar do capim Marandu.

A proporção de monômeros siringil, guaiacil e *p*-hidroxifenil da lignina apresentaram baixa correlação com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca

1.

TABELAS, FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1. Dados climatológicos durante o período experimental.



Fonte: Laboratório de Análises de Sementes da Universidade Estadual de Maringá.

Tabela 1. Composição química do solo da área experimental em julho de 2013.

Bloco	pH	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺³	Mg ⁺²	K ⁺	C	P	Fe	Zn	Cu	Mn
	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----					g dm ⁻³		-----mgdm ⁻³ -----			
B1	4,90	0,00	2,54	0,77	0,67	0,11	7,36	6,90	129,00	3,96	3,01	147,62
B2	5,00	0,00	2,54	0,91	0,58	0,15	8,13	5,30	194,76	4,09	3,12	152,90
B3	4,90	0,00	2,54	0,93	0,52	0,10	7,75	6,40	180,96	3,78	3,04	133,10
B4	4,90	0,00	2,54	0,86	0,49	0,15	9,68	6,50	218,70	4,34	3,61	143,22

Fonte: Laboratório de Agroquímica e meio ambiente da Universidade Estadual de Maringá.

Tabela 2. Composição química do esterco de galinha poedeira em dezembro de 2013.

MS	Ntotal	Ca ⁺³	Mg ⁺²	K ⁺	C	P	Fe	Zn	Cu	Mn
-----%-----					-----mg.kg ⁻¹ -----					
80,70	1,85	31,35	3,20	4,92	35,39	0,87	591,8	230,99	153,15	999,02

Fonte: Laboratório de Agroquímica e meio ambiente da Universidade Estadual de Maringá.

Tabela 3. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das frações lâmina foliar e colmo+bainha do capim Marandu, adubada ou não, ou fertilizada com doses de esterco de poedeira, nas estações do ano.

Época	Tratamentos					
	EGP(0)	EGP(25)	EGP(50)	EGP(100)	EGP(150)	NPK(50)
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca da lâmina foliar (%)						
Verão	66,74B*	72,86A	72,80A	73,99A	72,41AB	73,09A
Outono	60,39B	71,98A	72,21A	71,56A	71,53A	73,11A
Inverno ¹	62,25	63,94	64,37	63,75	65,21	63,94
Primavera	65,76B	71,85A	71,81A	72,11A	71,49A	72,77A
Média	63,78	70,15	70,21	70,35	70,16	70,72
EPM	7,98	8,37	8,38	8,38	8,37	8,40
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca do colmo + bainha (%)						
Verão	54,9C	58,71AB	57,47AB	60,24AB	62,36A	63,41A
Outono	59,08B	63,98AB	66,01A	62,39AB	63,47AB	62,70AB
Inverno	61,47B	59,74AB	59,44AB	59,20AB	60,81A	61,47A
Primavera	64,50	63,12	64,88	63,18	62,48	65,42
Média	59,98	61,38	61,95	61,25	62,28	63,25
EPM	7,74	7,83	7,87	7,82	7,89	7,95

EPM: Erro padrão da média; *Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si para os tratamentos pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).¹ Interação significativa entre as adubações aplicadas e o manejo de solo.

Tabela 4. Composição monomérica da lignina, nas unidades Siringila (S), Guaiacila (G) e *p*-hidroxifenila (H), miligramas de monômero mg⁻¹ de parede celular, e a razão entre a siringila e a guaiacila na fração folhada capim Marandu, adubada ou não, ou fertilizada com doses de esterco de poedeira, nas estações do ano.

Época	Tratamentos					
	EGP(0)	EGP(25)	EGP(50)	EGP(100)	EGP(150)	NPK(50)
Guaiacila da fração folha(Gf)						
Verão	14,31B*	14,75B	14,45B	15,11A	12,16C	15,62 ^a
Outono	13,78	14,04	14,16	14,07	14,71	13,83
Inverno	14,37AB	14,23AB	14,3A	14,24AB	14,52A	13,77B
Primavera ¹	13,28	13,36	12,98	13,95	12,69	11,37
Média	13,95	14,09	13,97	14,34	13,52	13,64
EPM	3,73	3,75	3,73	3,78	3,67	3,69
Siringila da fração folha(Sf)						
Verão	3,92B	4,50AB	4,03B	4,36B	2,59C	2,52C
Outono	2,88B	4,20A	3,78AB	2,47B	3,84A	2,53B
Inverno ¹	2,43	3,14B	3,62	3,40	3,38	3,62
Primavera ¹	2,44	3,51	3,18	2,54	2,26	3,05
Média	2,91	3,83	3,65	3,19	3,05	2,93
EPM	1,70	1,95	1,91	1,78	1,73	1,71
<i>p</i> -hidroxifenila da fração folha(Hf)						
Verão	7,38A	5,42B	4,75C	7,22A	4,15C	5,65B
Outono	7,42A	5,60B	3,80C	3,12D	5,31B	3,29CD
Inverno ¹	6,23	5,85	5,64	5,28	5,31	5,03
Primavera ¹	6,52	4,85	3,42	4,38B	3,8	3,59

Tratamentos						
Época	EGP(0)	EGP(25)	EGP(50)	EGP(100)	EGP(150)	NPK(50)
Guaiacila da fração folha(Gf)						
Média	6,88	5,43	4,40	5	4,65	4,39
EPM	2,62	2,33	2,09	2,23	2,15	2,09
Razão sirngila:guaiacila da fração folha(RSf:Gf)						
Verão	0,28AB	0,31A	0,28AB	0,27AB	0,21C	0,32A
Outono	0,17B	0,30A	0,26A	0,17B	0,26A	0,18B
Inverno	0,17B	0,22A	0,23A	0,24A	0,23A	0,23A
Primavera	0,19B	0,26A	0,17B	0,18B	0,18B	0,25A
Média	0,20	0,27	0,23	0,23	0,22	0,24
EPM	0,45	0,52	0,48	0,46	0,46	0,49

EPM:Erro padrão da média; *Médias seguidas de letras diferentes diferem para entre si para os tratamentos pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).¹ Interação significativa entre as adubações aplicadas e o manejo de solo.

Tabela 5. Composição monomérica da lignina, nas unidades Siringila (S), Guaiacila (G) e *p*-hidroxifenila (H), miligramas de monômero mg⁻¹ de parede celular, e a razão entre a siringila e a guaiacila na fração colmo+bainha do capim Marandu, adubada ou não, ou fertilizada com doses de esterco de poedeira, nas estações do ano.

Tratamentos						
Época	EGP(0)	EGP(25)	EGP(50)	EGP(100)	EGP(150)	NPK(50)
Guaiacila da fração colmo+bainha(Gc)						
Verão	16,48A*	14,54B	13,58C	13,87C	13,89C	13,58C
Outono ¹	15,3A	14,42B	13,12C	15,25A	14,42B	15,24A
Inverno	15,92A	15,78AB	15,95A	15,81AB	16,08A	15,33B
Primavera ¹	14,58A	13,42BC	12,31D	13,87AB	13,05C	13,27BC
Média	15,57	14,54	13,74	14,7	14,36	14,355
EPM	3,84	3,81	3,70	3,83	3,78	3,78
Siringila da fração colmo+bainha (Sc)						
Verão	3,51B	3,30B	3,51B	2,61C	4,25A	3,32B
Outono	2,41C	4,02A	3,62B	2,68C	4,42A	3,41B
Inverno ¹	2,02	2,53	2,48	2,61	2,53	2,43
Primavera ¹	2,10	2,92	2,66	1,77	3,49	2,4
Média	2,51	3,195	3,0675	2,4175	3,6725	2,89
EPM	1,58	1,78	1,75	1,55	1,91	1,71
<i>p</i> -hidroxifenila da fração colmo+bainha (Hc)						
Verão ¹	7,49AB	5,21A	6,58	7,08AB	5,34A	6,34AB
Outono	7,33C	5,23F	6,51D	10,09A	5,68E	9,28B
Inverno	6,34A	6,48A	6,39A	6,35A	6,37A	6,35 ^a
Primavera ¹	6,09C	3,05E	5,76C	8,67A	4,64D	7,03B
Média	6,81	4,99	6,31	8,04	5,50	7,25
EPM	2,61	2,23	2,511	2,83	2,34	2,69
Razão sirngila:guaiacila da fração colmo+bainha (RSc:Gc)						
Verão	0,21C	0,31AB	0,28AB	0,27B	0,21C	0,32A
Outono	0,15C	0,29A	0,27A	0,17C	0,30A	0,22C
Inverno	0,13B	0,16A	0,16A	0,16A	0,17A	0,15A
Primavera	0,14C	0,23B	0,22B	0,13C	0,13C	0,19B
Média	0,157	0,24	0,23	0,18	0,20	0,22
EPM	0,396	0,49	0,48	0,42	0,45	0,462

¹EPM: Erro padrão da média; *Médias seguidas de letras diferentes diferem para entre si para os tratamentos pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).** Interação significativa entre as adubações aplicadas e o manejo de solo.

abela 6. Coeficiente de correlação de Pearson entre unidades monoméricas da lignina siringila (S), guaiacila (G) e *p*-hidroxifenila (H) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), das frações folha(f) e colmo(c) do capim Marandu.

Parâmetro	Tratamentos	Siringila (S)	Guaiacila (G)	<i>p</i> -hidroxifenila (H)
DIVMSf	EGP(0)	0,1714	0,4225	-0,1387
	EGP(25)	-0,0301	0,1131	0,3492
	EGP(50)	0,3632	-0,4907*	-0,1792
	EGP(100)	-0,0429	0,1046	-0,1249
	EGP(150)	-0,2956	-0,1854	-0,3415
	NPK(50)	-0,2113	-0,1216	-0,1262
DIVMSc	EGP(0)	-0,0857	0,3640	0,2223
	EGP(25)	0,2182	-0,1322	0,1237
	EGP(50)	0,3856	0,5095*	0,4017
	EGP(100)	-0,3297	-0,0476	-0,370
	EGP(150)	-0,1871	-0,0513	-0,2815
	NPK(50)	0,3774*	-0,0443	0,1892

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Gráfico 1. Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da lâmina foliar do capim Marandu em solo fertilizado com doses de esterco de poedeira ou adubo químico, com ou sem manejo de incorporação ao solo, na estação do inverno.

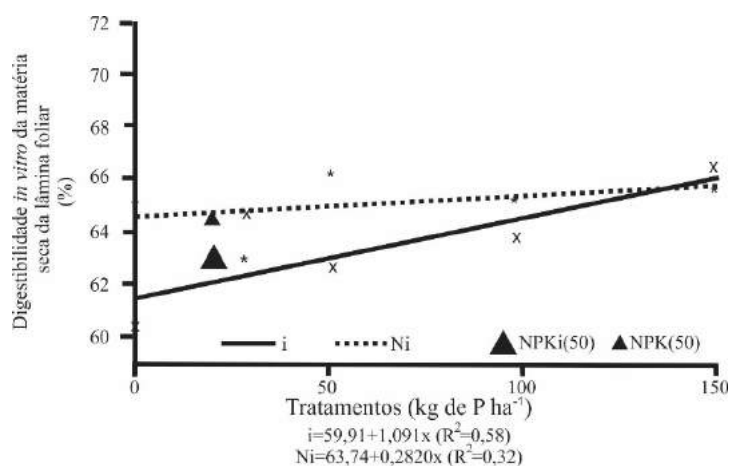


Gráfico 2. Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação para a quantidade do monômero guaiacila da lâmina foliar do capim Marandu em solo fertilizado com doses de esterco de poedeira ou adubo químico, com ou sem manejo de incorporação ao solo, na estação da primavera.

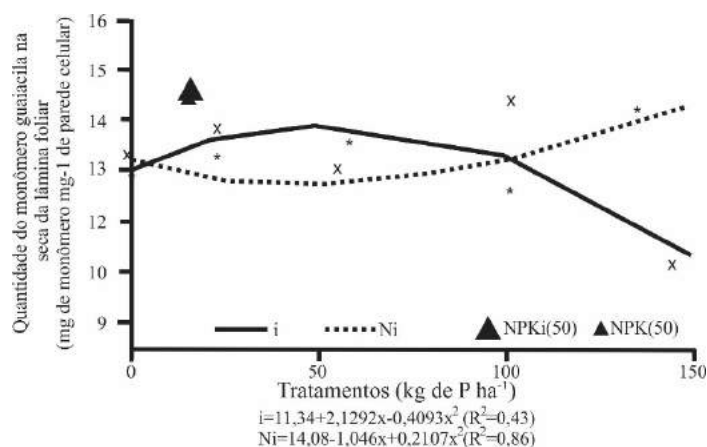


Gráfico 3. Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação a quantidade do monômero *p*-hidroxofenila na lâmina foliar do capim Marandu em solo fertilizado com doses de esterco de poedeira ou adubo químico, com ou sem manejo de incorporação ao solo, nas estações do inverno(A) e da primavera(B).

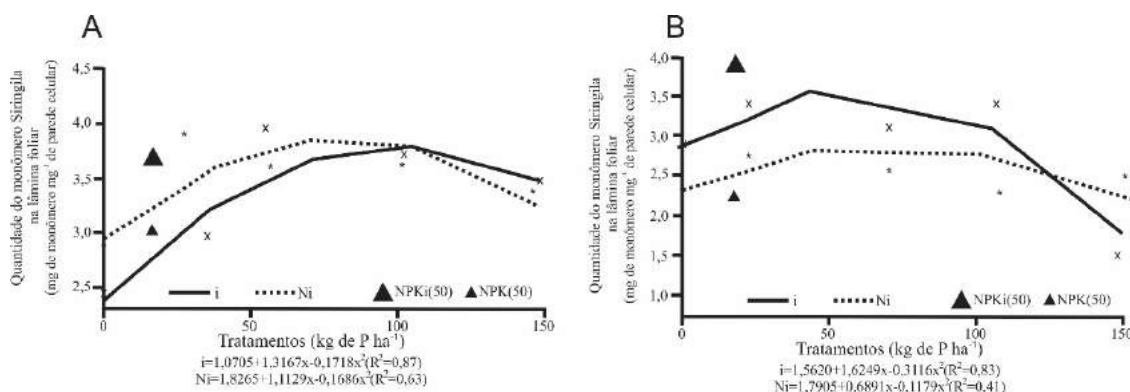


Gráfico 4. Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação a quantidade do monômero *p*-hidroxofenila na lâmina foliar do capim Marandu em solo fertilizado com doses de esterco de poedeira ou adubo químico, com ou sem manejo de incorporação ao solo, nas estações do inverno(A) e da primavera(B).

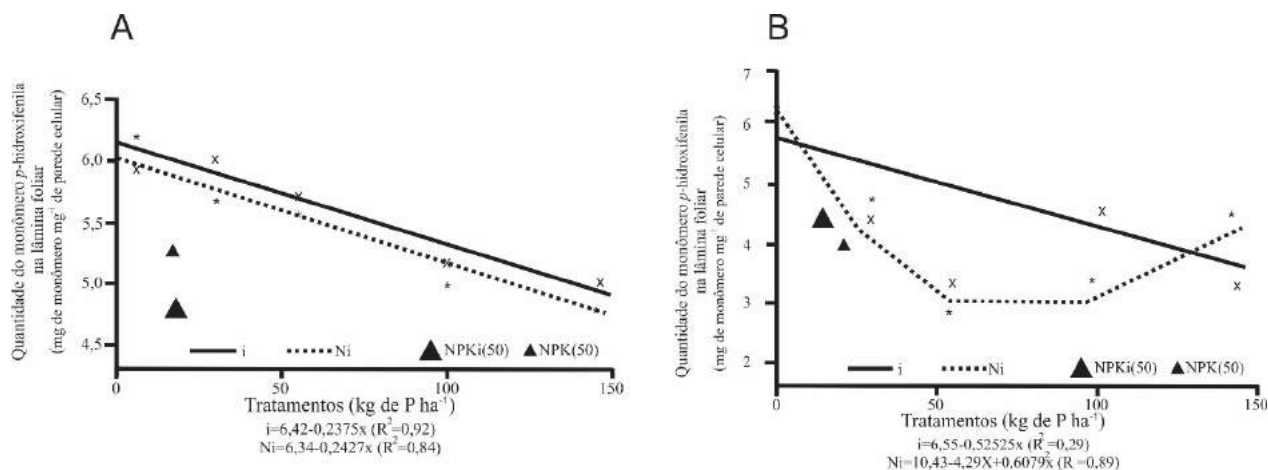


Gráfico 5. Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação para a razão entre a quantidade do monômero siringila e guaiacila na lâmina foliar do capim Marandu em solo fertilizado com doses de esterco de poedeira ou adubo químico, com ou sem manejo de incorporação ao solo, nas estações do inverno(A) e da primavera(B).

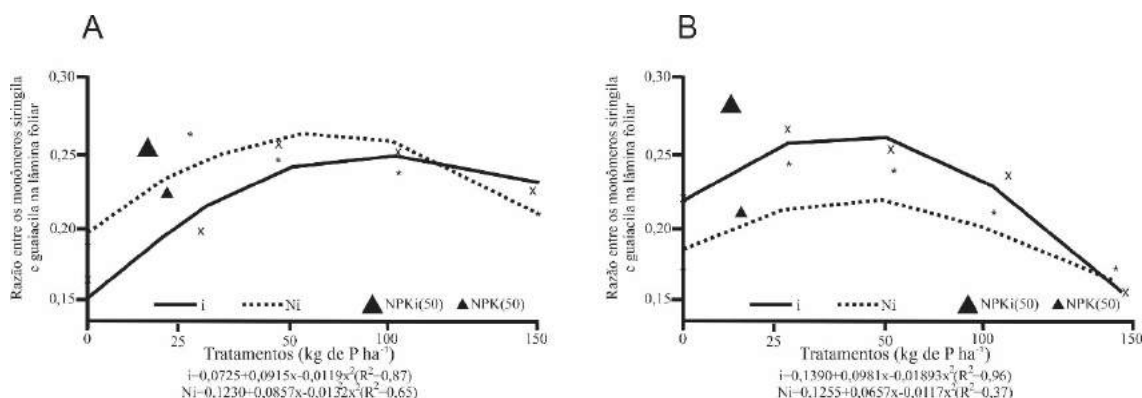


Gráfico 6. Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação para a quantidade do monômero guaiacila no colmo+bainha do capim Marandu em solo fertilizado com doses de esterco de poedeira ou adubo químico, com ou sem manejo de incorporação ao solo, nas estações do outono(A) e da primavera(B).

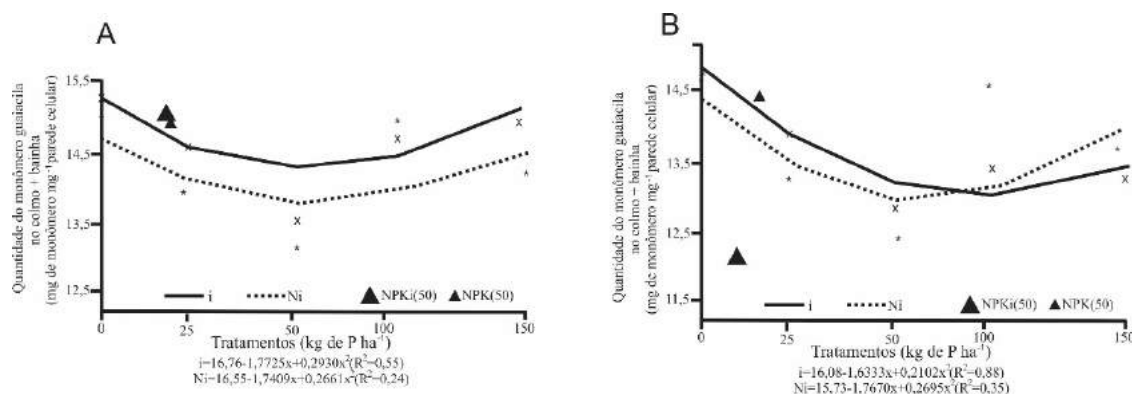


Gráfico 7. Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação para a quantidade do monômero siringila no colmo+bainha do capim Marandu em solo fertilizado com doses de esterco de poedeira ou adubo químico, com ou sem manejo de incorporação ao solo, nas estações do inverno(A) e da primavera(B).

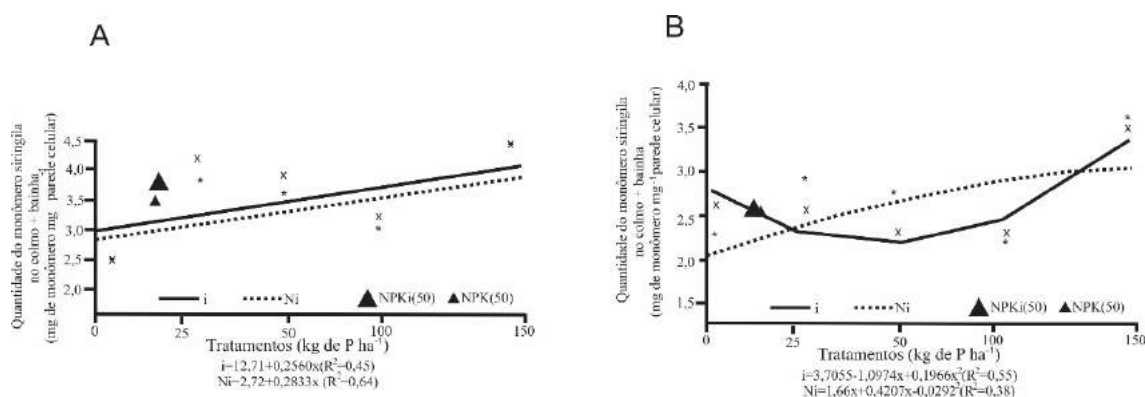
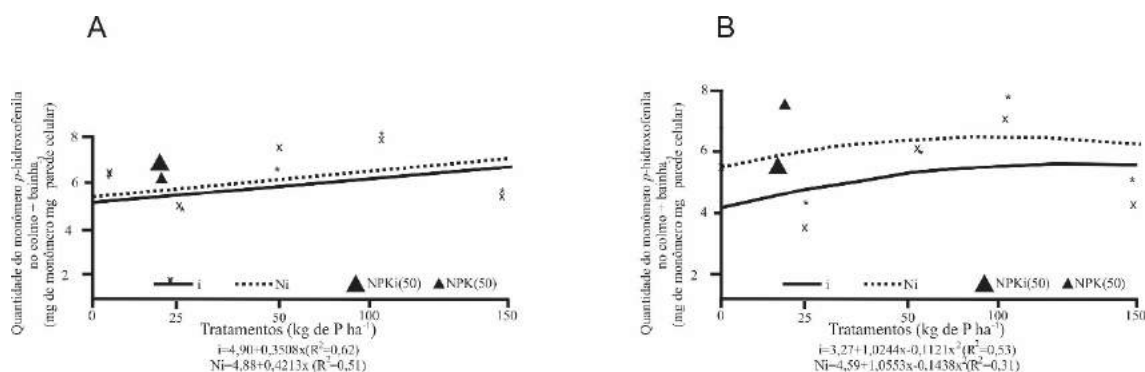


Gráfico 8. Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação para a quantidade do monômero *p*-hidroxifenila no colmo+bainha do capim Marandu em solo fertilizado com doses de esterco de poedeira ou adubo químico, com ou sem manejo de incorporação ao solo, nas estações do verão (A) e da primavera(B).



■ REFERÊNCIAS

2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of analysis. 15.ed. Gaithersburg: Richmond, 1990. 1298 p.
3. BASSO, K.C.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B.; GOMES, J.A.N.; BARBERO, L.M.; MOURÃO, G.B. Morfogênese e dinâmica do perfilhamento em pastos de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio submetido a doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.4, p.976-989, 2010.
4. CECATO, U.; JOBIM, C.C.; REGO, F.C.A. et al. Sistema radicular – componente esquecido das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.159-207.
5. CHEN, K.; LIN, Y.; CHEN, W.; LIU, Y. 2002. Degradation of phenol by PAA-immobilized *Candida tropicalis*. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 31, p. 490-497.
6. DIXON, R. A.; CHEN, F.; GUO, D. et al. The biosynthesis of monolignols: a “metabolic grid”, or independent pathways to guaiacyl and syringyl units? *Phytochemistry*. v.7, n.57, p.1069-1084, 2001.
7. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.
8. FERRARESE, M.L.L.; ZOTTIS, A.; FERRARESI-FILHO. O. Protein-free lignin quantification in soybean (*Glycine max*) roots. **Biologia**, v.57, p.541–543, 2002.
9. FORNALÉ, S.; CAPELLADES, M.; ENCINA, A. et al. Altered lignin biosynthesis improves cellulosic ethanol production in transgenic maize plants down-regulated for cinnamyl alcohol dehydrogenase.
10. FRANÇA, A. F. S.; BORJAS, A. L. R.; OLIVEIRA, E. R.; SOARES, T. V.; MIYAGI, E. S.; SOUSA, V. R. 2007. Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob níveis crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. *Ciência Animal Brasileira*, v.8, p. 695- 703.
11. GRABBER, J.H.. How Do Lignin Composition, Structure, and Cross-Linking Affect Degradability? A Review of Cell Wall Model Studies. **Crop Sciences**. 2005.v: 45:820.
12. GARMAN, C.L., HOLDEN, L.A., KANE, H.A. 1997. Comparison of in vitro dry matter digestibility of nine feedstuffs using three methods of analysis. *Journal Dairy Science* 80: 260.
13. GERDES, L.; WERNER, J. C; COLOZZA, M.T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E.A.; (2000) Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29:955-963.
14. KIYOTA E., MAZZAFERA, P., SAWAYA A.C.H.F. Analysis of soluble lignin in sugarcane by ultrahigh performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry with a do-it-yourself oligomer database. *Analytical Chemistry* 2012, 84, 7015-7020.
15. KISHIMOTO, T.; CHIBA, W.; SAITO, K. Influence of syringyl to guaiacyl ratio on the structure of natural and synthetic lignins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.58, n.2, p.895-901, 2010.

16. PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.618-625, 2009.
17. PEREIRA, V. V.; (2014). Propriedades químicas, anatômicas, biomecânicas e a composição da lignina do capim Tanzânia adudado com nitrogênio e/ou pré-tratamento com fungo da podridão branca. Tese. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Piracicaba. 157p.
18. R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3- 900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
19. RAES, J.; ROHDE, A.; CHISTENSEN, J. H.; PEER, Y. V.; BOERJAN, W. Genome-Wide Characterization of the Lignification Toolbox in Arabidopsis. *Plant Physiology* 2003, 133, 1051-1071.
20. RALPH, J. ;LUNDQUIST, K.; BRUNOW, G.; LU, F.; KIM, H.; SCHATZ, P.F.; MARITA, J.M.; HATFIELD, R. D.; RALPH, S.A.; CHISTENSEN, J.H.; BOERJN, W. Lignins: Natural polymers from oxidative coupling of 4-hydroxyphenylpropanoids. **Phytochemistry**, 2004. v.3, p.29–60.
21. TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Jornal of the British Grassland*. 18:104-11, 1963
22. TRINDADE, J.K.; (2007) Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 162p.
23. VALENCIAGA, D.; HERRERA, R; S;SIMOÕES, E. O.; CONGO, B.; TORRES, V. Composición monomérica de la lignina de Pennisetum purpureum vc. Cuba CT-115 y su variación con la edad de rebrote. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 43, Número 3, 2009.
24. VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed., Cornell University Press, 1994. 476p.
25. VANHOLME, R.; DEMEDTS, B.; MORREEL, K.; RALPH, J.; BOERJAN, W. 2010. Lignin Biosynthesis and Structure. *Plant Physiology*, v.153, p. 895–905.
26. VOLTOLINI, T.V.; SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; CLARINDO, R. L.; Características produtivas e qualitativas do capim-elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.39, n.5, p.1002-1010, 2010.

“Desafio para otimizar o uso de mão-de-obra na maternidade sem comprometer a lucratividade

- I Paulo Eduardo **Bennemann**
UNOESC
- I José Francisco Manta **Bragança**
UNOESC
- I Alexandre **Tonin**
UFSM
- I Márcio **Gonçalve**
Swine it - Flórida, USA

RESUMO

Os avanços técnicos e a busca constante por reduções de custo no sistema de produção de suínos estão fazendo com que práticas de manejos adotadas no dia-a-dia sejam repensados. O uso de tecnologias e processos que existem atualmente na suinocultura torna possível atingirmos mais, com menos. O foco e a priorização de determinadas atividades tem sido a grande discussão quando pensamos em otimização de mão de obra. O que focar? Como priorizar? Este tem sido o desafio. É necessário a quebra de alguns paradigmas na suinocultura. O presente trabalho buscou esclarecer alguns pontos referentes ao uso otimizado da mão de obra na maternidade de forma que os resultados zootécnicos e econômicos sejam preservados. Otimizar a mão de obra do setor de maternidade sem comprometer o desempenho necessita que consistência, disciplina e uma equipe motivada façam parte do processo de implantação e manutenção.

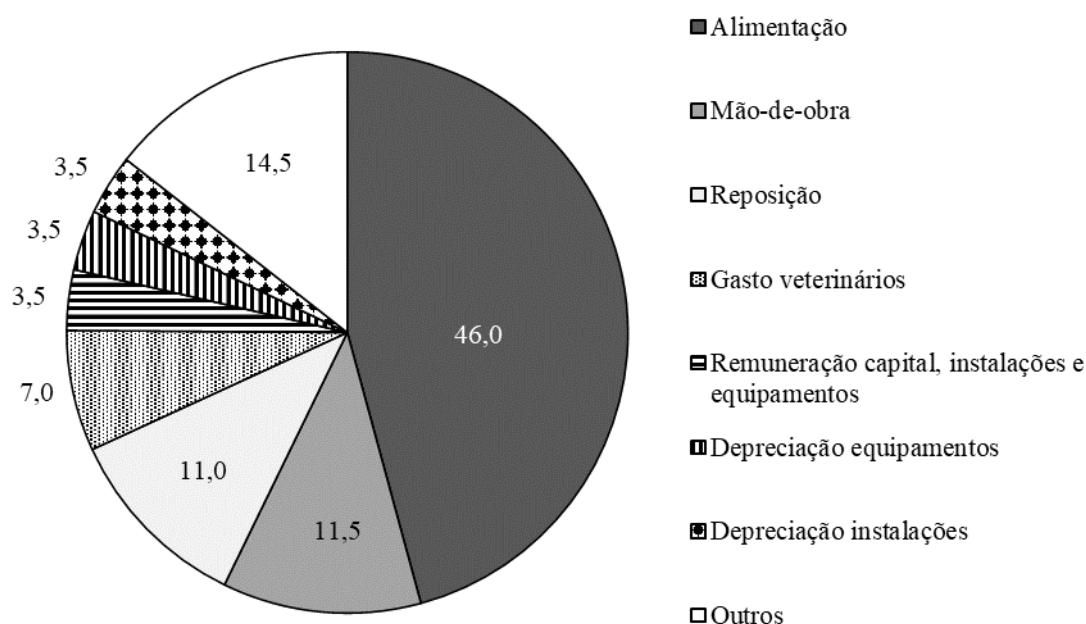
Palavras-chave: Leitões Lactantes, Eficiência Produtiva, Manejo.

INTRODUÇÃO

A suinocultura tecnificada tem sofrido grandes modificações ao longo das últimas duas décadas tornando-se uma atividade altamente competitiva, embora com margens de lucro cada vez menores. Este fato, aliado ao incremento de produtividade das matrizes, fez com que os parâmetros de eficiência reprodutiva fossem avaliados de forma diferenciada. Cada vez mais, indicadores de produtividade como kg de leitões desmamados/fêmea/ano, kg de ração/leitão desmamado, número de leitões desmamados/gaiola de maternidade/ano, total de leitões desmamados/semana e até mesmo número de leitões desmamados/funcionário/ano têm assumido maior importância. Diferente dos indicadores tradicionais como número de leitões desmamados/fêmea/ano, estes indicadores traduzem a eficiência da produção no que diz respeito à quantidade de quilos produzidos, manejo alimentar das matrizes, uso das instalações, volume total de produção semanal e uso da mão de obra. Hoje não basta somente buscarmos alta prolificidade, temos que elevar e manter a qualidade do leitão que é desmamado e isso é influenciado por uma série de variáveis, dentre elas: o manejo da fêmea gestante, o atendimento ao parto, o manejo dos leitões e, principalmente, a qualidade da mão de obra empregada. A produção de suínos tem se tornado, cada vez mais, um exercício de desafios e quebra de paradigmas. Com a maior escassez de mão de obra e a disponibilidade desta cada vez menos qualificada, a busca por tarefas simples, que sejam facilmente entendidas se tornam importantes para manter a consistência na produção de suínos (KUMMER & GONÇALVES, 2013).

Em geral, o custo do leitão desmamado (Figura 1) no Brasil situa-se entre R\$ 70,00 e R\$ 85,00, correspondendo entre 14 e 17% do custo do leitão terminado. O custo da mão de obra representa em torno de 10 a 15% do custo do leitão desmamado. Empresas que conseguem realizar um trabalho consciente e ordenado de otimização de mão de obra, por exemplo, de 120 para 250 matrizes por funcionário, podem alcançar até 50% de redução com custos na folha de pagamentos das granjas. Em um mercado de escala, como é a suinocultura, pequenas diferenças trazem grandes retornos. Dessa forma, por exemplo, em uma empresa que abate 2 milhões de suínos ao ano, isso pode representar até 9 milhões de reais ao ano o que, muitas vezes, é a diferença entre um ano lucrativo e um ano com prejuízo devido as enxutas margens da suinocultura.

Figura 1. Exemplo de distribuição (%) do custo do leitão desmamado (os autores)

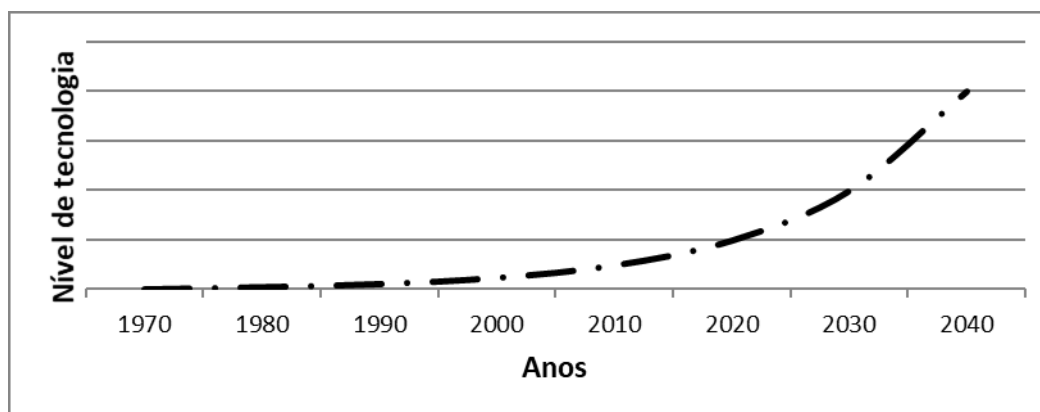


A obtenção de mão de obra, na maioria das vezes, sem experiência ou treinamento inadequado faz com que muitas tarefas sejam desenvolvidas de acordo com a decisão ou observação pessoal. Estas decisões, muitas vezes fora de lógicas claras, tornam o desafio ainda mais emocionante, principalmente na maternidade, onde muitas decisões e ações precisam ser rápidas e pontuais.

O processo de otimização de mão de obra na produção de suínos, quando em granjas tecnificadas, apresenta uma melhor viabilidade, pois as oportunidades geradas são maiores. O investimento em novas tecnologias, quando bem estruturado, permite um excelente retorno do capital investido visto que a mão de obra foi otimizada. Da mesma forma o padrão dos novos projetos tem sofrido constante evolução (Figura 2) sendo necessário ter consciência de que padrões atuais estarão defasados um futuro próximo.

Desta forma, dado o exposto acima, o objetivo do presente trabalho é discorrer sobre alguns fatores que exercem influência direta no resultado da maternidade, bem como a utilização racional e intensiva de toda a estrutura física e humana no setor de maternidade.

Figura 2. Padrão exponencial da evolução tecnológica ao longo dos anos (os autores).



A maternidade como uma unidade de negócio

A maternidade é o setor mais complexo das fases de produção de suínos, uma vez que abriga duas categorias de animais com exigências distintas de ambiente, nutrição e manejo. Como qualquer outro setor produtivo da cadeia suinícola, o setor de maternidade deve ser encarado como uma unidade de negócio própria. Para que isso aconteça, é primordial o estabelecimento de metas alcançáveis aliadas a um programa de bonificação que tenha a capacidade de motivar a equipe deste setor. As metas devem ser repassadas aos colaboradores de forma clara e objetiva. É necessário que seja desenvolvida a capacidade de percepção das pessoas a respeito dos índices que realmente interferem no resultado. Deve-se focar naqueles relacionados à redução das perdas, uma vez que são essenciais para a sobrevivência das empresas em épocas de imensa pressão relacionada ao aumento dos custos e evidente redução de margens de lucro (DALLANORA *et al.*, 2010). No entanto, se não tivermos as pessoas certas na base da produção, ou seja, pessoas treinadas e capazes de sustentar toda pirâmide de produção, certamente nosso raciocínio não estará correto (LECHER, 2001).

O desmame do maior número de leitões pesados, juntamente com a saída de matrizes com condição corporal adequada é o grande objetivo deste setor. É necessário maximizar o número de leitões desmamados/sala ou o número de desmamados/gaiola de maternidade. O foco em detalhes, consistência e qualidade dos leitões (homogeneidade e peso) é o grande desafio. Como atingir este resultado?

Gerenciar qualquer sistema requer habilidade e, principalmente, foco no resultado. De acordo com Falconi (2009), só podemos melhorar o que medimos. Portanto, se o objetivo é tornar a mão de obra mais eficiente, temos que medir como ela está sendo utilizada.

Para que possamos tornar a mão-de-obra mais eficiente é fundamental realizarmos uma reflexão dos manejos executados diariamente. Segundo Bill Gates, a “automação aplicada a uma operação ineficiente aumentará a ineficiência”. Será que realmente todos os manejos

que executamos na maioria das granjas são necessários? Será que existe uma maneira diferente de realizar a mesma tarefa de forma mais eficiente? Será que estou disposto a aceitar mudança de alguns resultados em prol de outros?

MANEJOS DE MATERNIDADE, PRIORIZAR É PRECISO!

Preocupações em relação aos manejos da maternidade são absolutamente importantes na suinocultura. O objetivo de obter o maior número de leitões nascidos vivos em cada leitegada, manter a saúde reprodutiva da fêmea a fim de dar continuidade à produção de leitões e fazer com que os leitões nascidos vivos cheguem até o desmame é o grande desafio. Nos Estados Unidos, as granjas produtoras de leitões trabalham com uma relação de 250 a 450 matrizes para cada funcionário (PIVA & GONÇALVES, 2013), enquanto no Brasil a relação tradicional é de 90 a 150 matrizes por funcionário. Nos últimos anos, algumas granjas no Brasil têm atingido 250 matrizes por funcionário. Entretanto, o número de leitões desmamados por fêmea de 2012 para 2019 nos Estados Unidos aumentou 7,79% enquanto no Brasil, mesmo com mais funcionários disponíveis, aumentamos 9,59% (Tabela 1). O grande desafio da suinocultura brasileira para os próximos anos será de aumentar a relação de matrizes por funcionário e mesmo assim manter os índices de mortalidade dentro dos níveis aceitáveis.

Tabela 1. Evolução em leitões nascidos vivos (LNV) e leitões desmamados (LD) por fêmea de 2012 a 2019 no Brasil e nos Estados Unidos

	Brasil ¹			Estados Unidos ²		
	2012	2019	Var., %	2012	2019	Var., %
Média LNV/Fêmea	11,93	13,20	+ 10,64	11,87	13,20	+ 11,20%
Média LD/Fêmea	10,94	11,99	+ 9,59	10,65	11,48	+ 7,79%

Adaptado de ¹Agriness, 2019 e de ² PigChamp, 2019.

O sistema de produção de suínos atingiu um patamar que a cada dia as exigências em relação aos resultados são mais altas e os recursos mais escassos. Sendo assim, como conciliar estes aspectos, aparentemente, tão antagônicos? Para tal, é preciso priorizar os manejos. Há aproximadamente 100 anos, Vilfredo Pareto teorizou sobre um princípio que até hoje rege muitas ações. Segundo Pareto, 80% dos resultados que obtemos são provenientes de 20% dos nossos esforços, ou seja, uma minoria das ações gera a maior parte dos resultados. Então porque não utilizar este princípio dos 80/20 (Tabela 2) na produção e manejo da maternidade?

Tabela 2. Principais fatores que impactam nos resultados da maternidade

- Atendimento ao parto;
- Manejo das primeiras 24 horas de vida dos leitões;
- Processamento dos leitões;
- Arraçoamento das matrizes.

Se analisarmos a distribuição das tarefas e mão de obra em vários setores da granja, a maternidade detém 60 a 65% do tempo de trabalho, sendo que mais de 40% das horas pagas na maternidade são dedicadas à atenção ao leitão do nascimento até o terceiro ou quarto dia de vida (PIVA & GONÇALVES, 2013).

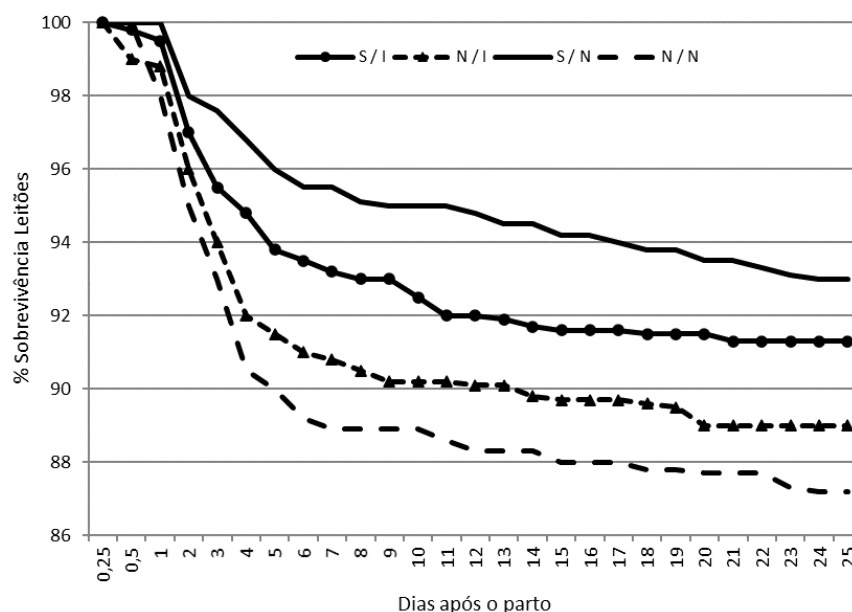
Dentre os manejos da maternidade, alguns merecem destaques e representam 80% do atingimento das metas e são abordados abaixo.

ATENDIMENTO AO PARTO

Como todos os processos reprodutivos, o parto pode ter influência no desempenho reprodutivo subsequente da matriz. Embora este seja o objetivo principal, a atenção dada pela pesquisa sobre a assistência ao parto não é muito grande. Isto faz com que os conhecimentos desenvolvidos nas décadas de 60 a 80 sejam, em parte, utilizados para orientar o manejo da fêmea parturiente (MELLAGI *et al.*, 2007). As mudanças ocorridas no perfil das matrizes, que tem cada vez menos reservas corporais e produzem leitegadas cada vez maiores, é de se supor que o desencadeamento do parto possa ter sofrido algumas mudanças que exigem ações mais acuradas em termos de assistência comparadas àquelas matrizes criadas nas décadas anteriores (MELLAGI *et al.*, 2007).

O manejo do parto passa a ser uma atividade de extrema importância tanto para a fêmea parturiente como para os seus leitões, isto é, que o parto se desenrole em um período curto de tempo e que seja oferecida aos leitões a oportunidade de mamar grande quantidade de colostro imediatamente após o nascimento para garantir a sua sobrevivência imediata (MELLAGI *et al.*, 2007). É no bom atendimento ao parto, reconhecimento e resolução de anomalias que se resume o objetivo principal deste manejo. A capacitação da equipe que executa esta função é primordial. Holyoake *et al.* (1995) já citavam que a qualidade do atendimento ao parto afetava o número de leitões nascido vivos e que a competência do colaborador no momento do parto e dos primeiros 3 dias (Figura 3) afetava, de forma direta, a taxa de mortalidade pré-desmame.

Figura 3. Sobrevivência de leitões ao longo do período de lactação de acordo com o tratamento adotado (S/I – parto supervisionado e induzido, N/I – parto não supervisionado e induzido, S/N – parto supervisionado e não induzido, N/N – parto não supervisionado e não induzido) (adaptado de Holyoake *et al.*, 1995).



Uma ficha de parto de boa qualidade é importante para facilitar a gestão dos partos (Figura 4). A anotação do horário de nascimento de cada leitão é de extrema importância para a otimização da mão de obra durante os partos sem prejudicar os índices de natimortalidade e mortalidade pré-desmame. O uso de caixa de assistência ao parto com os utensílios necessários também é importante (pó secante para pulverizar os recém-nascidos, luvas e lubrificantes para intervenção ao parto, ocitocina, relógio para anotação do horário de nascimento para identificar o momento correto de intervir no parto).

Do ponto de vista prático, para otimizar a mão de obra sem comprometer o indicador mais crítico relacionado com a otimização de mão de obra (mortalidade pré-desmame), é recomendado que a equipe de parto seja composta de 1 funcionário para cada 60 a 90 partos por semana. Em granjas americanas, a relação na equipe de assistência ao parto é composta de 1 funcionário para cada 100 a 150 partos semanais. No entanto, atualmente, estas granjas americanas encontram dificuldades em atingir níveis de mortalidade pré-desmame abaixo de 10%. Uma opção interessante para a manutenção de baixos níveis da mortalidade pré-desmame é o uso de funcionários para a assistência ao parto noturna. Mesmo em situações onde seja praticado o manejo de indução ao parto essa alternativa pode representar uma oportunidade de ganho, principalmente no atendimento de leitões menores e partos distócicos.

- Identificação prévia das matrizes com maior risco de natimortos (matrizes com ordem de parto avançada e com histórico de natimortalidade);
- Remoção das fezes da matriz da cela parideira;
- Administração de medicação, caso haja recomendação do veterinário da granja;
- Observação intensa nos primeiros 4 dias de vida e estar atento para esmagamentos, leitões com perda de peso, doentes e observar a saúde das matrizes. Fêmeas com baixo consumo de ração devem ser avaliadas e, se necessário, medicá-las;
- Intervalos de almoço intercalados, para sempre haver alguém monitorando os partos;
- Na troca de turno, os leitões que já receberam colostro devem ser marcados, para a próxima equipe saber quais leitões ainda precisam mamar colostro.

MANEJO DAS PRIMEIRAS 24 HORAS DE VIDA DOS LEITÕES

Visando demonstrar a importância de um tratamento intensivo precoce dos leitões, Holyoake *et al.* (1995) conduziram uma avaliação onde o foco principal foi o atendimento do leitão do momento do parto aos três primeiros dias de vida. Os autores observaram que este período crítico é determinante na mortalidade pré-desmame dos leitões. Dentre as mortes ocorridas durante todo o período de lactação, 47% delas ocorreram até os primeiros três dias e que, ao quarto dia este percentual chegou a 62%. Sendo assim é possível afirmar que o foco da maternidade está nos primeiros quatro dias pós-parto. Nos primeiros 20% do período de lactação que teremos 80% dos resultados de leitões desmamados.

Mas será que esta atenção intensiva é viável? Em uma análise econômica foi calculado, nas condições de mercado estudadas, um ganho extra de U\$10,95 por leitão adicional produzido (Holyoake *et al.*, 1995), ou seja, o leitão que, em condições normais, teria sido perdido durante o período de lactação.

Manejo do Colostro

Ao nascimento, o leitão é inteiramente dependente das imunoglobulinas do colostro para sua imunidade e, sua sobrevivência está relacionada com a quantidade de colostro ingerida (Le DIVIDICH *et al.*, 1994). Para assegurar uma ingestão adequada de colostro pelos leitões, é essencial que estes sejam colocados a mamar já na primeira hora após o nascimento, após a secagem e quando já estiverem aquecidos com capacidade de mamar (ROOKE & BLAND, 2002).

Uniformização de leitegadas

A uniformização de leitões foi uma prática desenvolvida com o intuito de homogeneizar os leitões por número, peso e tamanho criando uma condição que favorecesse a redução das perdas no período de lactação (ROBERT & MARTINEAU, 2001; STRAW *et al.*, 1998). Apesar de ser uma prática comum nos sistemas de produção de suínos (ROBERT & MARTINEAU, 2001; LIMA, 2007), ainda é realizada de forma indiscriminada, ou seja, durante todo período de lactação, o que pode reverter seus benefícios, aumentando a taxa de mortalidade durante a lactação, reduzindo o peso ao desmame e aumentando as ocorrências de disputas entre os leitões no momento das mamadas (ROBERT & MARTINEAU, 2001). A uniformização é um manejo necessário, no entanto, deve ser realizado, preferencialmente, entre seis e 24 horas após o parto, período em que a maioria dos leitões ainda não definiu seus tetos e que absorverão o máximo de imunoglobulinas do colostro de sua mãe biológica (ROBERT & MARTINEAU, 2001; PIETERS *et al.*, 2008).

Tendo em vista que buscamos constantemente a otimização da mão de obra, essa prática de manejo, se bem realizada auxilia na sobrevivência dos leitões. Sendo assim, como ela deve ser conduzida? Souza (2010) conduziu uma avaliação na qual foi observado o comportamento e desempenho dos leitões em diferentes condições de uniformizações. O autor não observou impacto negativo à sobrevivência e desempenho dos leitões quando o grupo uniformizado foi composto de leitões pequenos e médios. Da mesma forma Heim *et al.* (2012) demonstraram que quanto à prática de uniformização foi realizada nas primeiras 24 horas pós-nascimento, o comportamento dos leitões e o seu desempenho não foram alterados. Atendimento ao parto, manejo de colostro e equalização das leitegadas, são práticas de manejos importantes e que atuam na prevenção de perdas de leitões pré-desmame. No entanto, mais uma vez dependemos de mão de obra. Produzir suínos no papel é muito fácil. Precisamos estar cientes de que práticas aplicadas à rotina de trabalho e, principalmente, disciplina, é fundamental para que as rotinas do dia a dia sejam desenvolvidas. Portanto, o foco na correta execução dos procedimentos deve ser uma busca contínua, para atingirmos uma repetibilidade de bons resultados (KUMMER & GONÇALVES, 2013).

PROCESSAMENTO DOS LEITÕES

O processamento dos leitões como desgaste de dentes, aplicação de ferro, caudectomia e castração são pontos potenciais de otimização através da simples organização das tarefas.

O fato de um colaborador não mais amarrar e cortar o umbigo dos leitões gerou uma oportunidade de melhoria na atenção ao parto, pois o tempo foi otimizado. Da mesma forma a supressão ou organização de alguns manejos podem trazer grandes benefícios.

A organização das atividades é bem marcada no sistema americano de produção onde cada setor tem suas responsabilidades e tarefas, mas no final do dia trabalham de comum acordo e buscam se auxiliar principalmente nos finais de semana quando somente 35% dos funcionários trabalham (PIVA & GONÇALVES, 2013). Outro exemplo interessante aplicado em uma empresa chilena é o de mutirões onde a equipe se reúne por um determinado período e todos auxiliam na tarefa de vacinação, por exemplo. Dessa maneira, a atividade é concluída de forma rápida e eficiente.

A adoção de equipamentos desenvolvidos para certas atividades também auxilia em muitos manejos. A adoção de um carrinho de processamento de leitões é vista como uma excelente oportunidade de otimização de tempo e mão de obra. O carrinho de processamento consta de uma caixa plástica com rodas onde é realizado o processamento dos leitões (aplicação de ferro, tatuagem, corte de cauda e castração) ao 3º dia de vida por 1 ou 2 funcionários (PIVA & GONÇALVES, 2013).

A adoção de manejos concentrados no processamento dos leitões, onde de uma única vez se adotam todas as medidas necessárias otimiza, em muito, o tempo da equipe de maternidade. Manejos como desgaste de dentes no primeiro dia de vida, aplicação de ferro no terceiro dia, aplicação de coccidicida no quarto dia, castração no sétimo dia, por exemplo, devem ser repensados e realizados em um único dia. Leitões submetidos à castração entre 1 e 20 dias de idade apresentam o mesmo comportamento e, provavelmente, percepção à dor (McGLONE *et al.*, 1993). Os mesmos autores sugerem que leitões castrados ao 14º dia de vida apresentam melhor desempenho que leitões castrados ao 1º dia de vida. Kielley *et al.* (1999) observaram uma diminuição temporária no desempenho logo após a castração, no entanto, o desempenho foi recuperado até o desmame, igualando-se ao dos animais castrados com 10 dias de idade. Segundo os autores, a prática de castração precoce é favorecida com a otimização de outros manejos (aplicação de ferro dextrano, caudectomia) sem que o desempenho dos leitões seja prejudicado. Em granjas norte-americanas a castração é executada entre 3 e 6 dias de idade onde, para racionalizar o uso da mão de obra, todos os leitões na sala são castrados no mesmo dia (PIVA, 2013a). Assim, o manejo condensado, aliado ao sistema de mutirão é capaz de gerar boas oportunidades de melhorias de manejo sem comprometer os resultados.

ARRAÇOAMENTO DAS MATRIZES

O manejo nutricional das matrizes é um fator que deve ser trabalhado desde o início da gestação. No entanto, na maternidade, o arraçoamento das matrizes é um ponto crítico. Maximizar o consumo de ração é o principal desafio, sendo assim necessário o fornecimento de ração várias vezes ao dia (CONNOR, 1999). Koketsu *et al.* (1996) demonstraram que

além da quantidade ofertada, o padrão de fornecimento afeta o desempenho reprodutiva da matriz. Dessa forma, dependendo da situação há necessidade de um colaborador exclusivo para desempenhar esta atividade. Assim sendo, como otimizar esta tarefa?

A utilização de dosadores semi-automáticos ou automáticos na maternidade tem sido uma grande oportunidade de otimização de mão de obra. Muitas vezes equipamentos simples cumprem a função de aporte contínuo de ração às matrizes sem que haja desperdício de ração. No entanto, requer grande atenção por parte do pessoal para identificação de matrizes que não estão se alimentando adequadamente. O prejuízo causado por uma interrupção no aporte nutricional à fêmea pode reverter todo o benefício trazido por tal equipamento. Segundo Connor (1999), a utilização de um sistema automático de fornecimento de ração é capaz de reduzir em até 3 horas o tempo gasto na limpeza e reposição de ração nos cochos das fêmeas, racionalizando a utilização de mão de obra. O uso de comedouros automáticos, além de otimizar a mão de obra, melhora o desempenho dos leitões e da matriz. Para obtermos um ótimo peso dos leitões ao desmame não podemos restringir o consumo de ração das matrizes. A restrição de ração na lactação prejudica a produção de leite pelas matrizes e, conseqüentemente, o peso da leitegada ao desmame e o desempenho subsequente das mesmas (KING & MARTIN, 1989; KOKETSU & DIAL, 1998; TOKACH *et al.*, 1992). Infelizmente, a deficiência energética induzida por manejo (restrição de ração na lactação voluntária ou involuntária) é prática ainda encontrada em diversas granjas (DRITZ *et al.*, 2002). Matrizes em lactação submetidas à alimentação à vontade desde o dia do parto apresentaram, estatisticamente, menor perda de peso na lactação e maior peso dos leitões ao desmame (Piva, 2013b, JBS United, dados não publicados).

Alguns sistemas de produção têm adotado a prática de fornecimento *ad libitum* as matrizes desde o parto. Práticas como esta visam o máximo desempenho e otimização do tempo dispendido nas regulagens de fornecimento de ração às matrizes.

REMUNERAÇÃO E BÔNUS

A prática de recompensas, estabelecidas com base em metas claras e objetivas é uma forma de recompensar e reconhecer o empenho e o comprometido dos colaboradores pelos bons índices técnicos. Esta prática, além de incentivar a dedicação promove o conceito da meritocracia, sendo um dos grandes diferenciais na motivação dos funcionários (Kummer *et al.*, 2012). Apesar do sistema de gratificação não ser exatamente uma maneira direta de otimização de recursos, essa prática auxilia na motivação dos colaboradores, que por sua vez falcita a implantação e manutenção da otimização de mão de obra.

ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAR O USO DE MÃO DE OBRA

O método para a realização da otimização, após definidas as oportunidades de melhorias, consiste na revisão constante de processos e procedimentos. Sendo assim, quando isso se faz necessário no setor de maternidade podemos discorrer sobre uma série de estratégias.

1. Escolhas das pessoas que irão coordenar o processo de mudança. Isso é fundamental pois deve haver uma clareza das expectativas e suporte de todas as bases para que durante as dificuldades o processo não seja interrompido e revertido (KUMMER & GONÇALVES, 2013).
2. Disciplina na execução das rotinas do dia a dia: o ponto mais importante em qualquer setor do sistema de produção é a disciplina e a constância na execução das atividades. Não improvise, faça certo da primeira vez. Segundo Kummer *et al.* (2012) para aumentar a disciplina das pessoas pode-se utilizar de ferramentas como: manuais de produção, treinamentos, acompanhamento direto no local de trabalho, investimento em tecnologias, melhoria das instalações, auditorias e melhores incentivos.
3. Automação do sistema de arração. Esta é uma medida que tem sido considerada em várias granjas devido a grande oportunidade de melhoria, a escassez de mão de obra e se torna um fator praticamente obrigatório em granjas de grande porte. Um sistema de arração automático permite, além de uma “garantia” de fornecimento à vontade de ração, a melhor utilização da mão de obra disponível. Assim, esse tempo “adicional” permite uma maior atenção ao manejo de regulação do sistema e verificação de consumo de ração;
4. Focar na rotina do manejo dos três primeiros dias de vida do leitão. Fazer somente o que é indispensável (colostró, uniformização, aplicação de ferro dextrano, corte de cauda e castração). Lembre-se que, aproximadamente, 50% das perdas de leitões ocorrem até o terceiro dia de vida.
5. Eliminar manejos desnecessários e repensar outros. Vários sistemas já aboliram manejos de corte ou desgaste de dentes e amarração de umbigos com pleno sucesso. Este é um exemplo claro de que foco e atitude realmente são a chave de qualquer mudança, ou seja, se a matriz apresentar uma produção de leite adequada e o manejo de uniformização for respeitado, não há porque desgastar os dentes dos leitões e o tempo reservado a estes manejos pode ser destinado a outros mais importantes como atenção ao parto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo quando nos deparamos com o termo otimização é a redução de custos e ao mesmo tempo aumento da lucratividade, seja ela na mão de obra direta ou por outras estratégias. Portanto, a otimização pode acontecer não só pela simples redução do quadro de colaboradores, mas sim pela manutenção dos mesmos e o redirecionamento desta força de trabalho em pontos críticos do dia a dia. Dentre as estratégias para otimização de mão de obra, citamos algumas que, por sua importância, têm grande interferência no resultado. No entanto, abordamos somente um setor da produção. As oportunidades de melhorias são vastas, basta ter foco nos 20% das ações que serão convertidas em 80% dos resultados. Metas claras, disciplina e uma equipe motivada são fundamentais para o sucesso do processo.

■ REFERÊNCIAS

1. AGRINESS, 2013. <http://www.melhoresdasuinocultura.com.br>, acessado em 13 de março de 2013.
2. CONNOR, J.F. Feeding lactating sows for maximum performance, minimum labor. *American Association of Swine Practitioners*. 1999, p. 195-197, 1999.
3. DALLANORA, D.; MACHADO, G.S. & BIONDO, N. Impacto da qualidade dos leitões desmamados sobre o desempenho posterior nas creches e terminações. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 38 (supl. 1). S171-S180, 2010
4. FALCONI, V. 2009. O Verdadeiro Poder – Práticas de Gestão que Conduzem a Resultados Revolucionários. 1.ed. Nova Lima: INDG
5. HEIM, G.; MELLAGI, A.P.G.; BIERHALS, T.; SOUZA, L.P.; FRIES, H.C.C; PIUCO, P.; SEIDEL, E.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, IVO & BORTOLOZZO, F.P. Effects of cross-fostering within 24 h after birth on pre-weaning behaviour, growth performance and survival rate of biological and adopted piglets. *Livestock Science*, v. 150, p. 121–127, 2012.
6. HOLYOAKE, P.K.; DIAL, G.D.; TRIGG, T. & KINK, V.L. Reducing pig mortality through supervision during the perinatal period. *Journal of Animal Science*. v. 73, p. 3543-3551, 1995.
7. KIELLY, J; DEWEY, C.E. & COCHRAN, M.. Castration at 3 days of age temporarily slows growth of pigs. *Swine Health and Production*. V. 7(4), p. 151-154, 1999.
8. KING, R.H. & MARTIN, G.B.. Relationships between protein intake during lactation, LH levels and oestrus activity in first-litter sows. *Animal Reproduction Science*. v. 19, p.283-292, 1989.
9. KOKETSU, Y. & DIAL, G.D.. Factors associated with average pig weight at weaning on farms using early weaning. *Animal Science*, v. 66, p. 247-253, 1998.
10. KUMMER, R. & GONÇALVES, M. Concepção de projetos voltados para otimização de mão de obra. *2º Fórum Integrall de Suinocultura*, 2013.

11. LE DIVIDICH, J.; HERPIN, P. & ROSARIO-LUDOVINO, R. M. Utilization of colostral energy by the newborn pig. *Journal of Animal Science*, v. 72, p. 2082-2089, 1994.
12. LIMA, G.J.M.M. Como manejar uma fêmea hiperprolífica e alimentar os seus leitões. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 35, p. 29-36, 2007.
13. MCGLONE, .J.; NICHOLSON, R.I.; HELLMAN, J.M. & HERZOG, D.N. The development of pain in young pigs associated with castration and attempts to prevent castration-induced behavioral changes. *Journal of Animal Science*. v. 71 (6), p. 1441-1446, 1993.
14. MELLAGI, A.P.G., FURTADO, C. S.D.; CYPRIANO, C.R.; HEIM, G.; BERNARDI, M.L.; BORTOLOZZO, F.P. & WENTZ, Ivo. Procedimentos e consequências das intervenções manuais ao parto em suínos. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 35 (supl.). S149-S156, 2007.
15. MILLER, S. P. Day 1 critical care: how to get pigs out alive and started right. *American Association of Swine Veterinarians*, 2007. p.159.
16. PIETERS, M.; BANDRICK, M.; PIJOAN, C.; BAIDOO, S. & MOLITOR, T. The effect of cross-fostering on the transfer of *Mycoplasma hyopneumoniae* maternal immunity from the sow to the offspring. *Clinical and Vaccine Immunology*, v. 15, n. 3. p. 540–543, 2008.
17. PigChamp, 2019. <http://www.pigchamp.com>, acessado em 10 de agosto de 2019.
18. PIVA, J. Dados não publicados, Comunicação Pessoal, 2013a.
19. PIVA, J. Cortesia JBS United, Dados não publicados, 2013b.
20. PIVA, J. & GONÇALVES, M. Experiência e realidade norte americana na otimização dos recursos humanos em granjas de suínos. *2º Fórum Integrall de Suinocultura*, 2013.
21. ROBERT, S. & MARTINEAU, G. P. Effects of repeated cross-fosterings on preweaning behavior and growth performance of piglets and on maternal behavior of sows. *Journal of Animal Science*, v. 79, p. 88-93, 2001
22. ROOKE, J. A. & BLAND, I. M. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. *Livestock Production Science*, v. 78, p. 13–23, 2002.
23. SOUZA, L.P. Comportamento e desempenho de leitões leves submetidos à uniformização com leitões de pesos distintos. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
24. STRAW, B.E.; DEWEY, C.E. & BURGI, E.J. Patterns of crossfostering and piglets mortality on commercial U.S. and Canadian swine farms. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 33, p. 83-89, 1998
25. TOKACH, M.D.; PETTIGREW, J.E.; DIAL, G.D.; WHEATON, J.E.; CROOKER, B.A. & JOHNSTON, L.J. Characterization of luteinizing hormone secretion in the primiparous, lactation sow: relationship to blood metabolites and return-to-estrus interval. *Journal of Animal Science*. v. 70, p. 2195-2201, 1992.
26. YUZO KOKETSU, Y.; DIAL, G.D.; PETTIGREW, J.E. & KING, V.L. Feed Intake Pattern During Lactation and Subsequent Reproductive Performance of Sows. *Journal of Animal Science*, v. 74, p. 2875-2884, 1996.

“

Desempenho e morfometria de órgãos digestórios de frangos de corte na fase inicial suplementados com complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida

■ Genilson Bezerra de **Carvalho**
UFG

■ Raiana Almeida Noletto **Mendonça**
UFG

■ Julyana Machado da Silva **Martins**
UEMG

■ Marcos Barcellos **Café**
UFG

■ Lindolfo Dorcino dos **Santos Neto**
UFG

■ Fernanda Vieira **Castejon**
UFG

■ Pedro Moraes **Rezende**
UFG

RESUMO

Objetivou-se avaliar o desempenho e a morfometria de órgãos digestórios de frangos de corte na fase inicial suplementados em diferentes períodos com complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida. Foram utilizados 160 pintos de corte machos, da linhagem Cobb-500® com um dia de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições de oito aves. Os tratamentos foram constituídos por grupo controle (0 dias), dois, três e cinco dias de suplementação com complexo aminoácido-vitamínico via água de bebida. Foram avaliadas as variáveis de desempenho aos sete e 21 dias de idade, o consumo de água diário e total até os sete dias de idade e a morfometria de órgãos digestórios aos 21 dias de idade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey (5%). O consumo de ração, peso médio, ganho de peso médio e conversão alimentar aos sete e 21 dias de idade não foram influenciados pelo complexo aminoácido-vitamínico. Da mesma forma, o consumo de água diário e total no período de um a sete dias de idade e a biometria do fígado, moela e intestino delgado aos 21 dias de idade não foram influenciados. O uso do complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida para frangos de corte nos períodos testado não se faz necessário, pois não melhora o desempenho na fase inicial de criação.

Palavras-chave: Consumo de Água, Consumo de Ração, Conversão Alimentar, Ganho de Peso, Nutrição Animal.

INTRODUÇÃO

Na produção de frangos de corte, o manejo adequado na primeira semana pós-eclosão é determinante para que possam expressar o máximo potencial genético ao longo do período de criação, pois é nesta fase que ocorre a maior taxa de crescimento, desenvolvimento do sistema imunológico e digestório (LIMA et al., 2012).

Nesse contexto, a dieta que os pintos de corte recebem nos primeiros dias de vida deve ser diferenciada, devido às limitações na digestão e absorção dos nutrientes em razão da imaturidade do trato digestório (LIMA et al., 2012), associados a fatores estressores como alojamento e densidade, entre outros. O que justifica o fornecimento de aditivos ou complexos que possam melhorar o desenvolvimento inicial, o que conseqüentemente, têm influência direta no desempenho final.

As vitaminas e os aminoácidos são considerados nutrientes essenciais para os frangos, pois participam de diversos processos metabólicos no organismo, sendo, portanto, importantes para a saúde e o desempenho (OLIVEIRA NETO & OLIVEIRA, 2009; FÉLIX; MAIORKA; SORBARA, 2009; POMPEU et al., 2015). O milho e o farelo de soja são os ingredientes que participam em maior quantidade na formulação da ração para frangos de corte, no entanto, apresentam baixos níveis e variações na quantidade de vitaminas e aminoácidos, que na maioria das vezes não atendem as exigências nutricionais dos frangos, fazendo-se necessária a suplementação desses nutrientes na ração.

É comum encontrar na literatura inúmeros trabalhos que avaliaram a suplementação de vitaminas (POMPEU et al, 2011; SELVAM et al., 2017) e aminoácidos (SAKOMOTO et al, 2011; NAJAF; AHMAR; TAZEHKAND, 2017) na ração de frangos na fase inicial, com resultados positivos no desempenho. Entretanto, poucos são os trabalhos que avaliaram a adição desses nutrientes individuais ou associados em forma de complexo na água de bebida de frangos de corte.

Assim, apesar da suplementação de vitaminas e aminoácidos através da água de bebida não ser uma prática comum, pode ser considerada uma alternativa eficaz de fornecimento, o que poderia contribuir para um melhor desempenho, especialmente em condições adversas. Por conseguinte, objetivou-se avaliar o desempenho e a morfometria de órgãos digestórios de frangos de corte na fase inicial suplementados em diferentes períodos com um complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Aviário Experimental da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, Goiás, Brasil, durante o mês de

maio de 2015. Foram utilizados 160 pintos de corte machos, da linhagem comercial Cobb-500®, com um dia de idade, com peso inicial médio de $40 \pm 0,2\text{g}$, adquiridos de incubatório comercial (São Salvador Alimentos S/A, Itaberaí, Goiás, Brasil). As aves foram alojadas em baterias compostas por gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 0,50 x 0,40 x 0,40 m. Cada gaiola era equipada com um bebedouro e um comedouro tipo calha e uma bandeja coletora de excretas. As baterias se localizavam em um galpão de alvenaria, com cobertura de telha de barro, piso em concreto, laterais com mureta, tela e cortinas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e cinco repetições com oito aves cada, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram de um grupo controle (0 dias de suplementação), dois, três e cinco dias de suplementação com complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida. O suplemento utilizado foi um produto comercial e a quantidade adicionada foi de acordo com a recomendação do fabricante: 1 ml/L de água.

O fornecimento do suplemento via água de bebida ocorreu a partir do primeiro dia de idade das aves, com duração conforme o período de dias do tratamento. Na tabela 1 pode ser observada a composição e os níveis de garantia do complexo aminoácido-vitamínico utilizado.

As rações oferecidas foram isonutritivas e isoenergéticas, formuladas à base de milho e farelo de soja, seguindo as recomendações nutricionais e energéticas de Rostagno et al. (2011) para as respectivas fases de criação, pré-inicial (1 a 7 dias de idade) e inicial (8 a 21 dias de idade).

Foram avaliadas as variáveis de desempenho (consumo médio de ração, peso médio final, ganho de peso médio e conversão alimentar) aos sete e 21 dias de idade. Para tal, foram conduzidas as pesagens dos frangos, da oferta e sobra das rações semanalmente e registrados o número e o peso das aves mortas diariamente.

O consumo médio de ração foi obtido pela diferença de peso da ração oferecida e a sobra resultante a cada fase, dividido pelo número de aves. O peso médio final foi obtido dividindo-se o peso total das aves da gaiola pelo número de aves ao final do período experimental. O ganho de peso calculado pela diferença entre o peso final e o peso inicial das aves. A conversão alimentar foi obtida a partir da razão entre o consumo médio de ração e do ganho de peso médio das aves, corrigida pela mortalidade de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

Foram avaliados o consumo total e diário de água até os 7 dias de idade. Para isso, a água fornecida foi medida diariamente, conforme as sobras presentes nos bebedouros. O consumo de água foi estimado subtraindo a soma dos volumes fornecidos da soma das sobras de cada bebedor. O consumo médio diário foi estimado dividindo este total pela média ponderada do número de aves vivas na parcela.

Tabela 1. Composição e níveis de garantia do complexo aminoácido-vitamínico

Vitaminas	Níveis de garantia
Ácido pantotênico	500,00 mg/kg
Biotina	1,00 mg/kg
Inositol	500,00 mg/kg
Nicotinamida	16,25 g/kg
Vitamina B1	750,00 mg/kg
Vitamina B2	500,00 mg/kg
Vitamina B6	125,00 mg/kg
Aminoácidos	
Ácido Aspártico	10,00 g/kg
Ácido glutâmico	17,80 g/kg
Alanina	400,00 mg/kg
Arginina	600,00 mg/kg
Cistina	600,00 mg/kg
Fenilalanina	800,00 mg/kg
Glicina	10,30 g/kg
Histidina	500,00 mg/kg
Isoleucina	600,00 mg/kg
Leucina	700,00 mg/kg
Lisina	600,00 mg/kg
Metionina	800,00 mg/kg
Prolina	11,80 g/kg
Serina	12,00 g / kg
Tirosina	100,00 mg / kg
Treonina	200,00 mg / kg
Valina	9300,00 mg / kg

Aos 21 dias de idade, foi realizada a avaliação morfométrica de órgãos digestórios. Para tanto, duas aves por repetição, totalizando 10 aves por tratamento, representando o peso médio da parcela ($\pm 5\%$), foram eutanasiadas por deslocamento cervical após seis horas de jejum alimentar. Foram coletados e pesados o intestino total, o fígado e a moela. Foi realizada a medida do comprimento do intestino. Todos os pesos obtidos foram utilizados no cálculo do peso relativo de cada órgão, através da fórmula: peso relativo = (peso do órgão/peso vivo) x 100.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey (5%). Homogeneidade das variâncias (Teste de *Barlett*) e normalidade dos resíduos (*Shapiro-Wilk*) foram considerados. Foi utilizado o *software* estatístico R versão 3.2.3.

RESULTADOS

O consumo de ração, o peso médio, o ganho de peso e a conversão alimentar não foram influenciados pela suplementação do complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida aos sete e aos 21 dias de idade ($P>0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de ração (CR), peso médio (PM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte suplementados com complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida em diferentes tempos, no período de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade

Tratamentos	CR (g)	PM (g)	GPM (g)	CA (g/g)
Dias de suplementação				
1 a 7 dias de idade				
Controle	146,0	186,0	138,0	1,038
2 dias	148,0	188,0	141,0	1,059
3 dias	142,0	185,0	135,0	1,029
5 dias	143,0	184,0	137,0	1,049
P valor	0,2456	0,6734	0,7713	0,099
CV (%)	2,43	4,87	6,75	1,50
1 a 21 dias de idade				
Controle	1380,0	1017,0	969,0	1,435
2 dias	1384,0	1032,0	984,0	1,426
3 dias	1402,0	1015,0	965,0	1,447
5 dias	1377,0	997,0	949,0	1,428
P valor	0,8976	0,2245	0,2459	0,1864
CV (%)	2,76	4,81	5,05	3,02

CV: coeficiente de variação.

O consumo de água dos frangos na primeira semana de criação não foi influenciado pela suplementação do complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida ($P>0.05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de água de frangos de corte de 1 a 7 dias de idade, suplementados com complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida em diferentes tempos

Tratamentos	Consumo de água (L/ave)	
Dias de suplementação	Diário	1 a 7 dias
Controle	0,061	0,422
2 dias	0,060	0,421
3 dias	0,064	0,445
5 dias	0,063	0,441
P valor	0,8792	0,4598
CV (%)	6,11	6,11

CV: coeficiente de variação.

O peso relativo do fígado, da moela, do intestino e o comprimento do intestino dos frangos de corte aos 21 dias de idade não foram influenciados pela suplementação do complexo de aminoácidos e vitaminas na água de bebida ($P>0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Peso relativo do fígado, da moela, do intestino e comprimento do intestino de frangos de corte aos 21 dias de idade, suplementados com complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida em diferentes tempos

Tratamentos	Peso relativo (%)			Comprimento (cm)
Dias de suplementação	Fígado	Moela	Intestino	Intestino
Controle	2,00	1,67	3,71	128,37
2 dias	2,12	1,57	3,94	132,13
3 dias	2,06	1,64	3,92	128,79
5 dias	2,04	1,64	3,81	120,04
P valor	0,3897	0,1762	0,2890	0,2569
CV (%)	5,81	5,67	10,13	6,66

CV: coeficiente de variação.

DISCUSSÃO

Na primeira semana pós-eclosão o rápido desenvolvimento e maturação funcional do sistema digestório envolve diversas alterações morfológicas e fisiológicas (MAIORKA, 2006) e podem ser influenciados pela composição da dieta (LONGO et al, 2005). No presente estudo, a suplementação com o complexo de aminoácidos e vitaminas via água de bebida não influenciou o desempenho dos frangos aos sete e 21 dias de idade. Esse resultado pode está relacionado com a ausência de algum desafio. De acordo com Selvan et al. (2017), a suplementação de 70 g/t de vitamina E para frangos de corte criados em alta densidade melhora do desempenho. Cadirci e Koncagul (2014) relataram que há aumento do ganho de peso e melhora da conversão alimentar de frangos alojados em altas temperaturas e suplementados com DL-metionina na água de bebida.

Resultados semelhantes ao do presente estudo foram relatados por Lima et al. (2012), ao avaliarem o efeito da suplementação de um complexo vitamínico na água de bebida de frangos, não observaram melhora no desempenho aos sete dias de idade. Por outro lado, Fernandes et al. (2017), verificaram aumento no ganho de peso de frangos suplementados com um complexo de aminoácidos e vitaminas na água de bebida, aos 21 dias de idade.

O consumo de água pode ser modificado por certas substâncias consumidas pelas aves, como, por exemplo, o bicarbonato de sódio e o cloreto de potássio (BORGES et al., 2002). No entanto, nesse estudo, o consumo de água dos frangos não foi alterado pela suplementação de aminoácidos e vitaminas na água de bebida, indicando que os aminoácidos

e vitaminas presentes no suplemento utilizado podem ser adicionados com segurança na água de bebida para frangos, sem que haja prejuízos no consumo.

O peso dos órgãos na fase pré-inicial reflete o bom desenvolvimento do trato digestório da ave (STRINGHINI et al., 2003), com influencia nas fases seguintes. O rápido aumento no volume dos vilos em todos os seguimentos do intestino delgado ocorre por volta do terceiro dia após a eclosão (UNI et al., 1998).

Assim, a suplementação dos frangos com aminoácidos e vitaminas pode estimular o desenvolvimento do trato digestório das aves; pois são substâncias indispensáveis para o crescimento da maioria das células e tecidos (PIERZYNOWSKI et al., 2001; GUERRA et al., 2014). No entanto, neste estudo, a suplementação de aminoácidos e vitaminas na água de bebida não alterou o peso relativo do fígado, da moela e do intestino delgado e nem o comprimento do intestino delgado. Esse resultado demonstra que o suplemento provavelmente, não exerceu ação trófica sobre a mucosa intestinal e alterações morfofuncionais do sistema digestório.

De acordo com Aleixo et al. (2011), a musculatura do intestino responde com aumento de volume da célula muscular, causando a hipertrofia, e, responde também, com aumento do número de células musculares levando a hiperplasia. Fenômeno esse pode ser caracterizado por interferir no desempenho digestivo. O que não ocorreu com a suplementação aminoácido-vitamínico.

Zavarize et al. (2011) relataram que os pesos relativos da moela e fígado, e comprimento do intestino não foram influenciados pela inclusão de glutamina e nucleotídeos na dieta de frangos de corte. Segundo Rao e McCracken (1992), os pesos dos órgãos variam com o consumo de energia e/ou proteína, sugerindo que mantidas as mesmas quantidades, os pesos serão semelhantes.

CONCLUSÃO

A suplementação de complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida para frangos de corte nas condições e períodos testados não influenciou o desempenho e morfometria de órgãos digestórios na fase inicial, portanto, não se faz necessário à sua utilização nesse período. Períodos mais longos de suplementação e de substituição de parte dos aminoácidos e vitaminas da ração devem ser estudados para melhor compreensão dos efeitos exercidos por esse complexo no desempenho de frangos.

■ REFERÊNCIAS

1. ALEIXO, V. M. *et al.* Histologia, histoquímica e histometria do intestino de jacaré-do-Pantanal criado em cativeiro. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Cuiabá, v. 31, n. 12, p. 1120-1128, 2011.
2. BORGES, S. A. *et al.* Consumo de água em frangos de corte suplementados com bicarbonato de sódio ou cloreto de potássio na ração. *Ciência e Cultura*, Tuiuti, v. 2, n. 31, p. 89-96, 2002.
3. CADIRCI, S.; KONCAGUL, S. Possible Effects of Delivering Methionine to Broilers in Drinking Water at Constant Low and High Environmental Temperatures. *Italian Journal of Animal Science*, Bologna, v. 13, n. 1, p. 93-97, 2014.
4. FÉLIX, A. P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J. O. B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 619-626, 2009.
5. FERNANDES, J. I. M. *et al.* Effect of oral dietary supplement for chicks subjected to thermal oscillation on performance and intestinal morphometry. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 39, n. 4, p. 385-392, 2017.
6. GUERRA, A. F. Q. G. *et al.* Utilização da vitamina D3 e seus metabólitos na alimentação de frangos de corte sobre parâmetros imunológicos e morfometria intestinal. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Cuiabá, v. 34, n. 5, p. 477-484, 2014.
7. LIMA, N. D. S. *et al.* Idade da matriz e suplementação vitamínica sobre o desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, Tupã, v. 6, n. 3, p. 131-138, 2012.
8. LONGO, F. A. *et al.* Diferentes fontes de proteína na dieta pré-inicial de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, p. 112-122, 2005.
9. MAIORKA, A.; DAHLKE, F.; MORGULIS, M. S. F. A. Broiler adaptation to post-hatching period. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 701-708, 2006.
10. NAJAFI, R.; AHMAR, R.; TAZEHKAND, G. N. Effect of Different Dietary Threonine Levels on Optimal Growth Performance and Intestinal Morphology in 1-14 Days Old Ross 308 Broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, Campinas, v. 19, n. supl. especial, p. 59-66, 2017.
11. OLIVEIRA NETO, A. R.; OLIVEIRA, W. P. Aminoácidos para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 38, n. supl. especial, p. 205-208, 2009.
12. PIERZYNOWSKI, S. G. *et al.* Glutamine in gut metabolism. *In*: PIVA, A., KNUDSEN, K. E. B., LINDBERG, J.E. Gut environment of pigs. University Press. Nottingham. p. 43-62. 2001.
13. POMPEU, M. A. *et al.* Suplementação de colina em dietas para frangos de corte machos da fase inicial. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 63, n. 6, p. 1446-1452, 2011.
14. POMPEU, M. A. *et al.* Desenvolvimento de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de suplementação de vitamina E. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 67, n. 2, p. 506-510, 2015.
15. RAO, D.S.; McCracken, K.J. Energy: protein interactions in growing boars on hegh genetic potencial for lean growth: I Effects on growth, carcass characteristics and organ weights. *Animal Science*, Cambridge, v. 54, n. 1, p. 75-82, 1992.

16. ROSTAGNO, H. S. *et al.* Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3ª edição. Viçosa: UFV; 2011.
17. SAKOMOTO, M. I. *et al.* Utilização da glutamina, associada ao ácido glutâmico, sobre o desenvolvimento e a atividade enzimática em frangos de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 63, n. 4, p. 962-972, 2011.
18. SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2ª edição. Jaboticabal: Funep; 2016.
19. STRINGHINI, J. H *et al.* Efeito do peso inicial dos pintos e do período da dieta pré-inicial sobre o desempenho de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 353-360, 2003.
20. SELVAM, R. *et al.* Effect of vitamin E supplementation and high stocking density on the performance and stress parameters of broilers. Brazilian Journal of Poultry Science, Campinas, v. 19, n. 4, p. 587-594, 2017.
21. UNI, Z.; GANOT, S.; SKLAN, D. Posthach development of mucosal function in the broiler small intestine. Poultry Science, Champaign, v. 77, n. 1, p. 75-82, 1998.
22. ZAVARIZE, K. C. L. *et al.* Glutamina e nucleotídeos na dieta de frangos de corte criados no sistema alternativo. Archivos de Zootecnia, Córdoba, v. 60, n. 232, p. 913-920, 2011.

“

Development of an artificial neural network to predict animal and forage production

▮ Eliéder Prates **Romanzini**
UNESP

▮ Lutti Maneck **Delevatti**
UNESP

▮ Rhaony Gonçalves **Leite**
UNESP

▮ Alvair **Hoffmann**
UNESP

▮ Erick Escobar **Dallantonia**
UNESP

▮ Adriana Cristina **Ferrari**
UNESP

▮ Fernando **Ongaratto**
UNESP

▮ Priscila Arrigucci **Bernardes**
UFSC

▮ Ricardo Andrade **Reis**
UNESP

▮ Euclides Braga **Malheiros**
UNESP

ABSTRACT

This study focuses on training the mathematical models for prediction of forage and animal production in Brazilian beef cattle system. In this study, two functions are trained to find the most optimal prediction of herbage mass besides leaf and stem percentages, and average daily gain. We aimed to compare artificial neural networks (ANNs) and multiple linear regression (MLR) to predict both forage and animal production. Two datasets were used in each evaluation. The multivariable results showed that there was no formation of groups in each dataset, so all inputs were used in analyses. These analyses to determine the best model ANN or MLR results, considering the correlation between the predicted value and the observed value. Other evaluations were performed for ANNs, more specifically for structures. The inputs and the number of hidden layers was analyzed to define the best structure for prediction of future results. Significance level was considered by P -value < 0.05 . It was found that ANN is better than MLR predicting results for both datasets. For the inputs used in each ANN, there were differences only for animal production, with the higher prediction values 0.72 using ANN. In other words, the number of hidden layers for both datasets were not different. Hence, ANN, with a specific structure for each evaluation, is a potential tool for prediction of results for forage and animal production.

Key Words: Decision Support, Forage Management, Multivariate Methods, Ruminant Nutrition.

INTRODUCTION

The livestock production index is required to improve year-on-year to ensure positive gains, and thus profitability. In this industry, it is important to consider the use of tools that predict future results, which could help entities to make real-time decisions regarding planned actions. The most important characteristic of Brazilian beef cattle production is the source of feed, i.e., the tropical forage. Throughout the countryside, there is a wide variety of species and genera, but the highlight is tropical forage grasses with C4 photosynthetic metabolism. Azevedo *et al.* (2011) reported that approximately 80% of the cultivated pastures in Brazil comprise the *Urochloa* grass species, and the most commonly cultivated crops are *U. decumbens*, *U. brizantha*, *U. humidicola*, and *U. ruziziensis*.

A knowledge of the specific forage utilization enables the development of management techniques according to the requirements of each crop. Therefore, an understanding of the production process of the main source of feed is an important requirement for animal suppliers, considering the quantity and quality of their source of feed and tropical forage (Reis *et al.* 2013). In order to meet the ideal amount of animal feed required during all seasons, several tools have been employed to predict future biological results. Some examples of these tools are artificial neural networks (ANNs) and fuzzy logic (Mehri, 2013). Both of these approaches can be used to solve complex problems, such as biological problems, using big data. However, according to Morettin and Tolo (2006), the prediction of future results will not by itself improve the livestock index. Thus, it is important to augment this prediction with appropriate system management. In this way, the 21st Century has been referred to as “farming 4.0,” which involves using technology in the entire production chain (livestock and agriculture) to improve the index and consequently all results (productive, environmental, financial, and social).

Considering that there are several kinds of models to predict the productivity of farming systems (potential, limited, and reduced productions; van de Ven *et al.* 2003) it is important to determine how all of the factors will be used in the determination. These factors can be divided into genetic characteristics, light, and temperature (used for potential productivity models); these last three as well as the water and available nutrients (used for several productivity models) and all of the above-mentioned factors in addition to the presence of weeds and disease (used for reduced productivity models). Some studies were developed to evaluate ANNs as a tool in the prediction of forest results (Binoti *et al.* 2014; Özçelik *et al.* 2013, and Martins *et al.* 2016) and animal production results (Grzesiak *et al.* 2003; Fernández *et al.* 2006 and Fernández *et al.* 2007). This is because according to Pasini (2015), ANNs were developed and used for several purposes in many fields related to contemporary scientific research. However, to the best of our knowledge, there are no studies that employ ANNs to predict forage production using tropical grasses and animal performance in grazing systems.

Therefore, our research aims to verify the use of ANNs to predict forage production (forage mass [fm], and leaf [%l] and stem [%s] percentages), and animal production (average daily gain [ADG]) using datasets obtained in tropical conditions. Our hypothesis considers whether it is possible to predict the results of livestock systems using ANNs.

MATERIAL AND METHODS

Dataset

The data used to evaluate the forage production (total mass, leaf and stem percentages) were obtained from experiments that were developed at the São Paulo State University, “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) (Jaboticabal, São Paulo, Brazil), where the typical climate is the subtropical humid type, with dry winters and wet summers. Pastures were sown with *U. brizantha* (Hochst.) Stapf. cultivars Marandu and Xaraes, and both were managed using a continuous grazing system, and the variable stocking rate and sward height were varied between 15 and 35 cm according to studies developed between 2013 and 2017. It was worked 410 records pertaining to forage production, with 94% from Marandu grass and 6% from Xaraes grass.

For the other evaluation, animal production (ADG) data that were employed were obtained from experiments that were developed at the same University, where animals were kept during the rearing phase in pastures that had been seeded with both of the previously mentioned grasses. These experiments were performed between 2016 and 2017, and two animal breeds were used (Nellore and ½ Nellore ½ Aberdeen Angus), were worked around 900 records, 83% of which were from Nellore, and 17% from ½ Nellore + ½ Aberdeen Angus.

Climate data were used in both datasets (Table 1) and were obtained from the Department of Exact Sciences (São Paulo State University, “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) (Jaboticabal, São Paulo, Brazil)), and the observations were made at the Agroclimatological Station of Unesp - Campus Jaboticabal.

Table 1. Inputs used for development of Forage (Forage mass, Leaf and Stem percentage) and Animal (Average Daily Gain) Productions* prediction models

Input number	Variable	Forage Production	Animal Production
1	Rainfall	X	X
2	Photoperiod	X	X
3	Temp. Maxima	X	X
4	Temp. Minima	X	X
5	Rainy Days	X	X
6	Humidity	X	-
7	Stocking rate	X	X
8	Nitrogen Fertilizer Level	X	X
9	Supplementation Level	X	X
10	Forage Crop	X	X

Input number	Variable	Forage Production	Animal Production
11	Sward Height	X	X
12	Animal Breed	-	X
13	Forage Mass	-	X
14	Leaf Percentage	-	X
15	Stem Percentage	-	X
16†	Average Daily Gain	-	-

* Models studied to Forage (Forage mass [fm], Leaf [%l] and Stem [%s] percentages) and Animal (Average daily gain [ADG]) productions.

† ADG used just in principal component analyses (PCA, into Fig. 2).

Multivariable analysis

After the composed dataset for forage and animal production were developed, multivariable analyses were performed to understand all interactions, after which all of the inputs were defined (Table 1) for use in the ANN. Factor analyses were obtained using principal component analysis (PCA) (Seal, 1964 and Jeffers, 1978), and were calculated from the correlation matrix of the variables. Therefore, three groups were developed for each evaluation using a graphic scatter plot. For the forage production, the clusters were composed of a combination of the forage mass (fm), as well as leaf (%l) and stem (%s) percentages (Great [fm > 6t, %l > 50% and %s < 30%]; Normal [5t < fm < 6t, 45% < %l < 50% and 30% < %s < 35%] and Bad [fm < 5t, %l < 45% and %s > 35%]). For the animal production, the clusters comprised the ADG (high gain [ADG > 1.5], medium gain [1.5 > ADG > 0.8], and low gain [ADG < 0.8]).

Artificial neural network

An ANN analysis was developed based on the most commonly used type in different studies (Sangoi *et al.* 2016; Mehri, 2013; Mehri, 2012 and Brennecke *et al.* 2011), namely the multilayer perceptron (MLP) with linear activation function. The algorithm that was used was backpropagation, in which each neural weight must be higher than 1.0 for the prediction to proceed to the next step. Different ANN structures were used considering the hidden layers and number of neurons in each layer. All cases involved the use of five different hidden layers, i.e., 2, 3, 4, 5, and 6 hidden layers. These structures were analyzed with a different number of neurons for each layer, and each combination was repeated five times. For the inputs (Table 1), the criteria were easily defined by obtaining the information on land use.

In all cases, the data were divided into two groups, namely training and test groups. This practice is important to prevent the ANN from learning all results and not predicting more, but just providing an answer for each set of information, which is called overfitting. Therefore, the training used 66% of the data, and the test was developed using the other 34%. The choice of data in the dataset was randomized at all times. The analyses resulted in two values, the Pearson correlation (Corr) and mean-square error (MSE). Corr was developed by comparing

the predicted value with the observed value, and MSE was the error between these two values (predicted and observed).

To compare the ANN results, the MLR was developed using the same dataset. The MLR was developed considering all inputs used (Table 1) based only on their significance (P -value < 0.05). Therefore, with the chosen model, the predicted value was determined, which was used to determine Corr and MSE to MLR. These results were determined using five repetitions of the same number of ANNs, and they could be compared with ANN results to determine how to better predict the forage and animal production. All of the analyses were developed using R Core Team (2017) as well as the packages “neuralnet” and “NeuralNetTools.”

Statistical analysis

After performing all of the evaluations, the previously described ANNs for forage and animal production were developed using factorial analysis, which is a three-way interaction, to evaluate differences between the inputs used, an N° hidden layer and model (ANN and MLR), considering the significance of the F test, P -value < 0.05 . The factorial analysis that were developed were $5 \times 5 \times 2$ (Input $\times$ N° hidden layer $\times$ model) for forage production and $3 \times 5 \times 2$ for animal production (Input $\times$ N° hidden layer $\times$ model) using AgroEstat software (Barbosa and Maldonado Júnior, 2015). The mathematical model used for these analyses was:

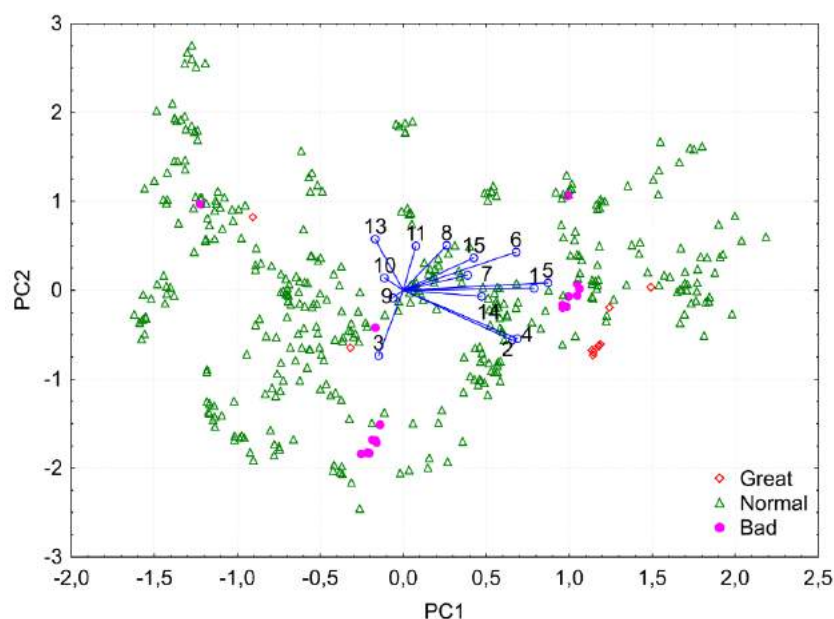
$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_{ij} + \epsilon_{ik} + \omega_{jk} + \tau_{ijk} + e_{ijkl}$$

where Y_{ijkl} is the dependent variable i subject to inputs j used at the N° hidden layer and at model k , μ is the overall mean, α_i is the effect of the inputs i used = 5 different inputs (forage production) and three different inputs (animal production); β_j represents the effect of the N° hidden layer $j = 2, 3, 4, 5$, and 6 layers, γ_k is the effect of model $k = \text{ANN and MLR}$, δ_{ij} is the interaction between inputs i used and the N° hidden layer j , ϵ_{ik} represents the interaction between the inputs i used and model k , ω_{jk} represents the interaction between the N° hidden layer j and model k , τ_{ijk} represents the interaction between the inputs i used and the N° hidden layer j and model k , and e_{ijkl} is the residual experimental error.

RESULTS

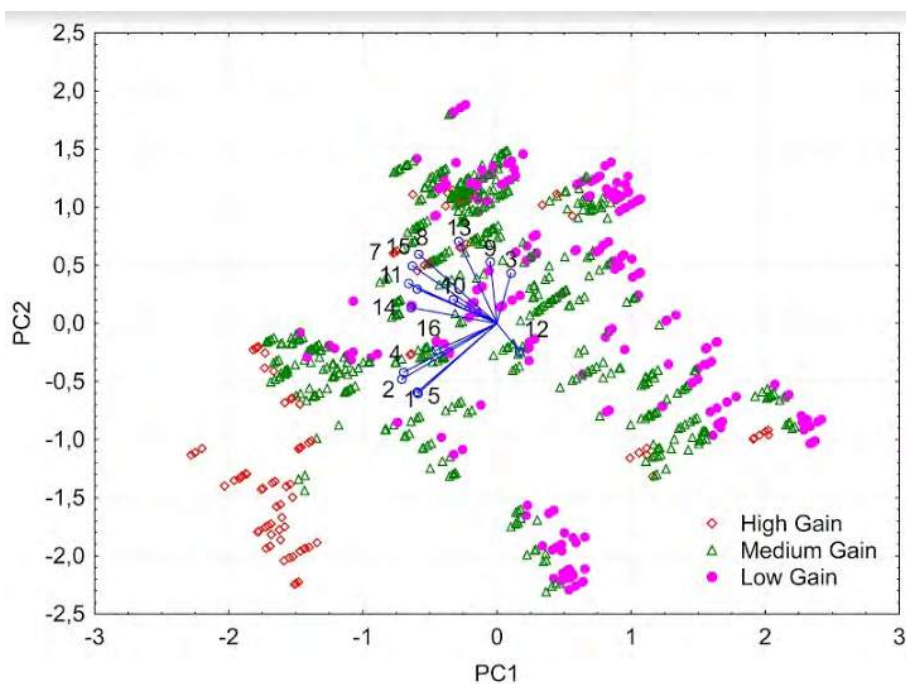
The factor analysis that was developed for forage production (Fig. 1) considered two factors, which account for 41.52% of the data variability. The first factor accounts for 24.58% and the second one for 16.94%. By observing this figure, it is possible to determine that there no were clusters among the three groups (Great, Normal, and Bad) that were previously created. In the same figure, it can be observed that the primary group was Normal, with 93.17% of the total.

Figure 1. Graphical clusters of Forage production, considering combination among forage mass, leaf and stem percentages (Great, Normal and Bad), a merged between clusters and factors obtained by principal components analyses (PCA) from Inputs (**Table 1**)



In the same way, but considering another dataset, i.e., animal production (Fig. 2), two factors accounted for 47.44% of the data variability, where the first factor was responsible for 27.05%, and the second for 20.39%. In Fig. 2, the group distribution not permitted to say that there were clusters. Of the groups in animal production, 63.51% were for animals with medium gain, 25.70% for low gain, and the least was high gain, with just 10.79%.

Figure 2. Graphical clusters of Animal production, considering average daily gain (High, Medium and Low Gains), a merged between clusters and factors obtained by principal components analyses (PCA) from Inputs (**Table 1**)



After it was observed that there was no clustering among the data in each dataset (forage and animal production), individual ANNs were developed in each dataset. The Corr and MSE values that were obtained using ANNs and MLR for different inputs (Table 1) and ANN structures (N° hidden layers) are presented in Table 2. The standard observed for all evaluations was that ANNs predict with more efficiency compared to MLR. For all combinations between inputs and ANN structures, the Corr value was higher than ANN (mean values of 0.84, 0.78, and 0.75 for fm, %l, and %s, respectively, versus mean values of 0.74, 0.39, and 0.50 for fm, %l, and %s, respectively for MLR), and consequently, the MSE was lower. For MSE, these values were close to 1.3 t, 0.9%, and 1.1% (for fm, %l, and %s, respectively) for ANN, and 1.9 t, 1.9%, and 1.8% (for fm, %l, and %s, respectively) for MLR.

Table 2. Results of tested different models' artificial neural network (ANN) and multiple linear regression (MLR) to predict forage production (Forage mass, Leaf and Stem percentages) with varying model inputs and ANN parameters

Inputs ^a	N° hidden layer ^b	Total mass				Leaf percentage				Stem percentage			
		Corr ^c		MSE ^d		Corr ^c		MSE ^d		Corr ^c		MSE ^d	
		ANN	MLR	ANN	MLR	ANN	MLR	ANN	MLR	ANN	MLR	ANN	MLR
1 to 11	2	0.835	0.748	1.386	2.023	0.750	0.418	0.011	0.020	0.750	0.527	0.012	0.019
	3	0.834	0.739	1.387	1.967	0.787	0.396	0.010	0.021	0.777	0.488	0.010	0.020
	4	0.852	0.741	1.200	1.931	0.804	0.428	0.008	0.018	0.743	0.497	0.012	0.019
	5	0.864	0.742	1.157	1.884	0.798	0.406	0.008	0.019	0.743	0.483	0.011	0.019
	6	0.815	0.742	1.487	1.880	0.763	0.379	0.010	0.020	0.735	0.521	0.013	0.019
1 to 11 - 2	2	0.817	0.747	1.456	1.941	0.751	0.386	0.009	0.019	0.757	0.508	0.010	0.018
	3	0.826	0.732	1.492	2.102	0.759	0.396	0.010	0.019	0.756	0.485	0.012	0.021
	4	0.871	0.758	1.035	1.753	0.792	0.378	0.009	0.020	0.735	0.513	0.012	0.020
	5	0.838	0.734	1.291	1.931	0.748	0.362	0.010	0.020	0.739	0.501	0.012	0.019
	6	0.815	0.735	1.611	2.062	0.780	0.427	0.009	0.018	0.715	0.486	0.013	0.021
1 to 11 - 6	2	0.8031	0.740	1.598	2.026	0.785	0.445	0.009	0.019	0.756	0.501	0.010	0.018
	3	0.8551	0.746	1.127	1.840	0.770	0.366	0.010	0.021	0.775	0.546	0.011	0.019
	4	0.84726	0.758	1.371	1.953	0.783	0.387	0.008	0.018	0.747	0.503	0.010	0.017
	5	0.86496	0.727	1.118	2.073	0.791	0.417	0.007	0.016	0.737	0.510	0.011	0.017
	6	0.8443	0.724	1.195	1.919	0.801	0.404	0.009	0.019	0.758	0.500	0.011	0.019
1 to 11 - 7	2	0.822	0.745	1.313	1.867	0.771	0.346	0.010	0.021	0.773	0.461	0.010	0.020
	3	0.813	0.730	1.392	1.970	0.835	0.396	0.007	0.019	0.741	0.517	0.011	0.017
	4	0.863	0.746	1.145	1.941	0.780	0.379	0.008	0.019	0.745	0.499	0.010	0.017
	5	0.863	0.734	1.077	1.936	0.827	0.378	0.007	0.020	0.747	0.469	0.011	0.020
	6	0.838	0.765	1.499	1.955	0.718	0.386	0.011	0.018	0.742	0.499	0.010	0.017

1 to 11 - 2 and 6	2	0.816	0.750	1.488	1.979	0.724	0.379	0.010	0.018	0.788	0.523	0.010	0.019
	3	0.815	0.727	1.508	1.990	0.761	0.351	0.009	0.019	0.764	0.492	0.010	0.018
	4	0.825	0.736	1.483	2.081	0.796	0.388	0.009	0.020	0.726	0.499	0.012	0.019
	5	0.841	0.751	1.263	1.853	0.729	0.371	0.011	0.019	0.738	0.494	0.012	0.019
	6	0.817	0.733	1.457	1.915	0.778	0.372	0.009	0.019	0.728	0.517	0.012	0.018

^a Inputs are defined in Table 1, ^b N° hidden layer – structure of ANN, ^c Corr – Pearson correlation value between predicted values and observed values, ^d MSE – mean square error of prediction.

The analysis results (Table 3) showed that there was no difference between the different inputs that were evaluated ($P = 0.656$). The same result, i.e., the absence of differences, was observed for the ANN structure (N° hidden layers, $P = 0.063$), but some trends were observed in this case. The values (Table 2) indicated that better prediction results were obtained using an ANN structure with three or four hidden layers, causing a quadratic effect, which is represented by the equation $y = 0.7356 + 0.0282x - 0.0033x^2$ (where y is the Corr value and x is the N° hidden layers). When different models are compared in Table 3 (ANN or MLR), differences were observed ($P < 0.0001$), showing that ANN was better than MLR with respect to the prediction of forage production (fm, %I, and %s). Following other analyses, interactions were developed between all causes of variations (inputs [A], N° hidden layer [B], and model [C]; Table 3). There is no significance for these interactions ($P > 0.05$). Highlighted can be done to N° hidden layer x Model that result in tendency ($P = 0.080$), probably caused by Model used, mainly ANN.

Table 3. Analysis of variance for main effects and interaction resulted of Pearson correlation (Corr) into different models (artificial neural network [ANN] and multiple linear regression [MLR]) used to predict forage production (Forage mass, Leaf and Stem percentages) with varying model inputs and ANN parameters

Variation causes	DF	SS	MS	F	P - value
Inputs	4	0.004	0.001	0.611	0.656 ^{NS}
N° hidden layer	4	0.015	0.004	2.271	0.063 ^{NS}
Model	1	0.560	0.560	340.2	<0.0001**
<i>Interactions ^a</i>					
A x B	16	0.017	0.001	0.648	0.842 ^{NS}
A x C	4	0.003	0.001	0.436	0.782 ^{NS}
B x C	4	0.014	0.004	2.119	0.080 ^{NS}
A x B x C	16	0.009	0.001	0.331	0.993 ^{NS}
Residuals	200	0.329	0.002	-	-
Total	249	0.950	-	-	-

DF – degree freedom, SS – sum square, MS – mean square, ^a A – Inputs, B – N° hidden layer and C – Model, ** - significant at a 1% probability level, ^{NS} - non-significant at a 5% probability level.

When the results obtained for animal production predictions are observed to be similar to that for forage production, the use of ANNs resulted in higher Corr values compared with MLR for all inputs evaluated (Table 4). For these inputs, differences ($P < 0.0001$) were observed (Table 5). The higher prediction values (0.72 and 0.67 for ANN and MLR, respectively) were obtained using first the input (1 to 15 – 6), which corresponds to all variables, with the

exception of only the humidity (Table 1). However, the worst prediction values (0.67 and 0.50 for ANN and MLR, respectively) were obtained using the last input (1 to 15 – 1 to 6), which excludes all climate variables (Table 1).

Table 4. Results of tested different models' artificial neural network (ANN) and multiple linear regression (MLR) to predict animal production (Average Daily Gain) with varying model inputs and ANN parameters

Inputs ^a	Nº hidden layer ^b	Corr ^c		MSE ^d	
		ANN	MLR	ANN	MLR
1 to 15 - 6	2	0.722	0.678	0.088	0.099
	3	0.728	0.666	0.079	0.092
	4	0.707	0.663	0.090	0.097
	5	0.706	0.667	0.082	0.089
	6	0.713	0.669	0.087	0.095
1 to 15 - 2 to 4 and 6	2	0.724	0.650	0.091	0.109
	3	0.704	0.640	0.085	0.096
	4	0.688	0.620	0.092	0.106
	5	0.694	0.634	0.091	0.100
	6	0.732	0.659	0.078	0.095
1 to 15 – 1 to 6	2	0.661	0.480	0.098	0.130
	3	0.677	0.496	0.097	0.127
	4	0.672	0.481	0.094	0.128
	5	0.682	0.542	0.096	0.126
	6	0.668	0.504	0.092	0.124

^a Inputs are defined in Table 1, ^b Nº hidden layer – structure of ANN, ^c Corr – Pearson correlation value between predicted values and observed values, ^d MSE – mean square error of prediction.

The mean MSE was calculated for all combinations of the input and Nº hidden layers, and the values were 89 g for ANN versus 107 g for MLR. The Nº hidden layers did not vary for the structures that were evaluated ($P = 0.431$). As with the last dataset, the model that was used was the reason for the difference ($P < 0.0001$). The ANN predictions resulted in better Corr values compared to those of MLR, i.e., 0.70 versus 0.60. When there were interactions between inputs [A], Nº hidden layer [B] and Model [C] (Table 5), the effect was observed only for inputs x Model ($P < 0.0001$), where there was a quadratic effect for MLR, and a linear effect for ANN.

Table 5. Analysis of variance for main effects and interaction resulted of Pearson correlation (Corr) into different models (artificial neural network [ANN] and multiple linear regression [MLR]) used to predict animal production (Average Daily Gain) with varying model inputs and ANN parameters

Variation causes	DF	SS	MS	F	P - value
Inputs	2	0.320	0.160	96.84	<0.0001**
Nº hidden layer	4	0.006	0.002	0.962	0.431 ^{NS}
Model	1	0.342	0.342	207.1	<0.0001**
<i>Interactions^a</i>					
A x B	8	0.017	0.002	1.254	0.274 ^{NS}
A x C	2	0.111	0.056	33.65	<0.0001**
B x C	4	0.003	0.001	0.382	0.821 ^{NS}
A x B x C	8	0.003	0.000	0.186	0.992 ^{NS}
Residuals	120	0.198	0.002	-	-
Total	149	1.000	-	-	-

DF – degree freedom, SS – sum square, MS – mean square, ^a A – Inputs, B – Nº hidden layer and C – Model, ** - significant at a 1% probability level, ^{NS} - non-significant at a 5% probability level.

DISCUSSION

Our results were in agreement with those reported by Pasini (2015), who reported that ANNs are chosen based on their ability to find nonlinear realistic relationships between causes and indices which can explain the behaviors of complex systems, such as the biological systems evaluated in this research. Considering the study by van de Ven *et al.* (2003), the models that were evaluated in this research (forage and animal production) could be considered limited production because it employed information in the inputs, such as the genetic characteristics (crops, breed), climate (temperature, photoperiod, rainfall, rainy days, humidity), as well as water and feed quantity (nitrogen fertilizer level, supplementation level, sward height, forage mass, leaf and stem percentages).

Both dataset (forage and animal production) clearly show that there were no groups in each dataset. Clustering could be considered as a tool that is used to segment large heterogeneous datasets into smaller and homogeneous subsets, which could be easily handled to be modeled and analyzed (Uddin *et al.* 2017). The PCA developed for both datasets did not create these previously mentioned subsets, and consequently, it can be understood that all factors considered in each analysis are responsible for similar characteristics among all of the data analyzed.

Considering the results obtained by analyzing the forage production dataset, it is possible to determine that ANN had a greater capacity to predict results (fm, %, and %s) than MLR. Therefore, when only the ANN results were studied, there were no differences between all of the inputs that were evaluated, enabling us to use the smaller number of variables in the inputs. This smaller quantity requires less computational cost, and consequently a smaller memory cost to develop the ANN analyses. In addition to this condition, the results about model structure show that fewer (2 hidden layers) N° hidden layers could be used without affecting the prediction results. In this way, the variables that were used in the inputs were the rainfall, temperature (max and min), rainy days, stocking rate, nitrogen fertilizer level, supplementation level, forage crop, and sward height.

Thus, considering a report by Whiteman (1980) about factors that are important to grass plant physiology, our inputs that were used in the ANN architecture are in agreement with his results. The following factors were reported to be important: light, temperature, photoperiod, humidity, wind, rainfall, soil fertility, soil physical compound, topography, forage genetics potential (production and nutritive value), environmental adaptation, seed competition and control, perennial, animal acceptance during grazing, grazing method and system, stocking rate, and fertilizer strategies. Therefore, to compare this classic report with inputs used in the ANN analyses, it can be mentioned that the inputs are associated with these factors.

To understand each input and its importance to the prediction of results of fm, %I, and %s, were presented the responses for each one for forage production. Rainfall and rainy days are directly associated with water availability to plants. This availability is important because it results in conditions that are optimum for plant metabolism, but according to Kreuzwieser and Gessler (2010), both low and excess water availability can cause problems in plant mineral nutrition. The importance of both inputs (rainfall and rainy days) was demonstrated in Romanzini *et al.* (2017), which evaluated important factors in the relationship with forage production using multivariate analysis. They reported that rainy days and humidity were positively correlated with the total forage production. With respect to the other climate inputs used, the maximum and minimum temperatures are important because the C4 photosynthetic pathway had an ideal growth range. Yamori *et al.* (2014) reported that the C4 species has higher ideal photosynthesis temperatures. However, according to the same authors, these plants have a reduced ability to acclimatize to the ideal temperature for photosynthesis associated with the growth temperature. Thus, these inputs (related to temperature, maxima, and minima) need to be used in ANN analyses in order for variations in temperatures to be understood for biological process called forage production.

If other inputs are observed (stocking rate, nitrogen fertilizer level, and supplementation level), can be understood the importance of addressing the development of beef cattle production using forage as the main nutrient source. With respect to the stocking rate, its use in ANN structures of forage production can be explained by its relationship with grazing. This grazing corresponds to an act of defoliation, which is considered a major management imposition on the forages, and its impact is related to both the severity and timing of defoliation (Fulkerson and Donaghy, 2001). The same authors reported that this defoliation should be handled to provide optimal conditions both persistence as to production of the pasture, our aim in this research. The other input, i.e., the nitrogen fertilizer level, could be described as a tool that is adopted primarily to increase the forage quality and quantity (Reis *et al.* 2016). Coblenz *et al.* (2017) reported that fertilization using nitrogen is a common management technique that results in increased forage yields. Similarly, Dillard *et al.* (2015) reported that providing at least 50% of agronomic recommendation with nitrogen can cause an improved soil quality. This improvement could facilitate conditions that are ideal for forage development. Finally, the last management input, i.e., animal supplementation level, directly affects the forage intake by animals, and consequently, the forage production. Following the classical report by Moore (1980), three interaction effects were found to exist between forage and supplement intakes, namely additive, combined, and substitutive. Each one results in a different forage intake level, which could cause the forage production due to defoliation during grazing to be

equal or lesser than what is observed without supplementation. This justifies the use of the supplementation level in the input during ANN analysis.

The last inputs that were used in the ANN structure of forage production were the forage crop and sward height. Both inputs are related to the sward structure, and it is important to determine the forage productivity. Both of the forage crops (Marandu and Xaraes) that were evaluated in this study were cultivars of *U. brizantha*, but even with this common origin, they showed some varied characteristics, which can alter the forage production. Valle *et al.* (2010) reported that Marandu grass has good potential in shadows, with high roots and seed production. The same authors reported that Xaraes grass has high productivity, mainly because of leaves that have high support capacity. Therefore, each forage crop has unique characteristics that are important as inputs in ANN structures. With respect to the other input, i.e., the sward height, Palhano *et al.* (2007) reported that the sward structure mentioned above is frequently determined by global attributes, which are referred to as the sward height and herbage mass. The first input used in our ANN to predict the forage production, and the second one is in response to our ANN and is called the forage mass (fm). Another important point about the sward height for forage production predicted in our research is that it is correlated to the defoliation process, which is developed by grazing, and therefore, it determines the sward residual architecture, which influences plant regrowth (Combes *et al.* 2011). It is thus very important to predict the forage production using ANN analysis.

When was evaluated the other dataset, i.e., animal production, as observed with another dataset (forage production), compared with MLR, ANN was better in terms of predicting the result - ADG. However, in contrast with what occurred for forage production, the inputs used in this dataset were different in terms of how they were evaluated. As a result, both the first (1 to 15 – 6) and second ones (1 to 15 – 2 to 4 and 6) were better than the third (1 to 15 -1 to 6). Considering the fewer computations required, the second input could be used, which considers these variables: rainfall, rainy days, stocking rate, nitrogen fertilizer level, supplementation level, forage crop, sward height, animal breed, forage mass, leaf and stem percentages. If these observed inputs can be understood the better Corr value obtained, close to 0.70, that could be considered median. None of the inputs that were used were related to the feed's nutritional value or dry matter intake, which are both directly related to the animal performance. These inputs were not used because they are not easily measured on land.

To understand the effect of each input on the ANN structure with respect to the prediction of animal production, as measured in ADG, these inputs were divided into groups, namely climate (rainfall, rainy days) and management (all others). van de Ven *et al.* (2003) reported that the maximum growth rate is dependent on the species, breed, sex, and climate. Our inputs had some of these characteristics in the ANN structure. With respect to climate, Azevêdo *et al.*

(2016) reported that environment factors, include rainfall, can alter the animal behavior, and consequently change the dry matter intake, which is the main variable associated with ADG. These two inputs, which are grouped in the climate category, significantly affect the forage production (as mentioned previously), and consequently, could cause an increase in animal performance that is due mainly to the forage quantity and quality available to animal intake.

Considering all of the other inputs that are used in ANN structures to predict the relationship between the animal production and management, can be explained the general considerations that are associated with this input in beef cattle production on grasslands. The effect of the stocking rate on the ADG can be understood using the classic Moot (1960) theory. The author reported that there is an ideal stocking rate that results in an adequate gain per animal and gain per area. Thus, it is important to understand that neither of the gains (animal and area) was improved because to obtain the best gain per animal, the stocking rate would result in undergrazing. on the other hand, the best gain per area resulted in a high stocking rate, causing overgrazing in the area. Therefore, the use of the stocking rate is fundamental to predicting the animal production results because it varies with grazing pressure. When another variable, i.e., the supplementation level, is observed, it can be reported that this is important to predict animal production results because it is an important tool that is used to increase the stocking rate without causing overgrazing into pasture systems. Some studies (Reis et al. 2013 and Barbero et al. 2015) reported that supplementation is an important management tool of beef cattle production, which causes an increase in ADG. Thus, owing to this important correlation with ADG, its use in inputs for the prediction of animal production can be understood.

The inputs, namely nitrogen fertilizer level, forage crop, sward height, forage mass, and leaf and stem percentages, could be included because they are all associated with forage conditions (quality and quantity). If considered that animal performance, which is measured by ADG, is directly correlated with volunteer feed intake and nutritional value (Mathis and Sawyer, 2007), all of the changes in forage conditions can vary the animal ADG. With respect to the nitrogen fertilizer level, nitrogen is a key nutrient that contributes to the pasture quality and production (Adami *et al.* 2010). These characteristics are directly associated with animal performance. In addition, nitrogen can be associated with other inputs that are important to obtain animal performance results. This nutrient causes changes in the forage mass as well as leaf and stem percentages, and when associated with grazing, can alter sward height. According to De Bona *et al.* (2013), a decrease in the quantity of nitrogen available to forage can decrease the emission speed and lifespan of leaves in addition to decreasing the number of leaves, and consequently the light interception for photosynthesis. On the other hand (Sartor *et al.* 2011) reported that nitrogen fertilizer can increase forage quality, while increasing the leaf mass, emergence of new shoots, and leaf longevity. According to these authors, these

results for the forage improve animals' voluntary dry matter intake, consequently increasing the ADG, which is the variable predicted in the animal production ANN.

Finally, the input called animal breed is very important in ANNs that aim to predict ADG because each breed has specifications that result in different growth curves. Dias *et al.* (2015) reported that after evaluating the same two breeds used in this research (Nelore and ½ Nelore + ½ Aberdeen Angus) in pasture systems with supplementation, there were no differences in carcass yield and characteristics. However, they observed differences in the ADG between both breeds. The differences occurred basically based on the breed origin: Nelore from *Bos taurus indicus*, which produced animals with resistance to the environment and ectoparasites, and Aberdeen Angus from *Bos taurus taurus*, which produced animals that were less adapted to warm climates but exhibited good finishing precocity. Therefore, it is important to utilize this input (animal breed) in ANN structures to predict animal production.

CONCLUSION

The use of artificial neural networks, along with specific structures for each evaluation, is a potential tool in the prediction of future results for forage mass, leaf and stem percentages and animals average daily gain using easily measurable inputs to support owners' decisions for beef cattle production in grazing systems, allowing us to define the best management system to increase system productivity.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are grateful to National Council for Scientific and Technological (grant #142188/2016-6), Coordination of Superior Level Staff Improvement (grant #2015/16631-5) and São Paulo Research Foundation (FAPESP grant #2015/16631-5) for the scholarships provided for this study.

■ REFERÊNCIAS

1. Adami PF, Soares AB, Assmann TS, Assmann AL, Sartor LR, Pitta CSR, Franchin MF, and Migliorini F (2010) Dynamic of a papuã pasture under two grazing intensities and two nitrogen levels. *Brazilian Journal Animal Science* 39, 2569–2577.
2. Azevêdo JAG, Valadares Filho SC, Costa e Silva LF, Dos Santos AB, Souza LL, Rotta PP, Rennó LN, Prado IN (2016) Regulação e predição de consumo de matéria seca. In: Valadares Filho SC, Costa e Silva LF, Gionbelli MP, Rota PP, Marcondes MI, Chizzotti ML, Prados LF, editors, *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR Corte*. Ed. UFV, Viçosa.

3. Azevedo ALS, Costa PP, Machado MA, De Paula CMP, Sobrinho FS (2011) High degree of genetic diversity among genotypes of the forage grass *Brachiaria ruziziensis* (Poaceae) detected with ISSR markers. *Genetics and Molecular Research* 10(4), 3530-3538.
4. Barbero RP, Malheiros EB, Araújo TLR, Nave RLG, Mulliniks JT, Berchielli TT, Ruggieri AC, Reis RA (2015) Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. *Animal Feed Science and Technology* 209, 110-118.
5. Barbosa JC, Maldonado Júnior W (2015) AgroEstat version 1.0 – Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Multipress Ltda, Jaboticabal, SP.
6. Binoti DHB, Binoti MLMS, Leite HG (2014) Configuração de redes neurais para estimação do volume de madeira. *Brazilian Journal of Wood Science* 5 (1), 58-67.
7. Brennecke K, Tech ARB, Arce AIC, Luz PHC, Herling VR, Costa EJX (2011) Prediction of protein fractioning of *Brachiaria brizantha* cv Marandu through Artificial Neural Networks. *Archivos de Zootecnia* 60 (232), 1271-1279.
8. Coblenz WK, Akins MS, Cavadini JS, Jokela WE (2017) Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages. *Journal Dairy Science* 100, 1739-1750.
9. Combes D, Decau ML, Rakocovic M, Jacquet A, Simon JC, Sinoquet H, Sonohat G, Varlet-Grancher C (2011) Simulating the grazing of a white clover 3-D virtual sward canopy and the balance between bite mass and light capture by the residual sward. *Annals of Botany* 108, 1203-1212.
10. De Bona FD, Schmidt F, Monteiro FA (2013) Importance of the nitrogen source in the grass species *Brachiaria brizantha* responses to sulfur limitation. *Plant Soil* 373, 201-216.
11. Dillard SL, Wood CW, Wood BH, Feng Y, Owsley WF, Muntifering RB (2015) Effects of nitrogen fertilization on soil nutrient concentration and phosphatase activity and forage nutrient uptake from a grazed pasture system. *Journal of Environmental Management* 154, 208-215.
12. Fernández C, Soria E, Martín JD, Serrano AJ (2006) Neural network for animal science applications, two case studies. *Expert Systems with Applications* 31, 444-450.
13. Fernández C, Soria E, Sánchez-Seiquer P, Gómez-Chova L, Magdalena R, Martín-Guerrero JD, Navarro MJ, Serrano AJ (2007) Weekly milk prediction on dairy goats using neural networks. *Neural Computing and Applications* 16 (4-5), 373-381.
14. Fulkerson WJ, Donaghy DJ (2001) Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41(2), 261-275.
15. Grzesiak, W, R Lacroix, J Wojcik, Blaszyk P (2003) A comparison of neural network and multiple regression predictions for 305-day lactation yield using partial lactation records. *Canadian Journal of Animal Science* 83 (2), 307-310.
16. Jeffers, J. N. R (1978) *An Introduction to System Analysis: with Ecological Applications*. Edit Arnold Publication, London, UK.
17. Kreuzwieser J, Gessler A (2010) Global climate change and tree nutrition: influence of water availability. *Tree Physiology* 30 (9), 1221-1234.
18. Mathis CP, Sawyer JE (2007) Nutritional management of grazing beef cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 23, 1-19.

19. Martins ER, Binoti MLMS, Leite HG, Binoti DHB, Dutra GC (2016) Configuração de redes neurais artificiais para estimação do afilamento do fuste de árvores de eucalipto. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences* 11 (2), 33-38.
20. Mehri M (2013) A comparison of neural network models, fuzzy logic, and multiple linear regression for prediction of hatchability. *Poultry Science* 92 (4), 1138-1142.
21. Mehri M (2012) Development of artificial neural network models based on experimental data of response surface methodology to establish the nutritional requirements of digestible lysine, methionine, and threonine in broiler chicks. *Poultry Science* 91(12), 3280-3285.
22. Moore JE (1980) Forage crops. In: Hoveland CS, editor. *Crop quality, storage, and utilization*. ed. Madison: Crop Science Society of America.
23. Moot GO (1960) Grazing pressure and the measurement of pasture production. *Proceedings International Grassland Congress* 8, 606-611.
24. Morettin PA, Toloi CMC (2006) *Análise de Séries Temporais*. Santana de Parnaíba. Ed. Edgard Blucher, São Paulo.
25. Pasini A (2015) Artificial neural network for small dataset analysis. *Journal of Thoracic Disease* 7 (5), 953-960.
26. Palhano AL, Carvalho PCF, Dittrich JR, Moraes A, Da Silva CS, Monteiro ALG (2007) Características do processo de ingestão de forragem por novilhas holandesas em pastagens de capim-mombaça. *Brazilian Journal Animal Science* (36), 1014-1021.
27. R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing <https://www.R-project.org/> Austria.
28. Reis RA, Barbero RP, Hoffmann A (2016) Impacts of forage quality on beef cattle production systems. *Informe Agropecuário* 37 (292), 36-53.
29. Reis RA, Valente ALS, Dos Santos SMC, De Souza FHM, Berchielli TTI, Ruggieri AC, Santana SS, Serra JM (2013) Performance of young bulls grazing Marandu grass pasture at different heights. *Tropical Grassland* 1, 114-115.
30. Romanzini EP, Malheiros EB, Delevatti LM, Leite RG, Hoffmann A, Reis RA (2017) Fatores fundamentais para produção de pastos de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubados com níveis crescentes de nitrogênio. *Proceedings IV SAMPÁ – Simpósio de Adubação e Manejo de Pastagens e IV SIMPAPASTO – Simpósio de Produção Animal a Pasto* 4, 79-82.
31. Özçelik R, Diamantopoulou MJ, Crecente-Campo F, Eler U (2013) Estimating Crimean juniper tree height using nonlinear regression and artificial neural network models. *Forest Ecology and Management* 306, 52-60.
32. Sartor LR, Assmann TS, Soares AB, Adami PF, Assmann AL, Pitta CSR (2011) Nitrogen fertilizer use efficiency, recovery and leaching of an Alexander grass pasture. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35 (3), 899-906.
33. Sangoi LF, Kessler AM, Neuenfeldt Júnior AL, Siluk JCM, Ribeiro AML, Soliman M (2016) The use of artificial intelligence for the prediction of productivity parameters in swine culture. *Pesquisa Operacional* 36 (1), 67-79.
34. Seal HL (1964) *Multivariate Statistical Analysis for Biologists*. Ed. Mathuen, London.

35. Uddin J, Ghazali R, Deris MM (2017) An empirical analysis of rough set categorical clustering techniques. *Plos One* 12 (1), e0164803.
36. Valle CB, Macedo MCM, Euclides VPB, Jank L, Resende RMS (2010) Gênero *Brachiaria* In: Fonseca DM, Martuscello JA, editors, *Plantas Forrageiras*. Ed. Editora UFV, Viçosa.
37. Ven GWJ, Ridder N, Van Keulen H, Van Ittersum MK (2003) Concepts in production ecology for analysis and design of animal and plant-animal production systems. *Agriculture Systems* 76(2), 507-525.
38. Yamori W, Hikosaka K, Way DA (2014) Temperatures response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. *Photosynthesis Research* 119,101-117.
39. Whiteman PC (1980) *Tropical Pastures Science*. Ed. Oxford University Press, New York.

“ Estimativa do crescimento de bovinos de corte em confinamento utilizando modelos não lineares

- I Ranieri **Bom**
IFC
- I Francine **Vogel**
IFC
- I Rafaela de Oliveira **Nunes**
IFC
- I Elizabeth **Schwegler**
IFC
- I Carlos Eduardo Nogueira **Martins**
IFC

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar modelos não lineares para prever o crescimento de novilhos terminados em confinamento. O trabalho foi desenvolvido com nove animais em uma propriedade que realiza o ciclo de terminação de bovinos de corte em confinamento, localizada na cidade de Joinville no estado de Santa Catarina. Os animais eram zebuínos, taurinos e suas cruzas. O confinamento começou em 26/12/2014, com os animais pesando uma média de 315,3 kg e idade média de 18 meses. A dieta de adaptação foi capim-elefante, grão de milho inteiro e Supra Maxxipeso® Alto Grão, com diferentes proporções (níveis crescentes de concentrado) da dieta até o dia 30/01/2015. A partir desta data os animais começaram a receber 6,5 kg de grão de milho inteiro e 1 kg de Supra Maxxipeso® Alto Grão. Foram pesados a cada 15 dias até completar 90 dias de confinamento com média de 412 kg de peso vivo. Os modelos não-lineares avaliados foram: Logístico de 3 e 4 parâmetros, Exponencial de 2 e 3 parâmetros, Gompertz de 3 parâmetros e Crescimento Mecanístico. Os dados foram analisados com o pacote de estatística JMP. Os modelos não-lineares demonstraram capacidade de estimar o peso de bovinos de corte em confinamento através do número de dias em confinamento, especialmente o modelo logístico de quatro parâmetros.

Palavras-chave: Bovinos de Corte, Confinamento, Peso, Milho.

INTRODUÇÃO

A pecuária representa uma das atividades econômicas mais importantes do Brasil. Com vistas no crescimento da demanda mundial, o setor terá de aumentar significativamente a produção de alimentos de origem animal. Uma das possibilidades para atender esta demanda, é a adoção da terminação de animais em confinamento. Os confinamentos estão em franca expansão, com o número de bovinos confinados aumentando a cada ano, permitindo assim o descanso das áreas de pastagem durante os períodos menos favoráveis do ano, além de promover um melhor rendimento de carcaça (SENAR, 2018).

De acordo com dados divulgados no Relatório Anual 2019 sobre o Perfil da Pecuária no Brasil, elaborado pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC), em conjunto com a Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX-Brasil, Brasília/DF) e a Brazilian Beef, o produto interno bruto (PIB) do agronegócio brasileiro representou uma elevação de 8,7% a sua participação no PIB total brasileiro. Somente a pecuária gerou riqueza de R\$ 527,22 bilhões, representando um crescimento de 8,3% em relação ao valor registrado em 2017 (ABIEC, 2019). Já impulsionadas pela demanda chinesa, as exportações brasileiras de carne bovina terminaram 2019 com um recorde em volume e receita. Os volumes enviados atingem 1,847 milhões de toneladas e receita de US\$ 7,59 bilhões. Os números representaram um crescimento de 12,4% e 15,5%, respectivamente, em relação a 2018, superando as previsões feitas e consolidando o ritmo de crescimento das vendas brasileiras (ABIEC, 2020).

Desta forma deve-se levar em conta o uso cada vez mais intenso de suplementação da dieta com concentrado, o que favorece a padronização da carcaça, a redução do tempo para o abate, o desmame de animais mais pesados e com melhores acabamentos. Isso ocorre devido a evolução genética das raças, zebuínas e européias, somada ao crescente uso do cruzamento industrial. Todos esses fatores trazem ao produtor um boi de melhor qualidade, com um rendimento financeiro maior, preços mais altos e bonificações. Pelo lado da indústria, um produto mais homogêneo facilita o escoamento e a venda para clientes mais exigentes (Carvalho & Zen, 2017).

A dieta de alto grão sem volumoso pode tornar o sistema vantajoso e de fácil implantação. A ausência do fornecimento de volumoso reduz o manejo pelos funcionários e os gastos que envolvem a produção e armazenamento de um alimento volumoso em uma propriedade (Dias et al., 2016). Esta dieta baseia-se no fornecimento aos animais confinados do milho grão inteiro misturado a um concentrado em pellet, que contém em sua composição proteínas, vitaminas, minerais e aditivos alimentares, visando balancear a dieta de acordo com a categoria animal e o desempenho esperado (Mandarino et al., 2013).

Para a pecuária brasileira, o confinamento deve representar uma técnica de modernização (Pedreira & Primavesi, 2011), aonde práticas relacionadas à gestão de tecnologia utilizada na propriedade influenciam positivamente o uso desses elementos devido ao aperfeiçoamento das técnicas de produção e a utilização de métodos propícios ao contexto. Essas práticas são acompanhadas da inserção de novos conhecimentos no sistema produtivo, o que proporciona vantagens competitivas, benefícios na qualidade dos produtos e aumento na produção (Nascimento et al., 2014).

Na pecuária, os sistemas informatizados armazenam e fornecem informações sobre o controle de matrizes, cruzamento de animais, inseminações artificiais, aspectos nutricionais e sanitários de cada animal. O gerenciamento dessas informações pode ser realizado por meio de softwares específicos (Machado & Nantes, 2011).

Com vistas em acompanhar a evolução do desempenho dos bovinos de corte confinados, estudos têm buscado tecnologias para analisar grandes compilados de dados coletados e armazenados por vários anos, que possam contribuir com o entendimento dos processos associados a cada sistema de produção, e dessa forma ajudar na tomada de decisão (Silvestre, 2019).

Como uma das ferramentas de análise de dados a modelagem é uma das habilidades fundamentais da mente humana, uma vez que modelos são simplificações intencionais da realidade (Rothemberg, 1989), para isso são estabelecidas relações quantitativas entre conjunto de variáveis de entrada e de saídas (Barioni et al., 2002).

O intuito principal destas análises é de prever possíveis situações de comportamento da produção de acordo com variáveis já mensuradas, e as possíveis interações entre elas. Estas são analisadas na busca por explicar possíveis problemas na produção, simulando sistemas biológicos extremamente complexos, onde os mesmos são transformados em respostas mais simples auxiliando na escolha das medidas oportunas para amenizar as perdas e medir a produção (Silvestre, 2019).

De acordo com Souza et al., (2008) e Silva et al., (2011) o crescimento dos animais está relacionado diretamente com a quantidade e a qualidade da carne produzida. Assim, torna-se de fundamental importância o conhecimento do processo de ganho de massa corporal do animal, pois este conhecimento possibilita que se faça um controle da produção de carne. Este ganho pode ser influenciado pela alimentação, por condições climáticas, pelo estado sanitário e pelas características genéticas associadas aos animais (Santana 2013).

Os diferentes fatores que influenciam o crescimento atuam com intensidade diferenciada ao longo da vida do animal. Assim, para melhor identificar os vários efeitos é imprescindível dividir o período do crescimento em duas fases: a fase que começa ao nascer e vai até o desmame; e a fase que vai do desmame até a maturidade (Biffani, 1997).

Uma das formas de se avaliar o crescimento animal é por meio de curvas de crescimento, obtendo-se as estimativas dos parâmetros de modelos não lineares (Silva et al., 2010). Os modelos mais utilizados para descrever o crescimento animal são as funções de Richards, Logística, Brody, Gompertz, e Von Bertalanffy (Chalh; Gazzah, 2014). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar modelos não lineares para prever o crescimento de novilhos terminados em confinamento.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado na propriedade Rancho Esser, localidade de Pirabeiraba, município de Joinville, Santa Catarina. Foram utilizados nove animais para o desenvolvimento do experimento pertencentes às raças zebuínas, taurinas e seus cruzamentos. O confinamento teve início no dia 26/12/2014. A pesagem dos animais foi realizada na própria propriedade utilizando-se uma balança mecânica. Na primeira pesagem os animais apresentaram uma média de peso vivo equivalente a 315,3 kg e uma idade média aproximada de 18 meses.

No início do confinamento foi realizada uma adaptação dos animais a dieta, utilizando-se uma fonte de fibra composta por capim-elefante fornecido livremente, juntamente com grão de milho inteiro e suplemento para dietas de alto grão, realizando-se o aumento gradual dos níveis de concentrado até 30/01/2015. A partir desta data os animais começaram a receber apenas 6,5 kg de grão de milho inteiro e 1 kg de suplemento para dietas de alto grão. As pesagens foram realizadas a cada 15 dias até chegar-se ao período final de 90 dias de confinamento.

Após a coleta e tabulação dos dados os mesmos foram analisados com o pacote estatístico JMP (JMP, 2015), cujos modelos não-lineares avaliados estão apresentados na Tabela 1. Os valores iniciais dos parâmetros atribuídos aos modelos foram gerados pelo programa estatístico.

Tabela 1. Modelos não lineares para estimar o crescimento animal.

Modelo	Equação	Parâmetros
Logístico 3P*	$c/(1+\text{Exp}(-a*(\text{Days}-b)))$	$c/(1+\text{Exp}(-a*(\text{Days}-b)))$
Logístico 4P	$c+[(d-c)/(1+\text{Exp}(-a*(\text{Days}-b)))]$	a = taxa de crescimento / b = ponto de inflexão / c = menor massa a maturidade / d = maior massa a maturidade
Exponencial 2P	$a*\text{Exp}(b*\text{Days})$	a = scale / b = growth rate
Exponencial 3Pv	$a+b*\text{Exp}(c*\text{Days})$	a = massa a maturidade / b = escala / c = taxa de crescimento
Gompertz 3P	$a*\text{Exp}(-\text{Exp}(-b*(\text{Days}-c)))$	a = massa a maturidade / b = taxa de crescimento / c = ponto de inflexão
Crescimento mecanístico	$a*(1-b*\text{Exp}(-c*\text{Days}))$	a = massa a maturidade / b = escala / c = taxa de crescimento

A letra P é o número de parâmetros do modelo.

RESULTADOS

Após 90 dias de confinamento, os animais atingiram peso médio de 412 kg, o que representa um ganho de 96,7 kg de peso vivo durante este período. No que diz respeito ao ganho médio diário obteve-se o equivalente a 1,07 e 1,47 Kg, considerando a adaptação ao período e sem o período de ajustamento, respectivamente.

Como descrito na tabela 2, todos apresentaram valores altos para o coeficiente de determinação ajustado (R²), uma vez que esse coeficiente de confiabilidade indica o percentual do peso que pode ser explicado pelos parâmetros utilizados pelo modelo, quanto mais próximo de um o valor de R², mais preciso é o modelo matemático para prever o crescimento dos bovinos, se aproximando do crescimento real. O modelo Gompertz 3P obteve valor de 0,93 para coeficiente de determinação; os modelos logístico 3P, exponencial (2P e 3P) e crescimento mecanístico apresentaram valor de R² de 0,95; e o Logístico 4P teve um valor de 0,99. O modelo logístico 4P foi aquele que mostrou-se mais indicado para prever o crescimento de bovinos de corte em confinamento.

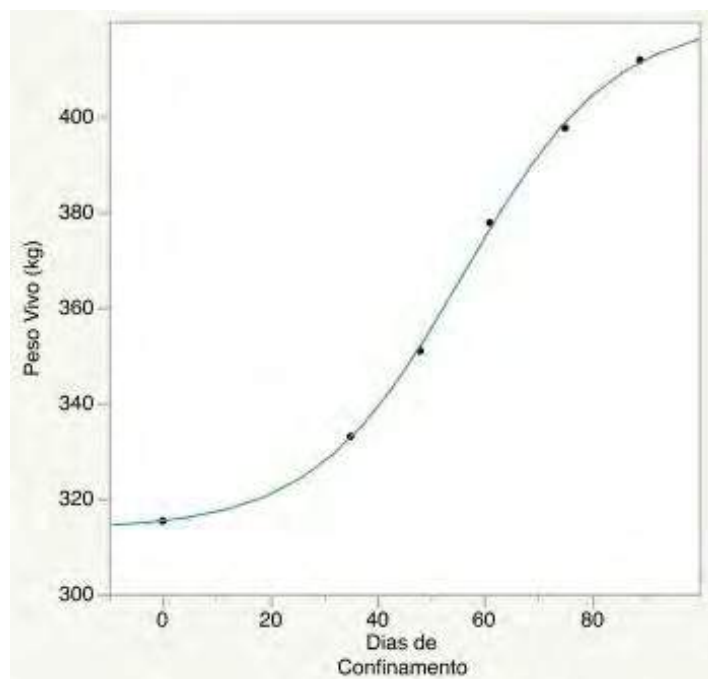
Tabela 2. Peso real e peso estimado pelos modelos matemáticos para cada uma das pesagens realizadas e o coeficiente de determinação ajustado (R²) de cada uma dos modelos testados.

Pesagem	Dias	Peso	Logístico 3P	Logístico 4P	Exponencial 2P	Exponencial 3P	Gompertz 3P	C. M*
1	0	315,33	310,61	315,78	310,65	312,55	309,09	312,55
2	35	333	342,36	331,58	342,34	341,26	345,02	341,26
3	48	350,94	354,95	352,73	354,92	353,55	357,45	353,55
4	61	377,78	367,98	376,61	367,96	366,84	369,36	366,84
5	90	397,67	398,76	397,99	398,79	400,5	394,01	400,5
R ²	0,95	0,99	0,95	0,95	0,93	0,95	394,01	400,5

*CM = crescimento mecanístico

Na figura 1 temos a curva de crescimento estimada pelo modelo Logístico com quatro parâmetros, a qual mostra a média do peso dos bovinos avaliados ao longo dos 90 dias de confinamento.

Figura 1. Representação média do peso de bovinos de corte confinados por 90 dias e a curva de crescimento estimada pelo modelo Logístico com quatro parâmetros.



O modelo logístico de 4 parâmetros foi considerado o melhor modelo também por ter o menor valor Critério de Informação Bayesiano (24,24) , cuja curva está ilustrado na Figura 1. O Critério de Informação Bayesiano (BIC) maximiza a probabilidade de se identificar o modelo mais adequado, pois quanto menor o BIC melhor é o ajuste entre a estimativa e a realidade.

DISCUSSÃO

Os resultados alcançados são semelhantes aos observados para Turgeon e colaboradores (2010), que realizaram seis estudos experimentais com 6895 bovinos em confinamento alimentados com milho em grão (23%).

Freitas (2005) ao estudar a curva de crescimento de várias espécies observaram que o modelo Logístico foi o mais adequado no ajuste da curva de crescimento para gado Canchim, seguido pelo modelo de Von Bertalanffy. A Tabela 3 mostra os valores estimados para os parâmetros do modelo Logístico com 4 parâmetros.

Em se tratando do crescimento dos bovinos avaliados a realização do ajuste para o modelo Logístico 4P e de acordo com a curva sigmóide que o descreve (Figura 1), pode -se observar-se que a taxa de crescimento máxima seria após 56 dias de confinamento, pois este é o ponto de inflexão da curva, representando a idade em que o animal passa a ter perda de eficiência na deposição de massa muscular, fazendo com que o bovino obtenha um ganho de peso mais lento até atingir a maturidade.

O peso obtido na maturidade dos animais estimado pelo modelo logístico 4P, indicou que animais confinados por 115 dias atingem o peso máximo de 420,48 kg (Tabela 3), sendo este o momento de enviar os animais para o abate. A maior massa na maturidade (Tabela 3) é representada na curva sigmóide no momento em que a curva tende a tornar-se uma linha reta, onde a maior parte da massa muscular já foi depositada e eleva-se a deposição de tecido gorduroso, momento em que a ingestão de nutrientes pelo animal será convertida prioritariamente em gordura.

Os animais avaliados permaneceram confinados por 90 dias, porém condicionados às mesmas condições, com isso pode-se afirmar que 115 dias seria o tempo ideal para a realização do abate dos animais, de acordo com o modelo logístico 4P, considerado o mais preciso pelos critérios estatísticos de qualidade, R² e BIC.

Tabela 3. Estimativas para os parâmetros do modelo Logístico ajustado para o acúmulo de massa de bovinos de corte confinados por 90 dias, erro padrão e intervalo de confiança.

Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	Mínimo 95%	Máximo 95%
Taxa de crescimento	0,072	0,005	0,061	0,083
Ponto de inflexão	56,04	1,133	53,82	58,26
Menor massa a maturidade	313,51	1,791	309,99	317,02
Maior massa a maturidade	420,48	3,275	414,06	426,90

Logístico 4P foi de 420,48 Kg de peso vivo (Tabela 3). Este valor corrobora com o peso médio de abate de bovinos no estado de Santa Catarina, no primeiro trimestre de 2020, o qual foi 442,44 Kg de acordo com IBGE (2020). Porém, ficou muito abaixo da média nacional brasileira que é de 506,58 kg, para o mesmo período também de acordo com o IBGE (2020).

CONCLUSÃO

O modelo não linear logístico de quatro parâmetros demonstrou maior capacidade de estimar o peso de bovinos de corte em confinamento a partir do número de dias confinados.

REFERÊNCIAS

1. ABIECI Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Beef REPORT Perfil da Pecuária no Brasil**. São Paulo, 2019.
2. ABIECI Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Beef exports closed 2019 with records in volume and revenue**. São Paulo, 2020.

3. BARIONI, L. G.; VELOSO, R. F.; MARTHA JR., G. B. Modelos para estimativa de desempenho de bovinos de corte e ovinos em pastagens. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO ANIMAL: MODELOS PARA A TOMADA DE DECISÕES NA PRODUÇÃO DE BOVINOS E OVINOS, 2002, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UFSM/Embrapa Pecuária Sul, 2002b. p. 5-60.
4. BIFFANI, S. **Influência de Fatores Ambientais Sobre o Crescimento de Bovinos da Raça Nelore e Estimativa de Parâmetros Genéticos Pelo Método Henderson 3 e reml**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1997. 121p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Brasil, 1997.
5. CARVALHO, T. B.; ZEN S. D. **A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências**, Revista iPecege 3(1):85-99, 2017 DOI: 10.22167/r.ipecege.2017. Piracicaba, SP, 2017.
6. CHALH, A.; GAZZAH, M. E. Variogram investigation of covariance shape within longitudinal data with possible use of a kriging technique as an interpolation tool: Sheep growth data as an example. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, JSTOR, p 51 -64, 2014.
7. DIAS, A. M.; de OLIVEIRA, L. B.; ÍTAVO, L. C. V.; MATEUS, R. G.; GOMES, E. O.; COCA, F. O. D. C. G; MATEUS, R. G. Terminação de novilhos Nelore, castrados e não castrados, em confinamento com dieta alto grão. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 45-54, 2016.
8. FREITAS, A. R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.34, n.3, p.786-795, 2005.
9. IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Trimestral do Abate de Animais**. Jun de 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/abate/brasil>. Acesso em: 03 de set de 2020.
10. JMP®, Version 11. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2015.
11. MACHADO, J. G. C. F.; NANTES, J. F. D. **Adoção da tecnologia da informação em organizações rurais: o caso da pecuária de corte**. Gest. Prod., São Carlos, v. 18, n. 3, p. 555-570, 2011.
12. MADARINO, R. A.; BARBOSA, F. A.; CABRAL FILHO, S. L. S.; LOBO, C. F.; SILVA, I. S.; OLIVIERA, R. V.; DIOGO, J. M. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.
13. Desempenho produtivo e econômico do confinamento de bovinos zebuínos alimentados com três dietas de alto concentrado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.5, p.1463-1471, 2013.
14. NASCIMENTO, N. T. A.; MEDRADO, S. S.; TOGNI, F.; CASEMIRO, I. P.; SÃO PEDRO FILHO, F. Gestão de tecnologia no agrobusiness: um estudo de caso na produção de Abacaxi em Porto Velho, Brasil. **Gestão, Inovação e Tecnologia**, 4(3), 1076-1091, 2014.
15. PEDREIRA, M. S.; PRIMAVESI, O. Aspectos ambientais na bovinocultura. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. (Ed.). Nutrição de ruminantes. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 521-535
16. ROTHEMBERG, J. The nature of modelling. In: WIDMAN, L.E.; LOPARO, K.A.; NIELSEN, N.R. (Ed.) Artificial intelligence, simulation and modelling. New York: John Wile, 1989. p. 75-92.
17. SANTANA, T. J. S. **Novos Modelos de Curva de Crescimento para Bovinos de Corte**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras (UFLA). 2013.

18. SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Bovinocultura: manejo e alimentação de bovinos de corte em confinamento.** – Brasília: Senar, 2018.
19. SILVA, N. A. M.; LIMA, R. R.; SILVA, F. F. E.; MUNIZ, J. A. Modelo Hierárquico Bayesiano aplicado na avaliação genética de curvas de crescimento de bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.647-654, 2010.
20. SILVA, F. L.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; PACKER, I. U.; MOURÃO, G. B. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 262-271, 2011.
21. SILVESTRE, A. M. **Predição do Desempenho de Bovinos de Corte Confinados Com Base na Ingestão de Matéria Seca e Energia Mensuradas no Início do Período de Alimentação.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. 2019.
22. SOUZA, F. A. A.; LOPES, M. A.; DEMEU, F. A. Panorama da ovinocultura no estado de São Paulo. **Ceres**, v. 55, n. 5, 2008.
23. TURGEON, O. A.; SZASZ, J. I.; KOERS, W. C.; DAVIS, M. S.; VANDER POL, K. J. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, 88:284-295, 2010.

“ Fibra dietética: um novo enfoque na nutrição de suínos

■ Carlos Alexandre **Oelke**
UNIPAMPA

■ Bruno Neutzling **Fraga**
UNIPAMPA

■ Patricia **Rossi**
UTFPR

RESUMO

Tradicionalmente, a fibra não possui um papel muito importante na alimentação de suínos, exceto para fêmeas em gestação, pois em fases de crescimento e engorda ocorre uma piora no desempenho produtivo sempre que os níveis de fibra são aumentados nas dietas. Porém, existe uma série de alimentos conhecidos como “alternativos” e/ou “resíduos”, que são geralmente obtidos a partir do beneficiamento de determinado alimento, como por exemplo, o farelo de arroz e e/ou a casca de soja, que podem ser utilizados na alimentação de suínos. Conhecer os efeitos fisiológicos, e consequentemente a produção de energia gerada nos animais a partir desses alimentos, é importante para direcionar os nutricionistas quanto ao uso desses ingredientes. Para tanto, é necessário se aprofundar quanto a composição desses ingredientes, no que se refere aos níveis de carboidratos de parede celular. Durante muito tempo o referencial usado para a formulação de rações de suínos foram os níveis de fibra bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido contidos nos alimentos. No entanto, as últimas versões tanto da Tabela Brasileira para Aves e Suínos, como do National Research Council (NRC) de suínos, já trazem uma estratificação maior quanto aos níveis de carboidratos de parede celular presentes nos alimentos. Assim, objetivo deste material é fazer uma abordagem atual sobre os conceitos empregados para a fração de carboidratos estruturais observados nos alimentos, dando ênfase à fibra dietética total e suas frações solúvel e insolúvel.

Palavras-chave: Polissacarídeos não Amiláceos, Porcas, Digestibilidade.

INTRODUÇÃO

Existem vários procedimentos disponíveis para determinação do conteúdo de fibra contida nos alimentos, dos quais, o procedimento mais antigo é o de Weende (NRC, 2012). No método de Weende a determinação da fibra bruta simula de maneira grosseira o processo digestivo dos animais não ruminantes (PRATES, 2007). Conforme o NRC (2012), devido à falta de consistência na recuperação de celulose e hemicelulose entre os ingredientes da ração, a concentração analisada de fibra bruta não descreve adequadamente o valor nutricional de um ingrediente da ração. Por esse motivo, a utilização deste procedimento para caracterizar ingredientes da ração para suínos deve ser evitado.

Devido a necessidade de uma maior fragmentação quanto ao conteúdo de fibra contida nos alimentos, pensando-se principalmente na nutrição de ruminantes, Van Soest e seus colaboradores desenvolveram uma técnica para determinar a parede celular insolúvel e estimar seus principais componentes, a hemicelulose, celulose e lignina. O método de Van Soest foi inicialmente desenvolvido para analisar volumosos para ruminantes. Porém, esse método tem sido aplicado para estimar o teor de fibra de alimentos para animais não ruminantes e para utilização humana (PRATES, 2007).

O procedimento da fibra em detergente é um procedimento químico-gravimétrico que divide os polissacarídeos sem amido em fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (ROBERTSON & HORVATH, 2001). Embora esse procedimento seja amplamente utilizado, ele nem sempre fornece uma estimativa precisa dos componentes da fibra nos ingredientes da ração, porque as fibras dietéticas solúveis, como pectinas, gomas e β -glucanas, não são recuperadas nesta análise (GRIESHOP et al., 2001). Quanto maior a concentração de fibra solúvel no alimento, menos precisos são os resultados obtidos com o procedimento da fibra em detergente (NRC, 2012).

Nesse sentido, novos métodos de determinação da fibra alimentar total (FAT), utilizados na nutrição humana, têm sido avaliados quanto à aplicação na nutrição animal. Pois, esses métodos, que determinam a fibra dietética proporcionam a quantificação de todos os constituintes estruturais da planta, permitindo ainda a estratificação das porções de fibra alimentar solúvel e insolúvel (PASCOAL & WATANABE, 2014). Assim, o presente material tem como objetivo principal, fazer uma abordagem atual sobre os conceitos empregados para a fração de carboidratos estruturais contida nos alimentos, dando ênfase a fibra dietética total e suas frações solúvel e insolúvel.

METODOLOGIA

Este capítulo trará uma revisão de literatura referente aos carboidratos, abordando aspectos relacionados ao seu metabolismo, características e aproveitamento pelos suínos, com uma abordagem mais enfática no que tange à fibra alimentar e/ou dietética.

REFERENCIAL TEÓRICO

Metabolismo de carboidratos e o seu aproveitamento pelos suínos

O metabolismo pode ser entendido como o conjunto de transformações que as substâncias sofrem para suprir o organismo de energia (MARZZOCO & TORRES, 2007; CHAMPE et al., 2006). Os nutrientes consumidos na dieta serão hidrolisados, e nesse momento originam substâncias (aminoácidos, monossacarídeos e glicerol e ácidos graxos) que serão convertidas em Acetil-CoA, que pelo processo de oxidação (perda de elétrons), no ciclo do ácido cítrico, forma a adenosina trifosfato (ATP) (CHAMPE et al., 2006).

Os alimentos apresentam certa quantidade de energia armazenada, que é liberada na forma de calor durante a oxidação dos nutrientes. De maneira geral, para cada grama de proteína e carboidrato são liberados 4 kcal de energia, enquanto que, para cada grama de gordura é liberado 9 kcal (TERRA et al., 2010).

Os carboidratos são os nutrientes mais abundantes na natureza e representam a fonte primária de energia para os organismos vivos (SILVA et al., 2014; BERTECHINI, 2012). Quantitativamente três polissacarídeos são de importância nutricional para animais não ruminantes, que são o amido, a celulose e o glicogênio. O amido é o principal polissacarídeo digerível das plantas, presentes em grandes quantidades nos grãos de cereais. É composto por unidades de glicose, com ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6. A sua digestibilidade é superior a 95% (BERTECHINI, 2012). O amido fornece de 40 a 70% da energia das rações dos animais não ruminantes (SILVA et al., 2014). A celulose é um polímero de glicose com ligações de tipo α -1,4. A digestibilidade da celulose para aves e suínos é limitada (BERTECHINI, 2012). A digestão do amido (carboidrato solúvel) no intestino delgado, para a maioria dos grãos de cereais, é um processo eficiente, sendo superior a 95% (BACH KNUDSEN, 2001), enquanto que os carboidratos insolúveis (fração fibrosa) apresentam baixa digestibilidade, por exemplo, a digestibilidade da fibra bruta contida no milho é de 39% (BERTECHINI, 2012).

Os protozoários, as bactérias e os fungos dos cecos dos animais não ruminantes rompem enzimaticamente as ligações β -1,4 da celulose, disponibilizando glicose para ser fermentada em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (SILVA et al., 2014). Em um humano saudável, de 80 a 90% do carboidrato não absorvível é fermentado pelas bactérias colônicas

em dióxido de carbono, hidrogênio, metano e ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato e propionato) (CUMMINGS et al., 2001; MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2005). Os ácidos graxos de cadeia curta são prontamente absorvidos pela mucosa intestinal e colônica (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2005).

Em resumo, a digestão de carboidratos que ocorre no intestino delgado, resulta na produção de glicose (SILVA et al., 2014), sendo que, na rota final da oxidação dos carboidratos haverá uma geração de 36 ATP líquidos (BERTECHINI, 2006), já no intestino grosso serão produzidos os AGCC (SILVA et al., 2014). No caso de porcas em gestação, a contribuição energética obtida pela utilização dos AGCC pode chegar a 30% das necessidades de energia de manutenção (BERTECHINI, 2006). Segundo Grieshop et al. (2001), a fibra dietética pode fornecer de 5 a 28% da energia de manutenção exigida pelos suínos, sendo essa variação devida à solubilidade e à qualidade da fibra presente na dieta.

Definição e classificação da fibra dietética

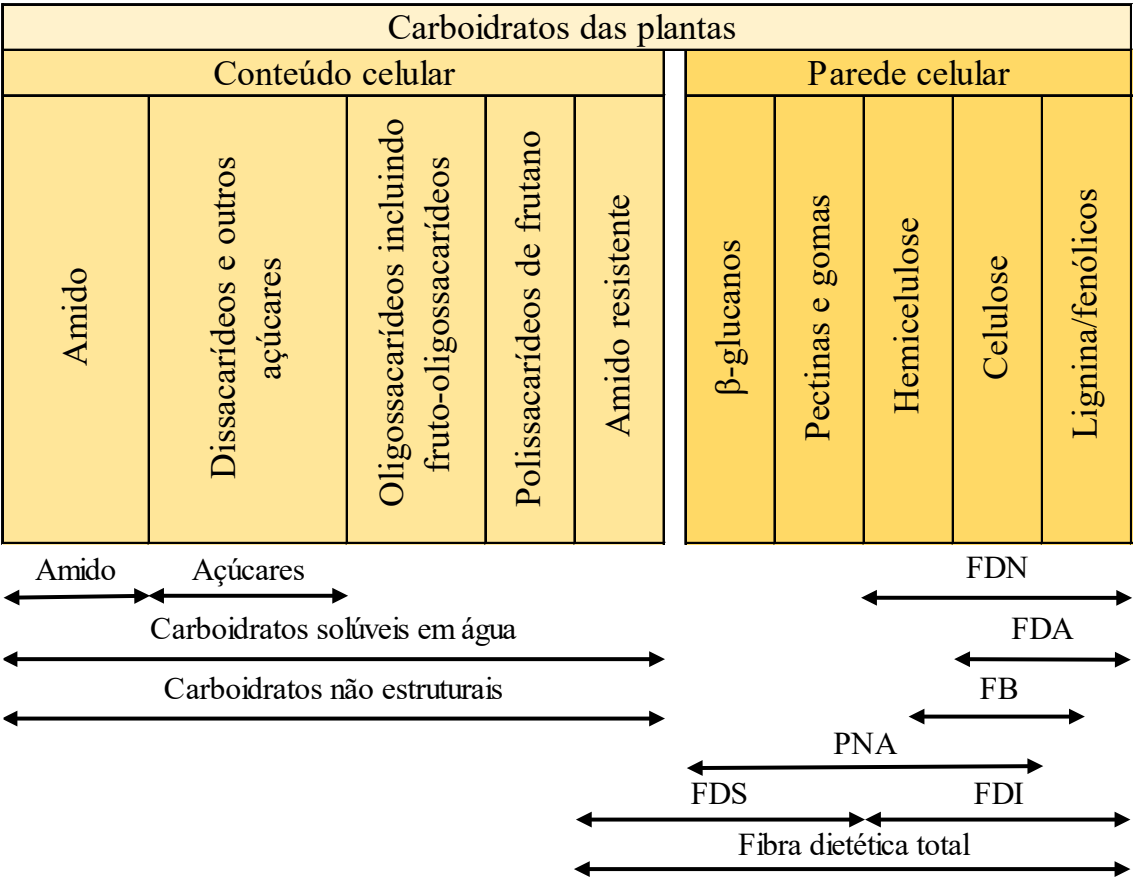
Os carboidratos contidos nos alimentos podem ser divididos em monossacarídeos, dissacarídeos e oligossacarídeos, e em polissacarídeos (NRC, 2012). Os monossacarídeos são unidades de açúcares mais simples (glicose e frutose), enquanto que, os dissacarídeos (sacarose, lactose, maltose e celobiose) consistem da combinação de duas moléculas de monossacarídeos, e os oligossacarídeos (galacto-oligossacarídeos, transgalacto-oligossacarídeos, fruto-oligossacarídeos e manano-oligossacarídeos) da combinação de 3 a 10 unidades de monossacarídeos. Os polissacarídeos são polímeros de carboidratos com mais de 10 unidades de monossacarídeos, e, representam a principal fonte de energia para os animais não ruminantes. Os principais polissacarídeos são o amido, glicogênio e os polissacarídeos não amiláceos (celulose, hemicelulose, pectinas e gomas) (NRC, 2012; BERTECHINI, 2012; CUMMINGS & STEPHEN, 2007; MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2005).

As porções de polissacarídeos que não são digeríveis pelas enzimas produzidas no trato gastrointestinal do suíno recebem o nome de fibra dietética (NRC, 2012; MAHAN et al., 2012) ou de polissacarídeos não amiláceos (PNA) (SILVA et al., 2014). A fibra dietética contém celulose, hemicelulose e seus constituintes (arabinoxilanos, xiloglucanos, galactomananas, β -glucanos, entre outros), pectinas, gomas e o amido resistente (OGATA, 2013; BACH KNUDSEN, 2011).

Do ponto de vista da morfologia vegetal, a fibra pode ser definida como a porção de componentes estruturais da planta, ou seja, a parede celular. Nutricionalmente, a fibra designa a fração do alimento não digerida por enzimas secretadas pelo trato digestório (PASCOAL & WATANABE, 2014), mais que podem sofrer a fermentação microbiana no intestino grosso, com a produção de AGCC (SILVA et al., 2014). E por fim, os carboidratos podem ser

caracterizados conforme o método analítico utilizado para determinar seus valores, conforme observado na figura 1 (NRC, 2012).

Figura 1. Caracterização dos carboidratos com base no método analítico (Adaptado de NRC, 2012)



Ao se comparar as duas últimas versões da Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, ou seja, de 2011 e 2017 (Rostagno et al., 2011 e 2017) (Tabela 1), assim como a do NRC de suínos de 1998 e 2012 (NRC, 1998 e 2012) (Tabela 2), nota-se que houve uma estratificação maior em relação aos carboidratos de parede celular.

Tabela 1. Teor de proteína bruta, fibra e de polissacarídeos não amiláceos (PNA) do farelo de soja na Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011 e 2017)

	Rostagno et al. (2011)	Rostagno et al. (2017)
Proteína bruta (%)	45,22	45,4
Fibra bruta (%)	5,30	4,86
FDN ¹	13,79	13,6
FDA ²	8,07	7,76
PNA³ (%)		
<i>Ramnose</i>		
Solúvel	-	0,07
Insolúvel	-	0,13
<i>Fucose</i>		

	Rostagno et al. (2011)	Rostagno et al. (2017)
Solúvel	-	0,07
Insolúvel	-	0,1
<i>Arabinose</i>		
Solúvel	-	0,61
Insolúvel	-	1,79
<i>Xilose</i>		
Solúvel	-	0,20
Insolúvel	-	1,33
<i>Manose</i>		
Solúvel	-	0,44
Insolúvel	-	0,53
<i>Galactose</i>		
Solúvel	-	1,06
Insolúvel	-	2,86
<i>Glicose</i>		
Solúvel	-	0,33
Insolúvel	-	4,51
<i>Ácidos Urônicos</i>		
Solúvel	-	1,07
Insolúvel	-	1,37

¹Fibra em detergente neutro. ²Fibra em detergente ácido. ³Polissacarídeos não amiláceos.

A Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos de 2017 (ROSTAGNO et al., 2011) (Tabela 1), traz a estratificação quanto aos polissacarídeos não amiláceos (PNA). No caso do NRC (2012), uma das novidades é a indicação do teor de fibra dietética total (Tabela 2), além de sua fração solúvel e insolúvel. Porém, a estratificação da fração solúvel e insolúvel é observada apenas para o tremoço e trigo vermelho.

Tabela 2. Níveis de proteína bruta, fibra bruta e carboidratos no farelo de soja (NRC, 1998 e 2012)

	NRC (1998)	NRC (2012)
Proteína bruta (%)	47,5	47,73
Fibra bruta (%)	-	3,89
Carboidratos (%)		
Sacarose	-	4,30
Rafinose	-	3,78
Estaquiose	-	7,33
Verbascose	-	0,0
Oligossacarídeos	-	3,81
Amido	-	1,89
FDN ¹	8,9	8,21
FDA ²	5,4	5,28
Hemicelulose	-	3,9

	NRC (1998)	NRC (2012)
LDA ³	-	1,1
FDT ⁴	-	16,71

¹Fibra em detergente neutro. ²Fibra em detergente ácido. ³Lignina em detergente ácido. ⁴Fibra dietética total.

A fibra dietética total (FDT) corresponde ao montante de fibra de parede celular (β -glucanos, pectinas e gomas, hemicelulose, celulose e lignina) e amido resistente (conteúdo celular) (NRC, 2012). A fibra dietética (FD) pode ser classificada em fibra solúvel e insolúvel (CUMMINGS & STEPHEN, 2007). A porção solúvel da fibra é composta pelas gomas, pectinas e hemicelulose, enquanto, a fração insolúvel corresponde à celulose, lignina e algumas hemiceluloses (BOCKOR, 2013; TAVERNARI et al., 2008). A lignina não pode ser considerada um polissacarídeo, no entanto, na maioria das vezes é classificada juntamente com a fração dos carboidratos estruturais (BERTECHINI, 2012).

Em relação aos efeitos fisiológicos da fibra dietética, é possível inferir que FD solúvel tem por característica absorver água e formar um gel viscoso (SILVA et al., 2014). Esse gel faz com que ocorra uma diminuição no esvaziamento gástrico (maior saciedade), além de tornar a digestão e o tempo de trânsito no intestino mais lento. Além disso, essa fração da fibra mais solúvel se liga a minerais, lipídios e ácidos biliares, aumentando a excreção dos mesmos (MAHAN et al., 2012). A presença de fibra solúvel na dieta pode influenciar na redução do colesterol sérico e atuar na modulação da glicemia (BRENNAN, 2005), por retardar a absorção de glicose (MAHAN et al., 2012). A FD solúvel é fermentada rapidamente (PUUPPONEN-PIMIÄ et al., 2002) pelos microrganismos do intestino grosso, resultando na formação de gases (SILVA et al., 2014).

Por outro lado, a FD insolúvel absorve água durante sua passagem pelo sistema digestivo (SILVA et al., 2014), aumentando assim o volume fecal e diminuindo o tempo de trânsito no intestino (MAHAN et al., 2012). Como resultado, as fezes tornam-se macias e de fácil eliminação (SILVA et al., 2014). Assim, evita-se o surgimento de casos de constipação, que consiste na diminuição ou parada dos movimentos peristálticos do intestino, causando a retenção do bolo fecal (EMBRAPA, 2003). A FD insolúvel é lentamente ou apenas parcialmente fermentada (PUUPPONEN-PIMIÄ et al., 2002).

As metodologias normalmente utilizadas para quantificação das frações fibrosas nos ingredientes ou nas dietas, como as determinações de fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), apenas consideram os PNA insolúveis e a lignina, subestimando o teor da FD, o que impossibilita inferir sobre o efeito da fibra solúvel na nutrição animal (PASCOAL e WATANABE, 2014). A determinação da fibra, realizada por uma digestão ácida e outra alcalina, resulta em uma digestão muito drástica, que culmina em perda de alguns componentes (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Quando a fibra é determinada pelo método da FB, FDN e FDA se obtêm a resposta da fração insolúvel da fibra e, nesses casos, os efeitos fisiológicos observados, e muitas vezes incompreendidos, são relacionados somente a essa porção da fibra (PASCOAL & WATANABE, 2014), pois, as pectinas, gomas e as β -glucanas, que fazem parte da fração solúvel da fibra, não são recuperadas por essas análises (GRIESHOP et al., 2001). Algumas das limitações inerentes à determinação da fibra com a utilização de detergentes são sanadas por meio da análise da FDT (NRC, 2012).

Hellenboon et al. (1975) apud Instituto Adolfo Lutz (2008) desenvolveram o método enzimático-gravimétrico, que consiste em tratar o alimento com diversas enzimas fisiológicas, simulando as condições do intestino humano, permitindo separar e quantificar gravimetricamente o conteúdo total da fração fibra e/ou as frações solúveis e insolúveis. Esse método foi posteriormente modificado por Prosky et al. (1984), e consiste inicialmente na hidrólise enzimática da amostra, utilizando-se para tal enzimas alfa-amilase, glucoamilase e proteases. Posteriormente, utilizando-se etanol a 95% obtém-se a precipitação da fibra solúvel e após a filtração da amostra com etanol (78 e 95%) e acetona, alcança-se o teor da fibra alimentar total. A amostra que não foi submetida ao processo de precipitação com a utilização do etanol a 95%, fornece a fibra alimentar insolúvel. A fibra alimentar solúvel é determinada pela diferença da fibra alimentar total subtraída da fibra alimentar insolúvel (LEE et al., 1992). Embora esse método não estratifique cada um dos PNA presentes nos alimentos e/ou ração, ele permite dar um novo enfoque ao estudo da fibra, por determinar os componentes solúveis e insolúveis da dieta (SILVA et al., 2014). Segundo o NRC (2012), o principal desafio em relação ao procedimento que determina a FD é a sua universalização nos laboratórios de nutrição animal.

Comparativo da digestibilidade das frações de carboidratos não fibrosos (CNF), FDT, FD solúvel, FD insolúvel e FDN em dietas com diferentes níveis de fibra para porcas em gestação

Além de fornecer energia para porcas gestantes, a fibra utilizada na dieta auxilia no controle de peso e minimiza o estresse decorrente do confinamento, e da restrição alimentar sofrida por essa categoria animal (PASCOAL & WATANABE, 2014). O uso de maiores teores de fibra dietética na gestação pode proporcionar melhor bem-estar às fêmeas, em função da saciedade após o consumo ser mais duradoura (RAMONET et al., 1999). Por melhorar o bem-estar, a União Europeia (BELGIUM, 2001) estabeleceu que a dieta de matrizes suínas em gestação deve possuir em sua composição alimentos volumosos e/ou elevado teor de fibra, o que possibilita um aumento no fornecimento diário de ração sem, contudo aumentar o fornecimento de energia (GUILLEMET et al., 2007). Mesmo que o debate sobre a utilização da fibra na alimentação de porcas gestantes não seja algo recente, ainda restam incertezas

sobre a sua utilização (REESE et al., 2008), principalmente no que se refere aos níveis e ao tipo de fibra dietética a ser utilizada nas dietas (PASCOAL & WATANABE, 2014).

O uso de alimentos com maiores teores de fibra, tais como, farelo de trigo, casca de soja e farelo de arroz, é corriqueiro na dieta de porcas em gestação. Nesse sentido, realizou-se um estudo para se avaliar o efeito de diferentes níveis de fibra bruta na dieta de porcas em gestação, e seu efeito sobre a digestibilidade e desempenho produtivo e metabólico das fêmeas (OELKE, 2016).

Na tabela 3, tem-se os resultados da digestibilidade aparente total para o FDN, CNF, FDT, FD insolúvel e FD solúvel (OELKE, 2016, OELKE et al., 2018), lembrando-se que o CNF, conforme a equação descrita por Weiss (1999) corresponde a: $CNF (\%) = 100 - PB (\%) - Extrato Etéreo (EE) (\%) - FDN (\%) - Cinzas (\%)$.

Tabela 3. Efeito dos diferentes níveis de fibra na dieta de porcas em gestação, sobre a digestibilidade aparente (%) dos carboidratos

Itens	Níveis de fibra das dietas de gestação (%)		
Fibra bruta	3,3	7,0	10,1
Fibra dietética insolúvel	10,6	16,9	20,7
Fibra dietética solúvel	5,0	5,4	7,5
Fibra dietética total	15,6	22,3	28,2
Fibra em detergente neutro	13,5	19,6	26,1
Carboidratos não fibrosos	63,1	56,3	49,2
Digestibilidade aparente (%)¹			
Fibra dietética insolúvel	57,6a	50,0b	47,1b
Fibra dietética solúvel	92,2a	86,7ab	82,3b
Fibra dietética total	70,5a	58,4b	55,8b
Fibra em detergente neutro	69,4a	60,0c	63,6b
Carboidratos não fibrosos	97,8a	94,9b	91,7c

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste LSD ($P < 0,05$). ¹Resposta linear para o nível de fibra. Adaptado de OELKE (2016) e OELKE et al., (2018).

A grosso modo, tem se comparado a FD insolúvel a fibra em detergente neutro (FDN), e como pode ser observado na figura 1, pelo método analítico, as porções de carboidratos analisados por esses métodos são as mesmas. No entanto, conforme observado na tabela 3, ocorrem diferenças. No caso do níveis analisados nota-se que o FDN foi 21,5%, 13,8% e 20,7% superior aos encontrados para a FD insolúvel, respectivamente, para os tratamentos com 15,6%, 22,3% e 28,2% de FDT. No tocante a digestibilidade, o FDN apresentou uma digestibilidade superior a FD insolúvel em 17,0%, 16,7% e 25,9%, respectivamente, para os tratamentos com 15,6%, 22,3% e 28,2% de FDT.

Seguindo na mesma linha comparativa, é possível notar que ao se comparar as porções analisadas e a digestibilidade do FDN e FDT, esses percentuais diminuem. Em relação aos níveis analisados, a FDT apresenta um valor superior ao FDN de 13,5%, 12,1% e 7,4%,

respectivamente para as dietas com 15,6%, 22,3% e 28,2% de FDT. No caso da digestibilidade para o tratamento com 15,6% de FDT, a digestibilidade do FDT foi 1,6% superior em relação ao FDN. No caso dos tratamentos com 22,3% e 28,2% de FDT, a digestibilidade do FDN foi, respectivamente 2,7% e 12,2% superior ao da FDT. Com base nos resultados obtidos nesses estudos (OELKE, 2016; OELKE et al., 2018), os valores de FDN estariam mais próximos ao valores para a porção da fibra dietética total, mesmo essa compreendendo ainda a fração da fibra dietética solúvel.

Como pode ser observado na tabela 3, da fração total da fibra dietética, a solúvel é a que apresenta a melhor digestibilidade. Essa fração corresponde a parte da parede celular e do amido resistente (Figura 1) que são utilizados pelos microrganismos contidos no intestino grosso, para formação de AGCC e posteriormente energia. Comparativamente, nota-se que a digestibilidade da FD solúvel é muito próxima a obtida para os CNF, que tem o amido como um de seus representantes (OLIVEIRA et al., 2016). Os CNF apresentaram uma digestibilidade de 5,7%, 8,6% e 10,3% superiores a FD solúvel, no caso dos tratamentos contendo, respectivamente, 15,6%, 22,3% e 28,2% de FDT. No caso da dieta com 15,6% de FDT, a digestibilidade da FD solúvel foi de 92,2% (Tabela 3), sendo que, o autor observou ainda que a digestibilidade da proteína bruta e da energia para esse mesmo tratamento foi, respectivamente, de 89% e 88,7% (OELKE, 2016), o que demonstra o bom aproveitamento que as porcas fazem da fração da FD solúvel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a evolução do estudo da nutrição animal, é possível que a escolha do método analítico para determinar o teor de fibra contido nos alimentos dependerá da espécie a ser estudada, pois até então, utilizava-se como referência as informações dos teores de fibra bruta, FDN e FDA, indiferente da espécie.

Ao que tudo indica, a fibra dietética total e suas frações, direcionará as discussões futuras, quanto aos efeitos fisiológicos da fibra, e, conseqüentemente do resultado que essas alterações ocasionam no desempenho zootécnico dos suínos, pois observa-se uma crescente nos trabalhos científicos que trazem informações da fibra dietética e seus efeitos nesta espécie.

Assim, a longo prazo, provavelmente se torne corriqueiro a utilização na matriz nutricional dos programas de formulação os teores da FDT, FD solúvel e FD insolúvel. Para isso, um dos grandes desafios a serem vencidos no momento, é a inclusão da metodologia para determinação da fibra dietética na rotina dos laboratórios de nutrição animal.

■ REFERÊNCIAS

1. BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fiber” analysis. ***Animal Feed Science and Technology***, v. 90, p. 3-20, 2001.
2. BACH KNUDSEN, K. E. Triennial growth symposium: Effects of polymeric carbohydrates on growth and development in pigs. ***Journal of Animal Science***, Champaign, v. 89, p. 1965–1980, 2011.
3. BELGIUM. **Minimum standards for the protection of pigs**. Directive 2001/88/EC, EUROPEAN COUNCIL, Brussels, BE, 2001.
4. BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006, 301 p.
5. BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2012, 373 p.
6. BOCKOR, L. **Metabolismo energético de frangos de corte: efeito da fibra e proteína da dieta e da frequência alimentar**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013, 167 f.
7. BRENNAN, C. S. Dietary fiber, glycemic response, and diabetes. ***Molecular Nutrition Food Research***, Voorhees, v. 49, p. 560-570, 2005.
8. CHAMPE, P. C.; HARVEY, D.; FERRIER, R. **Bioquímica**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, 544 p.
9. CUMMINGS, J. H.; MACFARLANE, G. T.; ENGLYST, H. N. Prebiotic digestion and fermentation. ***American Journal of Clinical Nutrition, Townsend***, v. 73 (suppl.), p. 415S–420S, 2001.
10. CUMMINGS, J.H.; STEPHEN, A.M. Carbohydrate terminology and classification. ***European Journal of Clinical Nutrition***, v. 61 (Suppl 1), S5–S18, 2007.
11. EMBRAPA. **Produção de suínos – Glossário**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/glossario.html>> Acesso em: 02 mai. 2015.
12. GRIESHOP, C. M.; REESE, D. E.; FAHEY JR., G. C. Non-starch polysaccharides and oligosaccharides in swine nutrition. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. ***Swine Nutrition***. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 107–130.
13. GUILLEMET, R.; QUESNEL, H.; PÈRE, M. C.; ETIENN, M.; DOURMAD, J. Y.; MEUNIER-SALAÜN, M. C. Dietary fibre for gestating sows: effects on parturition progress, behaviour, litter and sow performance. ***Animal***, Cambridge, v. 1, n. 6, p. 872–880, 2007.
14. Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020 p.
15. LEE, S. C.; PROSKY, L.; DEVRIES, J. W. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods. Enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer: collaborative study. ***Journal Association of Official Analytical Chemists***, Bethesda, v. 75, p. 395-416, 1992.
16. MAHAN K. L; ESCOTT-STUMP S. **Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11. ed. São Paulo: Roca, 2005, 1242 p.

17. MAHAN, K. L.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, 1227 p.
18. MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007, 386 p.
19. NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. Committee on Nutrient Requirements of Swine, Board on Agriculture and Natural Resources, Division on Earth and Life Studies. 11th ed. Washington, 2012, 400 p.
20. NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee of Swine Nutrition. Washington, EUA. 10.ed., Washington, 1998, 189 p.
21. OELKE, C. A. **Digestibilidade e desempenho produtivo e metabólico de porcas alimentadas com três níveis de fibra bruta durante a gestação**. TESE (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, 2016, 101 f.
22. OELKE, C. A.; RIBEIRO, A. M. L.; DENARDIN, C. C.; VEIT, F. C.; SCHREINER, T.; ARAÚJO, F. A. Digestibility of total, insoluble and soluble dietary fiber of sows during gestation. *International Journal of Current Research*, vol. 10, Issue, 03, p. 66188-66190, March, 2018.
23. OGATA, B. H. **Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial de uso em biorrefinarias**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
24. OLIVEIRA, V. S.; SANTANA NETO, J. A.; VALENÇA, R. L.; SILVA, B. C. D.; SANTOS, A. C. P. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. *Vet. Not.*, Uberlândia, v.22, n. 2, p.1-18, jul./dez. 2016.
25. PASCOAL, L. A. F.; WATANABE, P. H. Fibra dietética na nutrição de suínos. In: SAKOMURA, N. K. et al. (Coord.). **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014, p. 358–374.
26. PRATES, E. R. **Técnicas de Pesquisa em Nutrição Animal**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2007, 414p.
27. PROSKY, L. et al. Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets: Interlaboratory Study. *Journal Association of Official Analytical Chemists*, Bethesda, v. 67, p. 1044-1052, 1984.
28. PUUPPONEN-PIMIÄ, R. et al. Development of functional ingredients for gut health. *Trends in Food Science & Technology*, Amsterdam, v.13, p.3-11, 2002.
29. RAMONET, Y. et al. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior of the animals. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 77, p. 591-599, 1999.
30. REESE, D. et al. **Dietary fiber in sow gestation diets**. 2008. Disponível em: <http://digital-commons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=coopext_swine>. Acesso em: 21 jul. 2014.
31. ROBERTSON, J. B.; HORVATH, P. J. Detergent analysis of foods. In: *CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition*, third ed., G.A. Spiller (ed.), CRC Press, Boca Raton, 2001, p. 63–66.

32. ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. 3ª edição, Viçosa, MG: UFV, 2011, 252 P.
33. ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. V.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4a edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.
34. SILVA, J. H. V.; PASCOAL, L. F.; LIMA, R. B.; LACERDA, P. B.; ARAÚJO, G. M. Digestão e absorção de carboidratos. In: SAKOMURA, N. K. et al. (Coord.). **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014, p. 47–61.
35. TAVERNARI, F. C.; CARVALHO, T. A.; ASSIS, A. P.; LINA, L. J. D. Polissacarídeo não-amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 5, n. 5, p. 673-689, 2008.
36. TERRA, J.; ANTUNES, A. M.; BUENO, M. I. M. S. B. Um método verde, rápido e simples para determinar o valor energético de farinhas e cereais matinais. **Quim. Nova**, v. 33, n. 5, 1098-1103, 2010.

“ História da inseminação artificial

▮ Flavia Ramalho Pelissar **Oliveira**
UNIP – Araçatuba

▮ Daniel **Cardoso**
INSTITUTO BIOLÓGICO

▮ Fábio Varoni **Oliveira**

RESUMO

Na busca pela obtenção de animais melhoradores, com potencial de transferir seu material genético a seus descendentes, o homem, através de estudos e pesquisas, desenvolveu biotecnologias que permitiram a otimização da seleção, com isso conseguiram acelerar o processo de melhoramento genético animal. Dentre estas técnicas não poderíamos deixar de citar a inseminação artificial. Inseminação artificial é o processo de fecundação que consiste na introdução por meio de recursos artificiais, de sêmen nas vias genitais femininas.

Palavras-chave: Bovinos, Biotecnologias, Reprodução Animal, Sêmen.

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista econômico e social, os animais domésticos tornaram-se de fundamental importância para o homem, fornecendo trabalho, companhia e proteína de origem animal. Dentre estas técnicas não poderíamos deixar de citar a inseminação artificial. Inseminação artificial é o processo de fecundação que consiste na introdução por meio de recursos artificiais, de sêmen nas vias genitais femininas (FERREIRA, 1995). Técnica que tem ajudado no melhoramento de espécies animais de interesse econômico. O uso da inseminação artificial tem contribuído em muito com a bovinocultura de corte e leite, gerando empregos, melhorando a produção de leite e possibilitando o desmame de bezerros mais pesados, o abate precoce e a obtenção de fêmeas mais férteis.

VANTAGENS NO USO DA INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL

Esta técnica apresenta inúmeras vantagens (MARTINS et al., 2009; SOUZA et al., 2012) como:

- Melhor aproveitamento de um reprodutor;
- Produzir descendentes de um reprodutor impossibilitado de realizar a monta natural;
- Uniformização de um rebanho;
- Capacidade de gerar filhos mesmo após a morte;
- Preservação da sanidade do rebanho;
- Maior cuidado higiênico, os equipamentos são limpos, esterilizados e juntamente com o sêmen são acrescentados antibióticos para maior segurança;
- Aumento da fertilidade do rebanho;
- Diminuição do número de machos necessários a reprodução;
- Cruzamento entre raças com tamanho diferente;
- Cada ejaculado é contado e examinado individualmente após a colheita;
- Redução dos custos com a compra e manutenção de reprodutores;
- Produção de um banco de sêmen;
- Sexagem dos espermatozoides;

ORIGEM DA INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL

Segundo a lenda, os árabes, por volta de 1332, foram os primeiros a utilizar a inseminação artificial com sucesso. A grande rivalidade existente entre tribos árabes impossibilitava o uso de determinados garanhões. De acordo com a história, um chefe de uma tribo árabe, introduziu algodão no trato reprodutivo de uma égua e conseguiu obter parte do ejaculado de um garanhão de uma tribo rival, depositando-o posteriormente na vagina de uma égua que estava no cio. A fecundação resultou em um potro que lembrava em muito o garanhão (WEBB, 1992).

No século XVII, mais precisamente em 1672, Leewenhoeck descreveu pela primeira vez, através de microscopia, o espermatozóide canino (SILVA et al., 2002). Em 1779, o sacerdote e fisiologista italiano Lazzaro Spallanzani, da Universidade de Pavia, Itália, foi o primeiro cientista a realizar uma inseminação artificial em mamíferos (ASBIA, 2003; HARROP, 1960; PETERS & BALL, 1991; SÁNCHE & RUBILAR, 2001; SILVA et al., 2002; SILVA et al., 2003; WEBB, 1992). Através de masturbação, colheu sêmen de um cachorro e depositou-o na vagina de uma cadela que estava no cio. Sessenta e dois dias após nasceram três filhotes, marcando a descoberta científica da inseminação artificial.

EVOLUÇÃO DA INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL

Somente a partir de 1912, Elias Ivanov, veterinário russo, conseguiu demonstrar a possibilidade de fecundação substituindo os líquidos ou fluídos seminais por substâncias artificiais. No mesmo ano, Ivanov, conseguiu obter 31 concepções a partir de 39 éguas inseminadas (DERIVAUX, 1980). Posteriormente, em bovinos e ovinos se utilizou esta tecnologia. Ivanov procurou esclarecer em seus estudos o papel do frio na conservação do sêmen fora do organismo e idealizou a vagina artificial para futuras colheitas.

Segundo os dados estatísticos oficiais publicados em 1938, a antiga URSS (União das Repúblicas Socialista Soviética), fecundou através de inseminação artificial mais de 50 milhões de fêmeas bovinas (MIES FILHO, 1987). No mesmo ano inseminou-se mais de 1.200.000 vacas. Na Europa, surgiram várias cooperativas, inúmeros centros e postos de inseminação foram montados. Em 1938, o emprego da inseminação artificial também evoluiu para países como os Estados Unidos da América, originando no mesmo ano a primeira cooperativa voltada para utilização da técnica de inseminação artificial no estado de Nova Jersey. Em 1942 montou-se o primeiro centro de inseminação artificial na Inglaterra. Nos zebus, a primeira inseminação artificial ocorreu em 1943, no Instituto de Agricultura de Allahabad, na Índia (AGROPECUÁRIA LAGOA DA SERRA, 1974). No Brasil, tem-se relatos do início da prática de inseminação artificial no início da década de quarenta.

Apesar das sucessivas conquistas e descobertas sobre a inseminação artificial, somente no período pós-segunda guerra mundial a inseminação artificial tomou caráter comercial.

SITUAÇÃO ATUAL DA INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL NO BRASIL

Dados apresentados pela Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA, 2020), informam que a inseminação artificial está presente em 70% dos municípios brasileiros, com expectativa de comercialização de 24 milhões de doses.

A comercialização de sêmen em 2019, cresceu 1399% em relação a 1983, um crescimento anual médio de 37,81% (Tabela 1). Na década de 90 o grande número de cruzamento industrial com raças européias foi a responsável pelo aumento no número de importações de sêmen. Ao considerar a evolução de 1999 a 2002 pode-se observar um aumento de 34,21% nas vendas totais, sendo 91,72% e -32,01%, respectivamente, para sêmen nacional e importado. Em 2019 a participação do sêmen importado no mercado brasileiro representou 31,8% do volume comercializado.

Nos dias de hoje, verifica-se que a inseminação artificial está estabelecida em todo o mundo, o conhecimento adquirido com o uso desta técnica possibilitou o desenvolvimento de sucessivas tecnologias, demonstrando ser um método de grande interesse reprodutivo, econômico e financeiro para o setor da produção animal.

Tabela 1. Comercialização de sêmen nacional e importado de 1983 a 2019.

Ano	Nacional	Importado	Total Vendas	Ano	Nacional	Importado	Total Vendas
1983	024.025	150.858	174.883	2002	161.441	915.120	076.561
1984	377.446	155.749	533.195	2003	713.543	759.716	473.259
1985	359.504	157.476	516.980	2004	790.315	690.234	480.549
1986	515.177	261.149	776.326	2005	210.566	817.742	028.308
1987	731.683	212.032	943.715	2006	519.743	215.731	735.204
1988	467.825	180.929	648.754	2007	635.426	860.898	496.324
1989	280.054	361.019	641.073	2008	231.222	229.737	460.959
1990	906.231	442.800	349.031	2009	558.017	608.195	166.212
1991	080.086	517.582	597.668	2010	417.345	219.992	637.337
1992	108.245	509.036	617.281	2011	766.626	140.137	906.763
1993	597.933	723.597	321.530	2012	575.601	764.720	340.321
1994	566.457	077.431	643.888	2013	190.931	828.817	019.748
1995	797.063	383.908	180.971	2014	519.114	518.232	037.346
1996	288.672	834.770	123.442	2015	303.435	299.338	602.773
1997	779.413	371.013	150.426	2016	750.223	971.499	721.722
1998	079.066	813.309	892.375	2017	207.789	926.649	134.438
1999	980.091	588.103	568.194	2018	044.850	786.299	831.149
2000	293.910	475.438	769.348	2019	210.607	226.134	436.741
2001	568.962	301.128	870.090				

Fonte: ASBIA, 2004, 2014, 2019; BARBOSA & MACHADO, 2008; MARTINS et al., 2009.

INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO

A inseminação artificial em tempo fixo (IATF) sem detecção de cio, preconiza induzir a emergência de uma nova onda de crescimento folicular sincronizada, controlar a duração do crescimento folicular até o estágio pré-ovulatório, sincronizar a inserção e a retirada da fonte de progesterona exógena (dispositivo) e endógena (prostaglandina F2 α) e induzir a ovulação sincronizada em todos os animais simultaneamente. A IATF possibilita que as inseminações e as prenhez se estabeleçam no início da estação de monta, diminuindo o período de serviço e aumentando a eficiência reprodutiva do rebanho (BARUSELLI et al., 2003).

Inúmeras vantagens são obtidas com a adoção da inseminação artificial. No entanto a baixa taxa de serviço, seja pela ineficiência na detecção do cio ou pelo alto grau de anestro no período pós-parto são os principais fatores que comprometem a eficiência de programas para o emprego dessa biotecnologia. Dessa forma a IATF apresenta-se como alternativa para superar estes entraves. Quando utilizada corretamente, aproximadamente 50% das fêmeas sincronizadas emprenham com apenas uma inseminação realizada no período pós-parto recente. Os animais que não conceberam podem ser novamente sincronizados ou colocados com touros para repasse. As vacas tratadas com progesterona que não se tornaram gestantes apresentam maior taxa de serviço e prenhez durante a estação de monta que vacas não tratadas, antecipando e aumentando a eficiência reprodutiva do rebanho. Dessa forma, a IATF é uma técnica que facilita o manejo e aumenta a eficiência da Inseminação Artificial em bovinos de corte e leite (VASCONCELOS et al., 1999).

■ REFERÊNCIAS

1. AGROPECUÁRIA LAGOA DA SERRA LTDA. **O Manual do Inseminador**. Sertãozinho, 1974, 48p.
2. ASBIA. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Manual de inseminação artificial**. São Paulo: Copy Service Indústria Gráfica, 2003, 51p.
3. ASBIA. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Manual de inseminação artificial**. São Paulo: Copy Service Indústria Gráfica, 2003, 51p.
4. ASBIA. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Evolução da inseminação artificial no Brasil**. Disponível em <<http://www.asbia.org.br/mercado/relato03.asp>>. Acesso em: 24/06/2004.
5. ASBIA. Associação brasileira de inseminação artificial. **Mercado de sêmen 2014**. Disponível em: <<https://www.asbia.org.br/wp-content/uploads/2018/09/INDEX-ASBIA-2014.pdf>>. Acesso em 07/08/2020.
6. ASBIA. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Index 2019**. Saída de doses de sêmen no mercado. Disponível em: <<https://www.asbia.org.br/wp-content/uploads/2020/02/Index-asbia-1.pdf>>

7. BARBOSA, R. T.; MACHADO, R. Panorama da inseminação artificial em bovinos. Documentos 84. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/48734/1/Documentos84.pdf>>. Acesso em: 10 set. de 2020.
8. BARUSELLI, P. S.; Madureira, E. R.; Banarbe, V. H.; Barnabe, R. C.; Berbe, R. C. A. Avaliação da sincronização da ovulação para inseminação artificial em tempo fixo em bubalinos (*Bubalus bubalis*). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, n. 6, p. 431-442, 2003.
9. DERIVAUX, J. **Reprodução dos Animais Domésticos**. Zaragoza: Acribia, 1980, 446p
10. FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Básico de Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira S/A, 1995, 687p.
11. HARROP, A. E. **Reproduction in the dog**. London: Bailliere, Tindal and Cox, 1960, 204p.
12. MARTINS, C. F.; SIQUEIRA, L. G. B.; OLIVEIRA, C. T. S. A. M.; SCHWARZ, F. G. G.; OLIVEIRA, F. A. S. A. M. **Inseminação artificial: uma tecnologia para o grande e o pequeno produtor**. Documentos 261. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/31554/1/doc-261.pdf>>. Acesso em: 11 set. de 2020.
13. MIES FILHO, A. F. **Reprodução dos Animais e Inseminação Artificial**. 6. ed., Porto Alegre: Sulina, 1987, 750p.
14. PETERS, A. R., BALL, P. J. H. **Reproducción del Ganado Vacuno**. Zaragoza: Acribia, 1991, 222p.
15. SÁNCHEZ, A., RUBILAR, J. Puppies obtained using artificial insemination with chilled extended semen. **Archivos de Medicina Veterinária**, v. 33, n. 1, p. 105-110, 2001.
16. SILVA, L. D. M., SILVA, A. R., CARDOSO, R. C. S. Inseminação Artificial em Cães. In: GONÇALVES, P. B. D., FIGUEIREDO, J. R., FREITAS, V. J. F. **Biotécnicas Aplicadas à Reprodução Animal**. 1. ed. São Paulo: Varela, 2002, Cap. 5, 340p.
17. SILVA, A. R., CARDOSO, R. C. S., SILVA, L. D. M. **Principais aspectos ligados à aplicação da inseminação artificial na espécie canina**. Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias, v. 98, n. 546, p. 53-60, 2003.
18. SOUSA, G. G. T.; MAGALHÃES, N. A.; LEOPOLDINA, G. A.; CORREIA, H. S.; SOUSA Jr., S. C., SANTOS, K. R.; GUIMARÃES, J. E. C. Monta natural versus inseminação artificial em bovinos. **Pubvet**, v. 6, p. 1-15, n. 35, 2012.
19. VASCONCELOS, J. L. M.; SILCOX, R. W.; ROSA, G. J. M.; PURSLEY, J. R.; WILTBANK, M. C. Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology*, v. 52, p. 1067-1078, 1999.
20. WEBB, D.W. **Artificial Insemination in Dairy Cattle**. In: Dairy Production Guide. Florida, September, 1992, 58p.

“ Indicadores de sustentabilidad en sistemas de producción de lechería especializada con diferentes niveles de intensificación

- Bolívar Vergara D. M.
Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
- Ruiz Echavarría J.F.
Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
- Barahona Rosales R.
Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
- Correa Londoño G.
Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

RESUMEN

Los objetivos fueron desarrollar indicadores de sustentabilidad en sistemas de lechería especializada y usarlos para comparar fincas con diferentes niveles de intensificación. Se incluyeron variables ambientales (13), sociales (9), económicas (6) y técnicas (17) en 60 fincas, clasificadas en tres niveles de intensificación (NI), de acuerdo a su producción de leche ($\text{Lha}^{-1}\text{año}^{-1}$): bajo (< 11.800), medio (entre 11.801 y 23.000) y alto (> 23.001). Los indicadores de sustentabilidad ambiental (IA), económica (IE), técnica (IT) y social (IS) y el índice global se construyeron como el promedio ponderado de las variables consideradas y de los índices parciales, con base en el criterio de un panel de expertos. Para construir indicadores con menor número de variables, se generaron modelos reducidos a partir de subconjuntos con diferente número de variables predictoras, mediante la función leaps del paquete R. Los mejores modelos fueron seleccionados según el coeficiente de determinación, el factor de inflación de la varianza y la dificultad de registro de las variables. Se ajustaron modelos con 9, 6, 1 y 10 variables para IA, IS, IE e IT, explicando 88, 90, 91 y 92% de la variabilidad, respectivamente. Las fincas con NI alto presentaron mayores indicadores de sustentabilidad social ($p= 0,0162$) y global ($p=0,0057$) que las fincas con NI bajo. Los indicadores sociales y globales fueron 0.126 y -0.198 y 0.259 y -0.223 para fincas con NI alto y bajo. Las fincas con mayor NI implementan prácticas encaminadas a la sustentabilidad, obteniendo mayores producciones, reflejándose en mejor calidad de vida de los productores y de trabajadores. Se recomienda utilizar modelos reducidos, los cuales brindan buena confiabilidad, con menor esfuerzo y menores costos.

Palabras Clave: Indicadores de Sustentabilidad, Modelos de Regresión, Lechería Especializada, Aprovechamiento de Recursos, Tecnificación.

INTRODUCCIÓN

La producción sustentable se ha definido, como la creación de bienes y servicios utilizando procesos y sistemas que no contaminen; que se conserve la energía y los recursos naturales; que sea viable económicamente; que sea segura y saludables para los empleados, las comunidades y los consumidores; y que tenga una compensación social a los trabajadores. Esta definición es coherente con la comprensión actual del desarrollo sustentable, ya que enfatiza los aspectos ambientales, sociales y económicos de las actividades de las empresas, cualquiera que esta fuera. Al mismo tiempo, es más operativo, ya que destaca seis aspectos principales de la producción sustentable: energía y uso de materiales (recursos), ambiente natural, justicia social y desarrollo comunitario, desempeño económico, trabajadores y productos (LCSP, 1998).

Para poder establecer si un sistema de producción es sustentable, se hace indispensable desarrollar indicadores de sustentabilidad. La selección de estos indicadores es un paso muy importante en todas las evaluaciones de sustentabilidad, ya que de estos dependen directamente los resultados y conclusiones de los diferentes estudios. Por tanto, es necesario utilizar un procedimiento que se encuentre bien definido y que sea objetivo, lo que ayuda a aumentar la credibilidad y la reproducibilidad de las evaluaciones (Niemeijer y de Groot, 2008).

Eswaran et al (1992), han definido los indicadores de sustentabilidad como variables cuyo propósito es medir un cambio en un determinado fenómeno o proceso y mencionan que estos son herramientas de análisis que facilitan la medición de los cambios por los que atraviesa un sistema de producción. Sin embargo los indicadores también pueden ser utilizados para comparar diferentes sistemas de producción y evaluar que prácticas resultan más sustentables que otras. Los indicadores son, por tanto, una guía para tomar decisiones sobre cómo usar los recursos naturales, ya que los indicadores económicos tradicionales proveen una versión distorsionada del progreso y deben ser complementados por medidas sociales y ambientales. Existen muchos tipos de indicadores, los cuales se pueden clasificar atendiendo a diferentes características. Para el desarrollo de indicadores se pueden utilizar un alto número de variables que se consideran importantes, no obstante, la obtención de la totalidad de la información puede ser onerosa y eventualmente hasta innecesaria. En tal sentido, resulta de gran interés desarrollar un índice que permita calificar las fincas a partir de un menor número de variables y, por tanto, con un menor esfuerzo. Los indicadores representan importantes herramientas para la comunicación de información científica y técnica, ya que pueden facilitar el acceso a la misma por parte de diferentes grupos de usuarios, permitiendo transformar la información en acción (Segnestam, 2002).

La lechería especializada en la región de estudio, se caracteriza por un alto desarrollo genético, con alto desempeño productivo, altos costos de producción, bajo manejo gerencial,

generalmente ubicados en zonas de alto conflicto de uso del suelo, lo que lleva a que haya baja sustentabilidad del sistema, teniendo de esta manera baja competitividad frente a otros sistemas de producción y siendo vulnerable a la competencia internacional.

Actualmente dentro de los productores y diferentes actores del sector lechero tienen la disyuntiva de cómo deben de ser orientados los sistemas de producción de lechería especializada: seguir intensificando (mayor producción de leche por ha año), para lo cual es necesario la utilización de mayor cantidad de insumos como fertilizantes, concentrados, insecticidas, mano de obra calificada, o sistemas menos intensivos, con menor necesidad de recursos externos e integrando mayor cantidad de área a los sistemas de producción. Existen grandes dudas entre los productores sobre las consecuencias que puede tener la intensificación de los sistemas de producción sobre la sustentabilidad de los mismos.

Dado lo anterior y buscando dar una mirada amplia y objetiva a la información colectada mediante las diferentes variables, se busca desarrollar indicadores de sustentabilidad para aspectos ambientales, técnicos, económicos y sociales. Se pretende generar una herramienta que sirva a la cadena de producción primaria de lechería especializada en Antioquia, pudiendo ser aplicada en otras regiones, y a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta estén involucradas en este proceso. Dado lo anterior, los objetivos de esta investigación fueron desarrollar indicadores de sustentabilidad económica, técnica, ambiental y social en sistemas de lechería especializada y usarlos para comparar sistemas de producción con diferentes niveles de intensificación.

METODOLOGÍA

Ubicación.

Esta investigación se llevó a cabo en 60 predios lecheros en ocho municipios de la subregión norte del Departamento de Antioquia, Colombia, localizada entre 6°17'14"N y 7°14'31"N y entre 75°11'45"W y 75°44'03"W, y altitud desde 2050 hasta 2875 msnm.

Toma de la información.

Las variables que se incluyeron para el cálculo de los indicadores de sustentabilidad ambiental, técnica, económica y social, fueron definidas teniendo en cuenta las características generales de los sistemas de producción de la región, la experiencia de los profesionales y ganaderos de la zona y revisión bibliográfica. Se adaptó la metodología propuesta por (Ríos, 2010), realizando ajustes en cuanto las variables a tener en cuenta y la escala asignada a estas. Para la construcción del indicador de sustentabilidad ambiental se colectó información

de 13 variables (Tabla 1), para el indicador social nueve variables (Tabla 2), seis variables para el indicador económico (Tabla 3) y 17 variables para el indicador de sustentabilidad técnico (Tabla 4). La información fue colectada a través de mediciones de campo y una encuesta aplicada a productores y trabajadores vinculados a los 60 predios. Fueron tenidas en cuenta variables categóricas y variables cuantitativas. Las variables cuantitativas fueron categorizadas teniendo en cuenta los promedios y las desviaciones estándar encontradas con los datos colectados en los 60 predios.

Las 60 fincas evaluadas fueron clasificadas en tres niveles de intensificación (NI), de acuerdo a su producción de leche ($L\ ha^{-1} año^{-1}$): bajo (menor que 11.800), medio (entre 11.801 y 23.000) y alto (mayor que 23.001).

Tabla 1. Variables para el indicador de Sustentabilidad Ambiental (VISA)

Variable	Indicador	Calificación
Protección y conservación de fuentes de agua (VISA01)	% de Área con presencia de bosque protector	Ausencia (0%): 0 Incipiente (25%): 1 Media (50%): 2 Media-alta (75%): 3 Importante (>75%): 4
Erosión (VISA02)	Procesos de erosión	Ausencia de erosión: 4 Erosión superficial incipiente: 3 Erosión superficial: 2 Erosión con leve formación de terracetas: 1 Erosión con formación de terracetas: 0
Uso de Plaguicidas (VISA03)	$L\ ha^{-1} año^{-1}$	Bajo ($\leq 1,22$): 3 Medio ($> 1,22$ y $\leq 1,39$): 2 Alto ($>1,39$): 1
Prácticas de Conservación del suelo (VISA04)	Presencia y tipo de prácticas	Ausencia de prácticas de conservación: 0 Uso abono orgánico o cercas vivas: 1 Uso abono orgánico y cercas vivas: 2
Tratamiento de Excretas (VISA05)	Prácticas de manejo de excretas	Dejar directamente en campo u ordeño en potrero: 1 Recolección en tanque estercolero y aplicación directa en potreros: 2 Recolección en tanque estercolero y compostaje: 3
Destino de Aguas Residuales (VISA06)	Destino de aguas residuales	Directamente a la quebrada: 1 Alcantarillado: 2 Pozo séptico: 3 No generación de aguas residuales, (ordeño en potrero): 4
Compactación del Suelo (VISA07)	Resistencia a la penetración ($Kg\ cm^{-2}$)	Baja (≤ 2): 4 Media (> 2 y ≤ 4): 3 Alta (>4 y ≤ 6): 2 Muy alta (>6): 1
Densidad de Lombrices (VISA08)	Número de lombrices m^{-2}	Ausencia (0): 1 Baja (≤ 7): 2 Alta (>7): 3
Introducción de leguminosas a las pasturas (VISA09)	Leguminosas en la pastura (%)	Bajo: 1 Medio: 2 Alto: 3
Utilización de fertilizantes nitrogenados químicos (VISA10)	Nitrógeno aplicado $Kg\ ha^{-1} año^{-1}$	Bajo (≤ 300): 3 Medio (> 300 y ≤ 450): 2 Alto (> 450): 1
Presencia de relictos boscosos (VISA11)	Presencia con y sin conectividad	No presencia: 1 Presencia sin conectividad: 2 Presencia con conectividad: 3
Presencia de plantaciones forestales (VISA12)	Presencia y tipo de especies	No presencia: 1 Presencia con especies nativas: 2 Presencia con especies introducidas: 3

Variable	Indicador	Calificación
Implementación de cercas vivas (VISA13)	Ausencia o presencia	Ausencia de cercas vivas: 1 Presencia de cercas vivas: 2

Fuente: Adaptado de Ríos (2010)

Tabla 2. Variables para el Indicador de Sustentabilidad Social (VISS).

Variable	Características	Indicador	Calificación
Calidad de Vida (VISS01)	Nivel Educativo	No tiene: 1 Primaria: 2 Bachillerato: 3 Técnico: 4 Profesional: 5	Buena: 9-11 puntos Regular: 7-8 puntos Mala: 3-6 puntos
	Nivel Tecnológico	Artesanal: 1 Medio: 2 Alto: 3	
	Acceso a Servicios Sociales	Malo: 1 Regular: 2 Bueno: 3	
Grado de Satisfacción del Recurso Humano (VISS02)	Estabilidad Laboral	Vinculado: 2 Ocasional: 1	Buena: 6-7 puntos Regular: 4-5 puntos Mala: 3 puntos
	Salario y prestaciones	Bueno: 3 Regular: 2 Malo: 1	
	Programa de salud Ocupacional	Si: 2 No: 1	
Consenso Social (VISS03)	Flujo de información suficiente	3	Buena: 7-9 puntos Regular: 3-6 puntos Mala: 1-2 puntos No existe: 0 puntos
	Asociación de productores buena	3	
	No existe conflicto de interés entre productos	3	
	Flujo de información medianamente suficiente	2	
	Asociación de productores regular	2	
	Existe poco conflicto de interés entre productores	2	
	Flujo de información insuficiente	1	
	Asociación de productores mala	1	
	No existe flujo de información	0	
Acceso al Mercado (VISS04)	No existe Asociación de productores	0	Bueno: 5-6 puntos Regular: 3-4 puntos Malo: 1-2 puntos
	Existe conflicto de interés entre productores	0	
	Precio competitivo poco satisfactorio	1	
	Alto costo de transporte planta-finca-planta	1	
	Precio competitivo medianamente Satisfactorio	2	
	Costo medio de transporte planta-finca-planta	2	
	Precio competitivo satisfactorio	3	
	Bajo costo de transporte planta-finca-planta	3	

Variable	Características	Indicador	Calificación
Apoyo institucional (VISS05)	Compromiso del gobierno es suficiente.	3	Buena: 9-12 puntos Regular: 5-8 puntos Mala: 1-4 puntos
	Compromiso de cooperativas y asociaciones suficiente.	3	
	Se toma en cuenta la opinión de los productores en las decisiones.	3	
	El estado realiza suficiente seguimiento y evaluación del pago de la leche	3	
	Compromiso del gobierno es insuficiente.	2	
	Compromiso de cooperativas y asociaciones insuficiente.	2	
	Se toma poco en cuenta la opinión de los productores en las decisiones.	2	
	El estado realiza insuficiente seguimiento y evaluación del pago de la leche.	2	
	No existe compromiso del gobierno.	1	
	No existe compromiso de cooperativas y asociaciones.	1	
Facilidades de acceso a los créditos (VISS06)	Historial crediticio	Tiene crédito: 2 No tiene: 1	Buena: 7-8 puntos Regular: 5-6 puntos Mala: 3-4 puntos
	Requisito y/o garantías	Bueno: 3 Regular: 2 Malo: 1	
	Entidades con programas de créditos especiales	Suficiente: 3 Insuficiente: 2 No hay: 1	
Futuro como productor de leche (VISS07)	Buen futuro de la lechería con relevo generacional		5
	Buen futuro de la lechería sin relevo generacional		4
	Regular futuro de la lechería con relevo generacional		3
	Regular futuro de la lechería <u>sin</u> relevo generacional		2
	Mal futuro de la lechería con relevo generacional		1
	Mal futuro de la lechería <u>sin</u> relevo generacional		0
Diversidad de productos (VISS08)	Desarrollo de otra actividad agropecuaria		2
	No desarrollo de otra actividad agropecuaria		1
Tipo de tenencia de la tierra (VISS09)	Tierra propia		2
	Tierra en Arriendo		1

Fuente: Adaptado de Ríos (2010)

Tabla 3. Variables para el Indicador de Sustentabilidad Económica (VISE)

Variable	Indicador	Calificación
Costo de producción litro de leche (VISE01)	Costo unitario (US)*	Alto ($\geq 0,26$): 1 Medio ($\geq 0,24$ y $< 0,26$): 2 Bajo ($< 0,24$): 3
Relación Beneficio / Costo (VISE02)	Ingreso bruto (IB)*Costo Total de Producción (CTP) ⁻¹	Bajo ($\leq 1,22$): 1 Medio ($> 1,22$ y $\leq 1,35$): 2 Alto ($> 1,35$): 3
Margen Bruto (MB) (VISE03)	IB – CTP (US)*	Bajo (≤ 679): 1 Medio (> 679 y ≤ 2779): 2 Alto (> 2779): 3
Rentabilidad (R) (VISE04)	Margen Bruto (MB)* valor de los activos (VA) ⁻¹ (%)	Bajo ($\leq 17,16$): 1 Medio ($> 17,16$ y $\leq 28,90$): 2 Alto ($> 28,90$): 3
Punto de Equilibrio (PE) (VISE05)	Mínimo de litros vendidos para cubrir los costos fijos y variables (L)	Alto (≥ 13.923): 1 Medio (≥ 7.413 y < 13.923): 2 Bajo (< 7.413): 3
Margen de Seguridad (MS) (VISE06)	((Producción Promedia - PE) * PE ⁻¹) * 100 (%)	Bajo (≤ 74): 1 Medio (> 74 y ≤ 142): 2 Alto (> 142): 3

*Valor promedio dólar 2017

Fuente: Adaptado de Ríos (2010)

Tabla 4. Variables para el indicador de Sustentabilidad Técnica (VIST)

Variable	Indicador	Calificación
Litros de leche-vaca / día (VIST01)	Litros de leche vaca ⁻¹ día ⁻¹	Bajo (≤ 16): 1 Medio (> 16 y $\leq 18,9$): 2 Alto ($> 18,9$): 3
Intervalo entre Partos (VIST02)	Días	Alto (≥ 416): 1 Medio (≥ 387 y < 416): 2 Bajo (< 387): 3
Certificado Hato libre de Tuberculosis y Brucelosis (VIST04)	Número de certificados actualizados	Ningún certificado: 0 Certificado de tuberculosis o brucelosis: 1 Certificado de tuberculosis y brucelosis: 2
Relación Leche: Concentrado (VIST05)		≤ 3 y ≥ 6 : 1 > 3 y < 4 ; > 5 y < 6 : 2 ≥ 4 y ≤ 5 : 3
Duración de Lactancia (VIST06)	Días	Alta (≥ 370): 1 Media (≥ 330 y < 370): 2 Baja (< 330): 3
Tasa de Natalidad (VIST07)	%	Bajo (≤ 78): 1 Medio (> 78 y ≤ 86): 2 Alto (> 86): 3
Unidades Formadoras de Colonia UFC (VIST08)	UFC (miles)	Alto (≥ 66): 1 Medio (≥ 18 y < 66): 2 Bajo (< 18): 3
Porcentaje de grasa en la leche (VIST09)	%	Bajo ($\leq 3,6$): 1 Medio ($> 3,6$ y $\leq 3,88$): 2 Alto ($> 3,88$): 3
Porcentaje de proteína en la leche (VIST10)	%	Bajo ($\leq 3,12$): 1 Medio ($> 3,12$ y $\leq 3,20$): 2 Alto ($> 3,20$): 3
Recuento de células somáticas RCS (VIST11)	RCS (miles)	Alto (≥ 334): 1 Medio (≥ 228 y < 334): 2 Bajo (< 228): 3
Nitrógeno Ureico en Leche MUN (VIST12)	%	Alto (≥ 18): 1 Medio (≥ 16 y < 18): 2 Bajo (< 16): 3
Hectáreas en producción de Leche (VIST13)	Ha	Bajo ($\leq 19,5$): 1 Medio ($> 19,5$ y $\leq 33,4$): 2 Alto ($> 33,4$): 3

Variable	Indicador	Calificación
Producción promedio día (VIST14)	Litros día ⁻¹	Bajo (≤ 824): 1 Medio (>824 y ≤ 1.322): 2 Alto (>1.322): 3
Número de animales en producción (VIST15)		Bajo (≤ 45): 1 Medio (>45 y ≤ 72): 2 Alto (>72): 3
Topografía (VIST16)		Moderadamente plana: 6 Plana: 5 Moderadamente ondulada: 4 Ondulada: 3 Moderadamente quebrada: 2 Quebrada: 1
Tamaño del predio (VIST17)	Número de hectáreas	Grande (≥ 30): 1 Mediano (≥ 20 y < 30): 2 Pequeño (< 20): 3
Fertilización Nitrogenada (VIST18)	Kg N ha ⁻¹ año ⁻¹	Baja (≤ 300): 1 Alta (>450): 2 Adecuada ((>300 y ≤ 450): 3

Fuente: Adaptado de Ríos (2010)

Cálculo de los indicadores de sustentabilidad para hatos de lechería especializada

Cada uno de los indicadores de sustentabilidad parciales (económico, técnico, social y ambiental) se construyó como el promedio ponderado de las variables consideradas, las cuales fueron explicadas anteriormente (Ecuación 1). A cada variable se le asignó una ponderación independiente de uno a cinco, con base en el criterio de un panel de expertos conformado por productores, economistas, investigadores, ambientalistas y expertos en temas sociales. Para eliminar el efecto de la escala de medición, cada variable se centró y estandarizó previamente al cálculo del indicador, lo cual, a su vez, tiene como consecuencia, que los indicadores resultantes estén centrados en cero, quedando calificadas con un indicador positivo las fincas que están por encima del promedio y con indicador negativo las que están por debajo del promedio.

Ecuación 1: Indicadores de sustentabilidad ambiental, social, económica y técnica

$$ISASET = \frac{\sum [(VAiSiEiT_i * P_{ij}) / \text{MaxValorVAiSiEiT}_i]}{\sum P_{ij}}$$

Dónde:

ISASET: indicadores de sustentabilidad ambiental, social, económica y técnica

VAiSiEiT_i: variables ambientales (13), sociales (9), económicas (6) y técnicas (17)

P_{ij}: valores de importancia (ponderación) de cada *VAiSiEiT_i*

MaxValorVAiSiEiT_i: máximo valor que puede asumir cada *VAiSiEiT_i*, de acuerdo a la escala de calificación.

Finalmente, se construyó un indicador global como el promedio ponderado de los indicadores parciales de los cuatro componentes considerados, asignando igualmente las ponderaciones con base en el criterio del panel de expertos (ecuación 2). Las ponderaciones para cada uno de los indicadores de sustentabilidad fueron 4,07; 4,07; 4,93 y 4,13 para los indicadores ambiental, social, económico y técnico respectivamente.

Ecuación 2: Indicador de Sustentabilidad global en lechería especializada.

$$ISGLE = \frac{\sum ISI * Pij}{\sum Pij}$$

Donde:

ISGLE: indicador global de sustentabilidad en lechería especializada

ISi: indicadores de sustentabilidad ambiental, social, económica y técnica

Pij: valores de importância (ponderaciones) de cada *ISi*

Análisis estadístico

La metodología utilizada para la construcción de los indicadores, expuesta anteriormente, garantiza la indexación de cada finca con base en toda la información que, a criterio de los expertos, debe considerarse para tal efecto. No obstante, la obtención de la totalidad de la información puede ser onerosa y eventualmente hasta innecesaria. En tal sentido, es deseable desarrollar un índice que permita calificar las fincas a partir de un menor número de variables y, por tanto, con un menor esfuerzo.

Con el fin de proponer índices con menor número de variables, se generó una serie de modelos reducidos a partir de subconjuntos con diferente número de variables predictoras, mediante la función *leaps*, que forma parte del paquete homónimo para R (Alan Miller, 2009). La función *leaps* realiza una búsqueda exhaustiva de los modelos basados en un número determinado de variables predictoras, presentando para cada subconjunto un número determinado de modelos, elegidos con base en algún criterio. En el presente estudio se usó el coeficiente de determinación como criterio de selección. Si bien es cierto que esta sería una medida inadecuada para comparar modelos basados en diferente número de variables, es perfectamente válida para la comparación del conjunto de modelos basados en un mismo número de variables predictoras, brindando además una mejor estimación del porcentaje de variabilidad del índice que puede explicarse a través del modelo.

Se evaluaron en principio los tres mejores modelos de cada subconjunto y a partir de estos se eligió uno para cada subconjunto, tomando en consideración el coeficiente de determinación, la estabilidad (mediante el cálculo del factor de inflación de la varianza) y

la dificultad de registro de las variables. Así que para la postulación de un índice reducido (ambiental, social, económico y técnico), se postularon inicialmente tres modelos basados en 1 variable, tres basados en 2, tres basados en 3 y así sucesivamente, hasta el modelo basado en el total de variables, concentrándonos en aquellos con coeficientes de determinación superiores al 60%.

Finalmente los mejores modelos para cada número de variables fueron comparados utilizando el criterio de información de Akaike (AIC; Akaike, 1974) y el criterio de información bayesiano (BIC; Schwarz, 1978), que permiten la comparación de modelos no anidados y castigan los modelos con mayor número de parámetros, siendo el BIC más riguroso. Valores más bajos de AIC y BIC, significan mejor ajuste del modelo.

Para comparar los indicadores según el nivel de intensificación de los sistemas de producción, se utilizó un modelo lineal general, mediante el PROC GLM del paquete SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelos propuestos para evaluar la sustentabilidad

En la elaboración de los modelos para los diferentes indicadores de sustentabilidad se encontraron varias opciones similares para cada número de variables incorporadas a estos; sin embargo se presenta un solo modelo para cada número de variables, el cual se seleccionó teniendo en cuenta el mayor valor del R^2 ajustado y un bajo VIF (Tablas 5, 6, 7, 8). Solo se presentan los modelos que tuvieron un R^2 ajustado mínimo de 68%. Cuando se obtuvieron dos modelos con el mismo R^2 ajustado y VIF similares, se seleccionó el que incluía variables más fáciles de medir e interpretar. Todas las variables tenidas en cuenta para la construcción de los indicadores de sustentabilidad ambiental, social, económico y técnico, fueron significativas en todos los modelos propuestos.

Modelos seleccionados para calcular el indicador de sostenibilidad ambiental.

Para el indicador ambiental (Tabla 5) a medida que se adicionaron variables al modelo se incrementó el R^2 y disminuyeron los valores de AIC y BIC, indicando que cada variable adicionada al modelo hizo un aporte importante en la explicación de la variabilidad del indicador. El incremento del R^2 fue mayor al adicionar la quinta y sexta variable (7 y 6%), después los incrementos fueron entre el 2 y 4%. Todos los modelos fueron estables presentando valores para el factor de inflación de la varianza (VIF) entre 1,11 y 1,93 para los modelos reducidos y de 1,93 para el modelo completo (13 variables). Dado lo anterior se

puede concluir que el mejor modelo reducido a la luz de la estadística fue el que incorporó 12 variables explicativas.

Las variables erosión, tratamiento de excretas, introducción de leguminosas a las pasturas, utilización de fertilizantes nitrogenados químicos y la implementación de cercas vivas estuvieron presentes en todos los modelos, indicando la importancia de estas variables en la construcción del indicador ambiental. Al incluir solo estas cinco variables en el modelo se explica el 75% de la variabilidad del indicador. Al adicionar protección y conservación de fuentes de agua, implementación de cercas vivas, presencia de relictos boscosos y prácticas de conservación de suelos, el modelo mejora sustancialmente (R^2 del 88%). Estas variables no solo son fáciles de medir, sino que son estrategias que pueden ser implementadas por los productores, mejorando la sostenibilidad ambiental en sus fincas, siendo el modelo recomendado para ser utilizado en las fincas para evaluar la sostenibilidad ambiental.

Entre las variables propuestas inicialmente para la construcción del indicador se evidenció que densidad de lombrices y compactación del suelo son las más difíciles de medir y en el caso de la compactación se requiere de un equipo costoso, por lo tanto poco probable que estas sean tenidas en cuenta en finca. Aunque la incorporación de estas variables mejora estadísticamente el modelo (R^2 del 96% y menores valores de AIC y BIC), no se recomienda debido a la baja aplicabilidad.

Tabla 5. Modelos seleccionados para calcular el indicador de sostenibilidad ambiental.

# Var.	MODELOS	R^2	AIC	BIC
4	$IA = -5,03 \times 10^{-17} + 0,076A02 + 0,162A05 + 0,109A10 + 0,147A13$	68	-30	-18
5	$IA = -4,53 \times 10^{-17} + 0,062A02 + 0,155A05 + 0,087A09 + 0,107A10 + 0,137A13$	75	-45	-31
6	$IA = -2,79 \times 10^{-17} + 0,077A02 + 0,056A03 + 0,15A05 + 0,088A09 + 0,112A10 + 0,142A13$	78	-52	-35
7	$IA = -2,14 \times 10^{-17} + 0,067A01 + 0,083A02 + 0,076A03 + 0,151A05 + 0,089A09 + 0,1A10 + 0,141A13$	82	-63	-44
8	$IA = -3,42 \times 10^{-17} + 0,06A01 + 0,095A02 + 0,075A03 + 0,14A05 + 0,081A09 + 0,088A10 + 0,058A11 + 0,14A13$	85	-73	-52
9	$IA = -3,88 \times 10^{-17} + 0,081A01 + 0,079A02 + 0,074A03 + 0,073A04 + 0,111A05 + 0,079A09 + 0,085A10 + 0,06A11 + 0,117A13$	88	-86	-63
10	$IA = -4,98 \times 10^{-17} + 0,081A01 + 0,074A02 + 0,075A03 + 0,082A04 + 0,109A05 + 0,058A08 + 0,084A09 + 0,089A10 + 0,057A11 + 0,102A13$	92	-106	-81
11	$IA = -5,44 \times 10^{-17} + 0,087A01 + 0,078A02 + 0,076A03 + 0,085A04 + 0,104A05 + 0,065A08 + 0,083A09 + 0,081A10 + 0,053A11 + 0,046A12 + 0,086A13$	94	-121	-95
12	$IA = -4,63 \times 10^{-17} + 0,091A01 + 0,081A02 + 0,072A03 + 0,096A04 + 0,092A05 + 0,047A06 + 0,068A08 + 0,081A09 + 0,079A10 + 0,065A11 + 0,052A12 + 0,076A13$	96	-148	-118
Full 13	$IA = -3,353e-17 + 0,105A01 + 0,084A02 + 0,0751A03 + 0,081A04 + 0,072A05 + 0,077A06 + 0,074A07 + 0,054A08 + 0,078A09 + 0,082A10 + 0,077A11 + 0,066A12 + 0,075A13$	100	-4207	-4175

Valdez et al (2017) propusieron 10 variables para la evaluación de la sustentabilidad ambiental en México, entre estas están emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la gestión de organismos modificados genéticamente y el uso de energías renovables, las cuales no fueron tenidas en cuenta en el presente estudio. Se recomienda para la construcción de

futuros indicadores incorporar el uso de energías renovables, ya que estas tienen un impacto positivo en el ambiente, actualmente están siendo incorporadas en muchas regiones y es fácil de incorporar en el indicador. Las emisiones de GEI son un excelente indicador ambiental pero dada la dificultad para su medición y la necesidad de equipos especializados dificulta su incorporación en los indicadores para evaluar la sostenibilidad en las fincas. Para el caso de la gestión de organismos modificados genéticamente, estos no son de aplicación importante en los sistemas de lechería especializada del Norte de Antioquia.

Por su parte Belanger et al (2012) propusieron 13 variables para la evaluación de la sustentabilidad ambiental en Quebec Canadá, de las cuales no fueron tenidas en cuenta en el presente estudio el contenido de materia orgánica en el suelo, la saturación de P y la planificación de los drenajes de potreros. Para la obtención de las dos primeras variables se requiere análisis de suelos, el cual lo realizan pocos productores, dificultando la obtención de esta información. La planificación de drenajes no aplica para la mayoría de los sistemas de producción de lechería especializada del norte de Antioquia, dadas las condiciones climáticas y la topografía que presenta la región. Debido a las diferencias en clima, topografía, suelos, sistemas de producción (pastoreo vs confinamiento), entre las zonas de producción de leche a nivel mundial, es necesario incorporar variables específicas y con diferente nivel de importancia, que permita construir indicadores de sustentabilidad ajustados a las condiciones de cada región.

Aunque existen diferencias entre los indicadores propuestos, es importante resaltar las variables que se utilizan frecuentemente, indicando la importancia de tenerlas en cuenta para la construcción de los indicadores de sustentabilidad ambiental. Estas variables son: uso de agroquímicos, erosión de los suelos, el manejo de las excretas al igual que de los demás residuos generados en los sistemas de producción, la topografía, el manejo y la protección de las fuentes de agua y el manejo de las plagas.

Modelos seleccionados para calcular el indicador de sustentabilidad social

En la tabla 6 se puede observar el modelo construido inicialmente con todas las variables (9) y los modelos reducidos. Solo con cuatro variables (calidad de vida, grado de satisfacción del recurso humano, acceso al mercado y tipo de tenencia de tierra, se obtuvo un alto R^2 (79%), sin embargo al ir adicionando variables sigue mejorando el modelo con incrementos del R^2 entre el 3 y 5% y disminuyendo el AIC y BIC, indicando que todas las variables aportan de manera significativa a la construcción del indicador. Con la incorporación de las variables diversidad de productos y futuro como productor de leche (expectativas y relevo generacional), se obtiene una explicación del 90% de la variabilidad del indicador, siendo un modelo adecuado, con variables fáciles de medir e interpretar. En general todas

las variables propuestas para el indicador son fáciles de medir, sin embargo se observó que consenso social y apoyo institucional, presentaron mayor dificultad en la interpretación por parte de los productores.

Es importante resaltar que las variables calidad de vida y grado de satisfacción del recurso humano estuvieron presentes en todos los modelos. Estas dos variables están más relacionadas con la percepción que tienen los trabajadores y productores de su tipo de vida, de las comodidades, garantías y beneficios que tienen a nivel personal dentro de los sistemas de producción. Estas variables también estuvieron incluidas en los estudios realizados por García y Modernel (2009), Rios (2010), Lebacqz et al (2013), Tommasino et al (2012); lo que confirma la importancia de las mismas dentro de las evaluaciones de sustentabilidad social.

En otros estudios como los presentados por Valdez et al (2017), Ripoll-Bosch et al (2012), Van Calster et al (2008) y Noguera (2003), se proponen incorporar otras variables a los indicadores sociales como mantenimiento de la población, seguridad alimentaria, integración de género, bienestar animal, dependencia de subsidios, conservación de la cultura y tecnologías tradicionales, variedad de razas nativas, participación familiar y trabajo infantil. Para la construcción de los indicadores es importante contar con la participación de expertos en el área y de los productores para definir las variables a tener en cuenta y su grado de importancia.

Tabla 6. Modelos seleccionados para calcular el indicador de sustentabilidad social

# Var.	MODELOS	R ²	AIC	BIC
4	IS = $4,97 \times 10^{-17} + 0,124S01 + 0,125S02 + 0,126S04 + 0,188S09$	79	-28,48	-15,91
5	IS = $5,4 \times 10^{-17} + 0,129S01 + 0,122S02 + 0,116S04 + 0,082S08 + 0,185S09$	83	-41,30	-26,64
6	IS = $7,01 \times 10^{-17} + 0,138S01 + 0,117S02 + 0,115S05 + 0,111S06 + 0,191S07 + 0,091S08$	90	-69,92	-53,17
7	IS = $7,47 \times 10^{-17} + 0,126S01 + 0,127S02 + 0,098S03 + 0,125S04 + 0,118S05 + 0,126S06 + 0,139S07$	93	-92,36	-73,50
8	IS = $7,87 \times 10^{-17} + 0,131S01 + 0,128S02 + 0,095S03 + 0,106S04 + 0,113S05 + 0,121S06 + 0,144S07 + 0,076S08$	97	-143	-122
Full 9	IS = $6,874 \times 10^{-17} + 0,125S01 + 0,110S02 + 0,084S03 + 0,111S04 + 0,0994S05 + 0,103S06 + 0,103S07 + 0,737S08 + 0,840S09$	100	-4154	-4130

Modelos seleccionados para calcular el indicador económico

Las seis variables tenidas en cuenta para la elaboración del indicador de sustentabilidad económica fueron significativas en todos los modelos propuestos. Sin embargo, se encontró que solo con la variable rentabilidad se construyó un modelo que explica el 91% del indicador (Tabla 7). Esta variable refleja la realidad económica de los sistemas de producción; sin embargo para obtener la información de esta variable se requiere de un estudio previo de todos los componentes económicos de los sistemas de producción. La obtención de información para la evaluación de este indicador fue difícil, ya que muchos productores no tienen registro de los costos de producción, ni de las ventas de leche que realizan.

En los modelos reducidos con una hasta cuatro variables, fue incorporada la rentabilidad. En el modelo que no fue tomada en cuenta, fueron necesarias involucrar cinco variables para obtener un alto coeficiente de determinación. De la rentabilidad depende la sustentabilidad y la posibilidad de crecer de cualquier empresa. Ser rentable es el objetivo implícito de todo negocio, algo que implica tener precios por encima de los costos de producción y comercialización, incluyendo impuestos e intereses.

Todos los modelos reducidos seleccionados fueron estables presentando valores para el factor de inflación de la varianza entre 1,13 (con dos variables) y 4,17 (con cinco variables). El modelo propuesto inicialmente con las 6 variables, presentó un VIF de 11,45, indicando presencia de colinealidad ($VIF > 10$), lo que significa la presencia de variables predictoras correlacionadas que suministran información redundante. Lo anterior debido a que en este indicador algunas variables fueron utilizadas indirectamente, para el cálculo de otras.

Tabla 7. Modelos seleccionados para calcular el indicador económico

# Var.	MODELOS	R ²	AIC	BIC
1	$IE = -0,034 + 0,761E04$	91	3,60	7,14
2	$IE = -0,028 + 0,244E01 + 0,545E04$	93	-1,41	3,30
3	$IE = -0,01 + 0,153E03 + 0,608E04 + 0,206E05$	96	-17	-11
4	$IE = 0,003 + 0,003E01 + 0,177E03 + 0,406E04 + 0,176E05$	98	-33	-25
5	$IE = 0,007 + 0,256E01 + 0,244E02 + 0,146E03 + 0,155E05 + 0,211E06$	99	-58	-50
Full 6	$IE = 1.211e-16 + 0,194E01 + 0,177E02 + 0,1361E03 + 0,183E04 + 0,159E05 + 0,151E06$	100	-1660	-1651

Tommasino et al (2012) presentaron una propuesta de indicadores de sustentabilidad económica, donde proponían las variables ingreso predial, apoyo a la producción, autonomía financiera y transmisibilidad. La variable ingreso predial considera todos los ingresos económicos de la finca, sin tener en cuenta de donde provienen (lechería, agricultura, subsidios, etc). En el presente estudio se evaluó la rentabilidad del sistema de producción, la cual tiene inmersos los costos de producción y los ingresos que se obtienen de las ventas de la leche; esta refleja de forma más precisa la situación económica del sistema de producción de lechería especializada, el cual es motivo de estudio. Estos autores proponen el apoyo a la producción, variable tomada en cuenta en el presente estudio dentro de los indicadores de sustentabilidad técnica. La autonomía financiera y la transmisibilidad son el nivel de endeudamiento que tienen los productores con el sector financiero y el capital de trabajo disponible que heredarán las siguientes generaciones para poder continuar con el funcionamiento de los sistemas. Dichas variables no fueron tomadas en cuenta, siendo interesante incorporarlas en otros estudios.

Modelos seleccionados para calcular el indicador técnico

En la elaboración de los modelos para el indicador de sustentabilidad técnica (Tabla 8), se observó buena estabilidad de los modelos cuando se incluyeron hasta 15 variables (VIF entre 1,28 y 2,76). Cuando se incluyeron las variables hectáreas en producción, número de animales en producción y tamaño del sistema de producción en el modelo con 16 variables, este perdió estabilidad (VIF= 10,79), debido a la alta correlación que existe entre estas variables, ya que las tres hacen alusión al tamaño del sistema de producción. En el modelo con 15 variables se puede trabajar con cualquiera de las tres.

Las variables que más fueron tenidas en cuenta en los modelos propuestos fueron litro de leche vaca día⁻¹, intervalo entre partos, certificado hato libre de brucelosis y tuberculosis, unidades formadoras de colonias, recuento de células somáticas, producción promedio día⁻¹ y topografía. Estas variables son fáciles de medir y evalúan la producción por animal y por predio, la reproducción, la sanidad de los animales y la inocuidad del producto. La topografía es otra variable que afecta los sistemas de producción evaluados, ya que determina desde la facilidad en la mecanización para establecimiento y renovación de pasturas, hasta el diseño del pastoreo, suministro de agua y movilización de los animales para el ordeño.

Para la evaluación del indicador de sustentabilidad técnica se recomienda utilizar el modelo con 10 variables, debido a que todas son fáciles de obtener y explicarían el 92% de este indicador, manteniendo la estabilidad del modelo. Este modelo involucra variables relacionadas con producción y calidad de leche, alimentación, sanidad, reproducción y la topografía. Tiene en cuenta variables que determinan el precio de venta de la leche (hato libre de brucelosis y tuberculosis, unidades formadoras de colonias, recuento de células somáticas y % de grasa en la leche). Sin embargo, si en la construcción de este indicador se encuentran inconvenientes con la obtención de la información, se podría trabajar con cualquiera de los modelos antes propuestos. Las variables incluidas en la construcción del indicador de sustentabilidad técnica son de fácil recolección en los sistemas de producción, ya que en su mayoría se encuentran en los registros que se llevan en las fincas. Las variables relacionadas con calidad de leche en muchos de los sistemas de producción son suministradas por los compradores de leche en las colillas de pago.

En la mayoría de las investigaciones no se tiene el componente técnico como componente de la sustentabilidad (Valdés et al 2017, Bélanger et al 2012, Tommasino et al 2012). En el presente estudio se integró debido al efecto que tiene el manejo de las pasturas y de los animales, la calidad del producto, la producción, entre otros, en los componentes económico, ambiental y social de la sustentabilidad. Se proponen indicadores que reflejan la realidad técnica y ayudan a identificar las fortalezas y debilidades de los sistemas de producción de

leche, facilitando la aplicación oportuna de los diferentes correctivos y lograr que los sistemas de producción se puedan mantener en el tiempo.

Ríos (2010) propuso un indicador con ocho variables técnicas, a esta propuesta se le adicionaron nueve variables de fácil medición y que resumen la respuesta de muchas labores técnicas que se realizan en los diferentes sistemas de producción. Dentro de estas variables se incluyeron las relacionadas con la calidad físico-química y composicional de la leche, las cuales reflejan los protocolos de higiene en las rutinas de ordeño, el estado de salud de los animales, el tipo de dieta que reciben, entre otras prácticas. Estas variables son proporcionadas a los productores en las colillas de pago, por la mayoría de las empresas compradoras de la leche, lo que la hace de fácil acceso a los productores, investigadores y académicos.

Tabla 8. Modelos seleccionados para calcular el indicador técnico

Var.	MODELOS	R ²	AIC	BIC
8	IT=-0,004 + 0,067T01 + 0,098T02 + 0,06T04 + 0,056T08 + 0,053T09 + 0,163T11 + 0,124T14 + 0,069T16	88	-90	-69
9	IT=-0,004 + 0,071T01 + 0,091T02 + 0,059T04 + 0,046T07 + 0,067T08 + 0,052T09 + 0,151T11 + 0,123T14 + 0,065T16	90	-101	-78
10	IT=5,96x10 ⁻⁵ + 0,062T01 + 0,074T02 + 0,056T04 + 0,058T05 + 0,052T06 + 0,069T08 + 0,068T09 + 0,147T11 + 0,113T14 + 0,049T16	92	-115	-91
11	IT=-0,004 + 0,063T01 + 0,087T02 + 0,063T04 + 0,063T07 + 0,068T08 + 0,074T10 + 0,127T11 + 0,044T12 + 0,11T14 + 0,059T16 + 0,049T18	94	-128	-101
12	IT=-0,004 + 0,049T01 + 0,091T02 + 0,059T04 + 0,046T05 + 0,055T07 + 0,068T08 + 0,085T10 + 0,129T11 + 0,046T12 + 0,111T14 + 0,049T16 + 0,058T18	96	-153	-123
13	IT=-0,001 + 0,051T01 + 0,069T02 + 0,062T04 + 0,052T05 + 0,040T06 + 0,055T07 + 0,078T08 + 0,082T10 + 0,113T11 + 0,049T12 + 0,100T14 + 0,042T16 + 0,058T18	97	-181	-150
14	IT=-0,00014 + 0,053T01 + 0,067T02 + 0,055T04 + 0,058T05 + 0,049T06 + 0,052T07 + 0,072T08 + 0,046T09 + 0,061T10 + 0,128T11 + 0,048T12 + 0,107T14 + 0,042T16 + 0,054T18	99	-269	-236
15	IT=-0,000077 + 0,059T01 + 0,066T02 + 0,053T04 + 0,059T05 + 0,05T06 + 0,051T07 + 0,072T08 + 0,047T09 + 0,062T10 + 0,126T11 + 0,047T12 + 0,011T13 + 0,100T14 + 0,044T16 + 0,057T18	99	-277	-242
16	IT= -0,0002 + 0,058T01 + 0,0662T02 + 0,053T04 + 0,058T05 + 0,049T06 + 0,054T07 + 0,070T08 + 0,048T09 + 0,063T10 + 0,127T11 + 0,045T12 + 0,038T13 + 0,100T14 + 0,042T16 + 0,029T17 + 0,061T18	99	-292	-255
Full 17	IT= -1,136e-16 + 0,0621T01 + 0,06688T02 + 0,05632T04 + 0,06101T05 + 0,5162T06 + 0,05397T07 + 0,06736T08 + 0,05162T09 + 0,06453T10 + 0,01246T11 + 0,04703T12 + 0,04224T13 + 0,05984T14 + 0,04693T15 + 0,04169T16 + 0,04224T17 + 0,05999T18	100	-4147	-4107

Indicador de sustentabilidad general

Para la construcción de este indicador se tuvieron en cuenta los indicadores de sustentabilidad ambiental, técnica, económica y social obtenidos con todas las variables.

$$\text{Ecuación 3: IG} = 0,24\text{IA} + 0,24\text{IS} + 0,29\text{IE} + 0,24\text{IT}$$

IG: Indicador de Sustentabilidad Global; IA, IS, IE, IT: indicadores de sustentabilidad ambiental, social, económica y técnica.

La ponderación de cada variable para el desarrollo de los indicadores parciales y a cada indicador parcial para la construcción del indicador general, no es estándar y juega un papel muy importante en la construcción de dichos indicadores. Generalmente estos valores se asignan a criterio de los investigadores. Sin embargo para disminuir la subjetividad

es importante contar con un grupo interdisciplinario, donde participen docentes e investigadores del área agropecuaria, especialistas en economía y administración agropecuaria, ambientalistas, productores de leche y expertos en el área social. En la tabla 9 se presentan los ponderantes asignados por los grupos de expertos a los diferentes componentes de la sustentabilidad.

Tabla 9: Pesos asignados a los indicadores de sustentabilidad en sistemas de lechería especializada por un grupo interdisciplinario.

GRUPO	COMPONENTES DE SUSTENTABILIDAD			
	AMBIENTAL	SOCIAL	ECONÓMICO	TÉCNICO
Investigadores Agropecuarios	3,83	4	5	4,5
Especialistas en Economía	4	4	5	4,33
Ambientalistas	5	4,66	4,66	4
Productores de leche	4	4,42	5	3,85
Especialista en el área Social	5	5	5	5

Se evidencia la diferencia en la importancia que cada grupo de expertos le da a los diferentes componentes de la sustentabilidad. Por esta razón se realizó la ponderación de los diferentes grupos para finalmente generar un peso promedio con el fin de disminuir los sesgos.

Los ponderantes asignados a cada componente de la sustentabilidad en evaluaciones realizadas en lechería especializada en diferentes países, presentan grandes diferencias (Tabla 10). Para realizar una adecuada evaluación de la sustentabilidad se deben utilizar indicadores que cuantifiquen componentes sociales, ambientales, técnicos y económicos. Sin embargo se puede dar subjetividad de esta metodología, ya que depende del criterio de los investigadores y del público objetivo. Por ello la importancia de la participación de expertos en las diferentes áreas en la asignación de los ponderantes.

Tabla 10. Pesos asignados a los indicadores de sustentabilidad en diferentes evaluaciones.

Autor	País	Indicador Ambiental	Indicador Económica	Indicador Técnica	Indicador Social
Presente estudio	Colombia	24%	24%	29%	24%
(Ríos 2010)	Colombia	10%	40%	30%	20%
(Arias- Reverón et al 2012)	Costa Rica	24%	25%	36%	15%
(Gómez y Sánchez 2010)	España	51%	22%	NA	27%
(Murillo et al 2004)	Costa Rica	21%	32%	26%	21%
(Van Calker et al 2008)	Holanda	26%	31%	NA	43%

Indicadores de sustentabilidad en fincas con diferentes niveles de intensificación.

Al comparar los indicadores de sustentabilidad de las fincas con diferentes niveles de intensificación (Producción de leche $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$), se encontró diferencia significativa para el IS (P

= 0,0162) y para el indicador global ($P = 0,0057$), siendo mayor en las fincas con NI alto con relación a las fincas con NI bajo (Tabla 11). Estas diferencias están asociadas con la buena percepción que tienen los trabajadores de su calidad de vida y condiciones laborales, el optimismo que expresaron los productores con relación al futuro de sus lecherías y a la continuidad que se les daría por sus sucesores en las fincas el NI alto. Por otro lado los sistemas de producción con NI bajo se asociaron con inconformidad de los trabajadores en cuanto a sus condiciones laborales, expresando que tenían unas jornadas de trabajo muy largas, mal remuneradas y que no contaban con las prestaciones legales. También se encontró que la mayoría de los productores con bajo NI tenían las tierras en calidad de arrendamiento y que percibían un futuro nada promisorio para sus producciones.

Tommasino, et al. (2012), afirman que para sistemas de producción extensivos en Uruguay el aspecto social de las familias dedicadas a la lechería, es bueno, estas se encuentran satisfechas hasta en un 80% con las políticas sociales que se tienen en este país suramericano. Las familias mencionadas, constituyen predominantemente sistemas familiares de producción que en muchos casos vinculan su bienestar o su calidad de vida a continuar viviendo en el medio rural, así como sus seguridades y sus sistemas vinculares peculiares. Esto difiere de lo encontrado en los sistemas de producción con NI bajo del Norte de Antioquia, debido a que la mayoría de mano de obra de estos sistemas de producción es contratada y no tiene el compromiso, ni el sentido de pertenencia que tienen los sistemas de producción que cuentan con mano de obra familiar.

Ripoll-Bosch et al (2012), también reportaron una mayor calificación en el componente social para los sistemas de producción con un NI alto. Este estudio lo realizaron en la cuenca mediterránea Europea con producciones de ovinos. Los datos reportados por estos autores coinciden con los encontrados en el presente estudio, donde al aumentar la intensificación de los sistemas de producción conlleva a una mejor percepción de los trabajadores y productores sobre su calidad de vida y demás aspectos sociales

Riechmann (2003), señala que la sustentabilidad social debe ser lo suficientemente productiva como para atender las necesidades básicas y los deseos razonables de toda la población mundial, que potencie la ocupación del campo y el desarrollo rural, que sea compatible con la preservación de la diversidad cultural, que fomente la equidad social. Estos atributos no son percibidos por los productores, ni trabajadores de los sistemas de producción con NI bajo.

Tabla 11: Indicadores de sustentabilidad de las fincas dedicadas a la lechería especializada según el nivel de intensificación

Indicadores	Nivel de Intensificación		
	Bajo	Medio	Alto
Ambiental	-0.084 ^a	067 ^a	018 ^a
Económico	-0.319 ^a	-0.016 ^a	595 ^a
Técnico	-0.11 ^a	-0.004 ^a	1 ^a
Social	-0.198 ^a	072 ^{ab}	126 ^b
Indicador Global	-0.223 ^a	053 ^{ab}	259 ^b

No se encontró diferencia significativa para los indicadores ambiental, económico y técnico en los diferentes NI, lo que puede ser explicado por la gran diversidad en las prácticas de manejo ambientales, técnicas y económicas de los sistemas de producción de leche del Norte de Antioquia (Ruiz et. al, 2019). Es importante resaltar que los sistemas de producción con NI bajo, presentaron todos los indicadores de sustentabilidad negativos. Los sistemas con NI medio presentaron valores negativos para los componentes económico y técnico, mientras que en los sistemas de producción con NI alto todos los indicadores presentaron valores positivos.

Los sistemas de producción con NI bajo presentaron el indicador de sustentabilidad ambiental negativo, mostrando que los sistemas de producción de lechería especializada en la región evaluada, han venido implementando prácticas más responsables y amigables con el medio ambiente a medida que van intensificando sus producciones. Estos resultados concuerdan con los reportados por Ruiz, et. al., (2017), quienes encontraron que los predios calificados como de alto NI tuvieron mejores parámetros ambientales representados en manejo de excretas utilizando tanques estercoleros y la fertilización de potreros con materia orgánica, mientras que los de bajo NI tuvieron prácticas de producción menos amigables con el ambiente, como la ausencia de prácticas en la conservación del suelo, el no realizar ningún tratamiento a las excretas y verter sus aguas residuales directamente a las quebradas.

Capper, et al., 2009, quienes encontraron notables avances en la producción de leche en los últimos 60 años, con un aumento demostrable en la eficiencia productiva, conferidos por la selección genética, la formulación de raciones, programas preventivos de salud, mejoras en el bienestar de los animales, y mejores prácticas de manejo, que aumentaban el NI. Esto se ve reflejado en la capacidad de las vacas lecheras modernas para producir más leche que sus contrapartes históricas a través de la mejora del bienestar. Estos autores reportaron que el impacto medioambiental del sistema de producción lechera moderna de Estados Unidos es considerablemente menor que la del sistema histórico con reducciones sustanciales en el uso de recursos (alimentos, tierras de cultivo, energía y agua), la producción de residuos (estiércol, N y la excreción de P), y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los sistemas de producción con nivel de intensificación bajo, también presentaron indicadores técnicos y económicos negativos, debido a que estos sistemas son manejados de forma extensiva, con animales de un menor valor genético, dietas deficientes, en la mayoría manejan ordeños manuales, planes de fertilización que no cumplen con los requerimientos de las pasturas, entre otros. Debido a su bajo nivel de producción manejan menores cantidades de insumos, lo que genera compras unitarias por mayor valor, debido a que el mercado realiza descuentos cuando se compra al por mayor.

Chobtang et al (2017) en un análisis de ciclo de vida, en Nueva Zelanda, reportaron mejores parámetros ambientales para los sistemas de producción con NI bajo, sin embargo en su estudio concluyeron que la diferencia en el componente ambiental, dentro de los dos niveles de intensificación es atribuida a la contaminación y emisiones de gases que se generan en los procesos de fabricación de insumos y transporte de los mismos. Los autores no encontraron diferencia en el componente ambiental dentro de los predios evaluados, lo que concuerda con los datos encontrados en el presente estudio.

Salou et al (2017) en un análisis de ciclo de vida en lechería especializada en Francia, manifestaron que conciliar los aspectos ambientales con la producción es difícil y concluyen que la intensificación de los sistemas lecheros conduce a impactos más altos por unidad de área, debido a la mayor proporción de concentrados en la alimentación de los animales, implicando un mayor uso de los insumos. Sin embargo estos también manifiestan que los impactos ambientales no son tanto a nivel predial, sino que en su mayoría están asociados con la fabricación de las materias primas y del transporte de las mismas.

Basset-mens et al (2017), en una evaluación de intensificación en sistemas de producción de leche en Nueva Zelanda encontraron que al aumentar la intensificación de sus sistemas de producción, se aumentaban los impactos ambientales. Sin embargo estos investigadores para aumentar el NI incrementaban el uso de fertilizantes nitrogenados y de concentrados en la alimentación lo que genera grandes impactos ambientales en la producción de los mismos. En la zona de estudio una alta proporción de las fincas pertenecientes al NI alto mantienen una relación leche:concentrado alrededor de 4 y aplican niveles medios de fertilización, lo que posibilita el aumento controlado en el suministro de insumos sin causar impactos adversos al medio ambiente.

Los sistemas de producción expuestos en las investigaciones anteriores han mostrado cambios significativos en el deterioro del componente ambiental a medida que aumenta el NI, sin embargo todos coinciden en que este deterioro es debido a la contaminación y gastos energéticos provenientes de la fabricación y transporte de los concentrados y fertilizantes utilizados asociados a la intensificación de estos sistemas. Sin embargo, en los sistemas de producción de leche del Norte de Antioquia, el nivel de intensificación aumenta con prácticas

de manejo que no atentan contra la sustentabilidad ambiental, como son la rotación de potreros, el mejoramiento genético de los animales, la generación de planes adecuados de fertilización entre otras prácticas.

Por último es importante mencionar que los resultados de los estudios relacionados con el tema no se puedan comparar directamente con los encontrados en esta investigación, debido a que los métodos para clasificar la intensificación son diferentes y los indicadores para la evaluación de la sustentabilidad evaluados no son los mismos, ya que cada investigador plantea sus indicadores de acuerdo a las características de la zona y del estudio a realizar. Una debilidad de la metodología es la subjetividad de la misma al dejar en los investigadores y grupos de interés la responsabilidad de la selección de los indicadores y la asignación de los pesos de importancia a cada uno, al igual que la ponderación de las variables incorporadas a cada indicador. Sin embargo esta metodología es de gran ayuda para identificar las fortalezas y debilidades de los sistemas de producción evaluados. Esta es de gran utilidad para realizar comparaciones entre sistemas de producción a los que se le pueda aplicar la misma metodología, o para evaluar los progresos o retrocesos que se tengan en los diferentes componentes de la sustentabilidad en los sistemas de producción a través del tiempo.

CONCLUSIONES

Los modelos propuestos para la evaluación de los indicadores de sustentabilidad son una herramienta de fácil manejo para los investigadores y productores. Se recomienda utilizar modelos reducidos, los cuales brindan buena confiabilidad, con menor esfuerzo y menores costos. Para los sistemas de producción característicos de la región bajo estudio, se recomiendan los modelos con 9, 6, 1 y 10 variables para los IA, IS, IE y IT, que explican el 88, 90, 91 y 92% de la variabilidad, respectivamente. Estos modelos son estables e involucran variables de fácil medición e interpretación.

La metodología utilizada y los modelos propuestos pueden ser aplicados para la evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción que presenten características similares; también pueden servir como punto de partida para investigaciones en las cuales se requiera la construcción de nuevos indicadores con la incorporación de más o menos variables.

Las fincas con mayor NI implementan prácticas encaminadas a la sustentabilidad, obteniendo mayores producciones, reflejándose en mejor calidad de vida de los productores y de trabajadores. En estos sistemas de producción se debe continuar con la búsqueda de tecnologías y herramientas sustentables, que permitan incrementar la productividad de la lechería especializada, garantizando a futuro su continuidad, asegurando el bienestar social y al mismo tiempo conservando o mejorando los recursos. Se recomienda evaluar

periódicamente los diferentes componentes de la sustentabilidad para identificar hasta que punto justifica seguir intensificando.

■ REFERENCIAS

1. Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *Trans. Autom. Control* 19:716-723.
2. Arias-Reverón J, Calvo C, Chaves N, Granados M, Hernández J, Uribe-Lorío L and Wing-Ching-Jones R. 2012. Uso de indicadores para determinar la sostenibilidad de tres proyectos productivos de universidades en Costa Rica. 4(2): 203–212. Tomado de <http://investiga.uned.ac.cr/revistas/index.php/cuadernos/article/view/9>
3. Basset-Mens C, Ledgard S and Boyes M. 2017. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *Ecological Economics* 6 8: 1 6 1 5 – 1 6 2 5
4. Belanger V, Vanasse A, Parent D, Allard G and Pellerin D 2012 Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada. *Ecological Indicators*, Elsevier Ltd 23: 421–430. Tomado de https://www.researchgate.net/publication/257592600_Development_of_agri-environmental_indicators_to_assess_dairy_farm_sustainability_in_Quebec_Eastern_Canada
5. Capper, J. L., R. A. Cady, and D. E. Bauman. 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of Animal Science* 87:2160-2167. doi:10.2527/jas.2009-1781
6. Chobtang J, Ledgard S, McLaren S and Donghy D. 2017. Life cycle environmental impacts of high and low intensification pasture-based milk production systems: A case study of the Waikato region, New Zealand. *Journal of Cleaner Production* 140: 664-674
7. Eswaran, Hari; E. Pushparajah y C. Ofori. 1992. “Indicators and their utilization in a framework for evaluation of sustainable land management”, Washington, D.C., paper del USDA (Soil Conservation Service).
8. García R and Modernel P. 2009. Evaluación de la Sustentabilidad de la Agricultura Familiar : una Propuesta Metodológica para los Sistemas Lecheros Familiares del Uruguay. *Rev. Bras. De Agroecología* 4(2): 2624–2628. Tomado de <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/viewFile/8719/6133>
9. Gómez-Limón J A and Sanchez-Fernandez G. 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecological Economics*, Elsevier B.V. 69(5): 1062–1075. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800909004765>.
10. ICAR. 2016. International agreement of recording practices. <http://www.icar.org/wp-content/uploads/2016/03/Guidelines-Edition-2016.pdf>
11. Lebacqz T, Baret P V and Stilmant D. 2013. Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33(2): 311–327. Tomado de <http://link.springer.com/article/10.1007/s13593-012-0121-x>
12. Lowell Center for Sustainable Production (LCSP). 1998. Sustainable Production: A Working Definition. Informal Meeting of the Committee Members.

13. Murillo L, Villalobos L, Sáenz F and Vargas B. 2004. Un acercamiento integrado para determinar la sostenibilidad de granjas lecheras de Costa Rica : 2 . Cálculo de los índices de sostenibilidad, *Livestock Research for Rural Development*, volumen 16, de https://www.researchgate.net/publication/260226564_Un_acercamiento_integrado_para_determinar_la_sostenibilidad_de_granjas_lecheras_de_Costa_Rica_2_Calculo_de_los_indices_de_sostenibilidad
14. Niemeijer D, de Groot R. 2008. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecol Indic* 8:14–25. doi:10.1016/j.ecolind.2006.11.012
15. Noguera A. 2003. Aproximación a Un Sistema De Indicadores De Sostenibilidad Para La Ganadería Ovina En La Provincia De Castellón. Tomado de http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/27_17_10_5a._indicostenibcastellon_1.pdf
16. Riechmann, J. 2003. Cuidar la tierra. En: Políticas Agrarias y Alimentarias Sostenibles para entrar en el siglo XXI. Barcelona, Icaria.
17. Ríos Gloria P. 2010. Propuesta para generar indicadores de sostenibilidad en sistemas de producción agropecuaria, para la toma de decisiones caso: lechería especializada. Tesis de Maestría. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. www.bdigital.unal.edu.co/1888.
18. Ripoll-Bosch R, Díez-Unquera B, Ruiz R, Villalva D, Molina E, Joy M, Olaizola A and Bernues A. 2012. An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. *Agricultural Systems* 105: 46–56
19. Ruiz JF, Cerón-Muñoz M F, Barahona-Rosales R y Bolívar-Vergara DM. 2017. Caracterización de sistemas de producción bovina de leche según el nivel de intensificación y su relación con variables ambientales y sociales asociadas a la sustentabilidad. *Livestock Research for Rural Development* 29 (1). Tomado de <http://www.lrrd.org/lrrd29/1/boli29007.html>
20. Ruiz JF, Cerón-Muñoz M F, Barahona-Rosales R y Bolívar-Vergara DM. 2019. Caracterización de los sistemas de producción bovina de leche según el nivel de intensificación y su relación con variables económicas y técnicas asociadas a la sustentabilidad. *Livestock Research for Rural Development* 31 (3). Tomado de <http://www.lrrd.org/lrrd31/3/dmbol31040.html>
21. Salou T, Mouel C and van der Werf H. 2017. Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters. *Journal of Cleaner Production* 140: 445-454
22. Schwarz, G. 1978. Estimating the dimension of a model. *Ann. Stat.* 6:461-464.
23. Segnestam, L. 2002. Indicators of Environmental and Sustainable Development. Theories and Practical Experience, Environmental Economic Series, Paper N° 89, 61 pp. World Bank, Washington DC.
24. Statistical analysis system institute (SAS). 1996. Software: changes and enhancements trough release 6, 11. Cary, NC. Alan Miller (2009). Thomas Lumley using Fortran code by leaps: regression subset selection. R package version 2.9. <https://CRAN.R-project.org/package=leaps>
25. Tommasino H, Ferreira R G, Marzaroli J and Gutiérrez R. 2012. Indicadores de sustentabilidad para la producción lechera familiar en Uruguay: análisis de tres casos. *Agrociencia Uruguay* 16(1): 166–176.
26. Valdez I, Sánchez C and Escalante A. 2017. Proposal for a sustainability evaluation framework for bioenergy production systems using the MESMIS methodology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68: 360-369.

27. Van Calker K J, Berentsen PB, Giesen GW and Huirne RB. 2008. Maximising sustainability of Dutch dairy farming systems for different stakeholders: A modelling approach. *Ecological Economics* 65(2): 407–419. https://www.researchgate.net/publication/222321522_Maximising_sustainability_of_Dutch_dairy_farming_systems_for_different_stakeholders_A_modelling_approach

“

Influência de diferentes densidades de juvenis de Pacu (***Piaractus Mesopotamicus***) e Tambacu (***Piaractus Mesopotamicus*** X ***Colosoma Macropomum***) submetidos ao sistema de bioflocos

- ▮ Leandro Carvalho **Braga**
- ▮ Paulo Rodinei Soares **Lopes**
- ▮ Andressa Igarçaba **Rodrigues**
- ▮ Nathália Datore **Fortunato**
- ▮ Flavia Luiza **Lavach**
- ▮ Tatiana Germano Martins **Machado**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de juvenis de Pacu (*Piaractus Mesopotamicus*) e Tambacu (*Piaractus Mesopotamicus* X *Colosoma Macropomum*) submetido a diferentes densidades no sistema de bioflocos. Este trabalho foi realizado no laboratório de piscicultura e aquicultura da Universidade Federal do Pampa, com duração de 23 dias. As unidades experimentais foram dispostas em duas fileiras com cinco caixas, com capacidade de 500 litros, mas fornecidas com 340 litros e aeração constante usando um soprador helicoidal. O projeto experimental consistiu em três tratamentos e três repetições, onde três densidades (59 peixes/m³, 118 peixes m³ e 176 peixes m³) foram utilizadas. A alimentação era feita duas vezes ao dia (9 e 16h), sem renovação de água. As médias foram submetidas à análise de variância e teste “F”, a um nível de significância de 5%. As médias foram comparadas pelo teste de tukey. O pacote estatístico usado foi o R (2013). Os resultados obtidos no experimento não mostraram diferenças significativas para peso final, crescimento de tecido, fator de condição corporal, ganho médio diário, biomassa e sobrevivência entre tratamentos. Conclui-se que a densidade de 118 peixes/ m³ por unidade experimental, criada em sistema de biofloco, apresenta melhor desempenho zootécnico nos juvenis de pacu.

Palavras-chave: Desempenho, Heterotróficos, Peixes, Sistema.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui a mais rica fauna de peixes de água doce do mundo. A ictiofauna brasileira compreende 2.300 espécies de água doce (número compilado do Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America, Reis et al., 2003), e muitas espécies têm sido tradicionalmente utilizadas ou apresentam potencial para a aquicultura.

A aquicultura é o segmento do mercado de alimentos que mais cresce em produção no país, ultrapassando até mesmo o faturamento da criação bovina. Segundo o relatório “O Estado Mundial da Pesca e Aquicultura”, produzido pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), lançado em 19 de maio de 2014, o peixe permanece entre os alimentos mais comercializados em todo o mundo. O pescado é um alimento que se destaca nutricionalmente quanto à quantidade e qualidade das suas proteínas, à presença de vitaminas e minerais e, principalmente, por ser fonte de ácidos graxos essenciais ômega-3 eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA).

O Pacu (*Piaractus Mesopotamicus*) é uma espécie que tem bom desenvolvimento, originalmente encontrado na Bacia Paraná, Paraguai e Uruguai (PETREIRE, 1989). Segundo Brandão et al. (2004), muitos fatores podem interferir na criação do pacu (*Piaractus Mesopotamicus*), entre outros destaca-se o fator de densidade de estocagem o qual deve ser o primeiro passo a ser definido.

O Tambacu é um híbrido alcançado através do cruzamento entre o macho pacu (*Piaractus Mesopotamicus*) e a fêmea tambaqui (*Colossoma Macropomum*), o qual manifesta hábito alimentar onívoro e possui a rusticidade e a resistência a baixas temperaturas do pacu e a precocidade do tambaqui (BRAGA et al., 2014) e se adequa a vários níveis de produção.

O desenvolvimento de sistemas de cultivo denominados “ZEAH”, (Zero Exchange, Aerobie, Heterotrophic Culture Systems), prezam pelo menor uso de água, racionalizando a emissão de efluentes para o ambiente, consequentemente agem atenuando o risco de danos ambientais (Burford et al. 2003).

Este tipo de sistema também pode ser denominado de bioflocos, já que existe a formação dos agregados microbianos, ricos em proteína e outros nutrientes, que podem ser utilizados como fonte de alimento para os organismos cultivados. O biofloco é uma associação de bactérias, microalgas, flagelados, ciliados, rotíferos e pequenos metazoários (Burford et al., 2004). A agregação é induzida através da manipulação da relação de carbono: nitrogênio do cultivo, mantendo essa relação entre 15 e 20:1 (Avnimelech, 2009). Nos bioflocos ocorrem os processos microbianos autotróficos e heterotróficos que atuam durante todo o tempo sobre a qualidade da água (Hargreaves, 2006).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de Pacu e Tambacu, submetidos a diferentes densidades utilizando um sistema sem renovação

de água, a fim de evitar o desperdício da mesma e que vise aumentar a produtividade contribuindo economicamente com a produção de pescado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Piscicultura e Aquicultura – LAPA, da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), no município de Dom Pedrito, com duração de 23 dias.

O experimento utilizou 360 juvenis sendo 180 de pacu (*Piaractus Mesopotamicus*) e 180 de tambacu (*Piaractus Mesopotamicus x Colossoma Macropomum*), com peso médio de $183g \pm 93,17g$, distribuídos aleatoriamente em 9 unidades experimentais, de acordo com os tratamentos. A alimentação foi ministrada 2 vezes ao dia (9 e 16h), na proporção de 5% da biomassa total inicial, após 10 dias foi ajustada para 2,5% até o final do experimento.

Para a formação dos bioflocos foi utilizado um inóculo e microalgas oriundos do Laboratório de Camarão Marinho, da Universidade Federal do Rio Grande – Furg.

Para manter a relação de carbono/nitrogênio (C/N), foi verificado três vezes na semana a quantidade de nitrito e amônia no sistema sendo que esta foi realizada em cada unidade experimental. Como a ração utilizada no cultivo possuía 40% de proteína, foi observada uma relação C/N próxima de 8:1, então foi necessária aplicação de uma fonte de carbono de modo a prover mais de 12:1 de C/N, nesse caso foi adicionado melaço líquido como fonte para se chegar à relação próxima 20:1.

O delineamento experimental foi composto por três tratamentos e três repetições onde foram utilizadas três densidades sendo elas: 59 peixes/m³ (20 animais por unidade experimental), 118 peixes/m³ (40 animais por unidade experimental), e 176 peixes/m³ (60 animais por unidade experimental).

Os parâmetros avaliados para estimar o desempenho zootécnico foram: ganho de peso, sobrevivência, crescimento, fator de condição corporal, ganho médio diário e biomassa.

Diariamente foi realizado o controle dos parâmetros físicos e químicos da água das unidades experimentais.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando três tratamentos e três repetições. As médias foram submetidas à análise de variância e teste “F”, a um nível de significância de 5%. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. O pacote estatístico utilizado foi o R (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável peso final observou-se que o tratamento com densidade de 118 peixes apresentou um peso médio final de $194,87 \pm 74,67$ g sendo que este também não apresentou nenhuma mortalidade em relação aos demais tratamentos que tiveram ganho de peso menores como o tratamento com 59 peixes ($186,63 \pm 69,80$ g) e 176 peixes ($184,79 \pm 78,18$ g), entretanto não ocorreu diferença significativa entre eles. Widanarni et al. (2012), ao estudarem a aplicação do sistema de bioflocos no cultivo de Tilápia Vermelha (*Oreochromis* sp.) nas densidades de 25, 50 e 100 peixes, encontraram o menor peso final de 129,03 g na densidade de 100 peixes.

Os resultados observados para a variável comprimento total final, ($P= 0,4262$), e comprimento padrão final, ($P= 0,2631$), ao final do experimento observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Podemos observar que na densidade com menor número de peixes neste experimento, ocorreu um crescimento uniforme, esse resultado pode ser devido a baixa competição por espaço e adaptação ao sistema de bioflocos.

O fator de condição corporal não apresentou diferença significativa ($P>0,05$) para todos os tratamentos testados 59 peixes ($2,08 \pm 0,88$); 118 peixes ($2,16 \pm 0,88$); 176 peixes ($2,18 \pm 0,91$), apresentando valores de condição corporal muito próximos para cada tratamento.

Para o parâmetro ganho médio diário o tratamento com densidade de 118 peixes apresentou um ganho médio diário de $0,57 \pm 4,49$ g, ou seja, maior ganho em relação aos demais tratamentos, porém, não ocorreu diferença significativa entre ele.

A variável biomassa não apresentou diferença significativa ($P= 0,6172$) entre os tratamentos, com média de $1,22 \pm 68,76$ g para o tratamento com 59 peixes, $13,27 \pm 103,43$ g para o tratamento com 118 peixes e $1,55 \pm 117,58$ para o tratamento com 176 peixes.

Barcellos et al. (2004), avaliaram o desempenho de juvenis de jundiá criados em tanques rede em três diferentes densidades de estocagem, 100, 200 e 300 peixes, concluíram que a menor densidade proporcionou melhor ganho de peso ficando em média de 60 g, diferente deste experimento, o qual obteve-se a maior biomassa no tratamento com 118 peixes.

A sobrevivência dos animais frente aos diferentes tratamentos testados obteve valores de 90% para o tratamento com 59 peixes, 100% para o tratamento com 118 peixes e de 98% para o tratamento com 176 peixes durante todo o período experimental.

Foi observada uma maior mortalidade de peixes no tratamento que continha menor densidade, e na espécie Tambacu, ou seja, talvez esta espécie não tenha se adaptado ao sistema de bioflocos tão bem como o Pacu. O sistema de bioflocos contribuiu para um melhor desempenho do pacu, corroborando com trabalhos realizados com outras espécies de peixes tais como tilápias (Azim and Little, 2008).

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que os juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Tambacu (*Piaractus Mesopotamicus* x *Colossoma Macropomum*), podem ser cultivados em sistema de bioflocos em diferentes densidades, sendo elas 59 peixes/m³, 118 peixes/m³ e 176 peixes/m³ por unidade experimental, porém a espécie pacu foi a que teve uma melhor adaptabilidade ao sistema de bioflocos.

REFERÊNCIAS

1. AVNIMELECH Y (2009) Biofloc Technology – A Practical Guide Book The World. Aquaculture Society Baton Rouge USA 182 p.
2. AZIM, M.E. & LITTLE, D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, v.283, Issues 1-4, p.29-35, 2008.
3. BARCELLOS, L. J. G.; KREUTZ, L. C.; QUEVEDO, R. M. et al. Nursery rearing of jundiá, *Rhandia quelen* (Quoy & Gaimard) incages: Cage type, stocking density and stress response to confinement. Aquaculture, v. 232, p. 383 – 394, 2004.
4. BRANDÃO, F. R., GOMES, L. C.; CHAGAS E. C.; ARAÚJO, L. D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanque rede. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.357 – 362, 2004.
5. BRAGA, L. G. T.; AZEVEDO, R. V.; CIPRIANO, F. S.; LIMA, K. S.; MAGALHÃES JUNIOR, F. O.; TONINI, W. C. T.; SANTOS, D. F. Inclusão de celulose em rações para juvenis de tambacu. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim; Salvador, v.15, n.4 p.947- 956 out./dez., 2014.
6. BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensive, zero exchange shrimp ponds in belize. Aquaculture, 219: 393-411.
7. BURFORD, M.A., THOMPSON, P.J., MCINTOSH, R.P., BAUMAN, R.H., PEARSON, D.C., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture 232, 525–537. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00541-6.
8. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. Roma: FAO.
9. HARGREAVES JA, (2006) Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Aquaculture Eng 34: 344–363.
10. PETRERE, M. JR. River Fisheries in Brazil: a review. Regulated Rivers: Research and Management, v.4 p. 1-16, 1989.
11. REIS, R.E., Z.M.S. LUCENA, C.A.S. LUCENA e L.R. MALABARBA. 2003. Peixes, p.117-145. In: C.S. FONTANA, G.A. BENCKE e R.E. REIS (ed.). 2003. Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, EDIPUCRS. 632p.

12. WIDANARNI; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia oreochromis sp. Cultured at different stocking densities. HAYATI Journal of Biosciences, v. 19, n.2, p. 73-80 2012.

“

Moduladores nutricionais para porcas gestantes e lactantes: revisão sistemática e meta-análise

▮ Lidiane Pescke **Pereira**
UEPG

▮ Cheila Roberta **Lehnen**
UEPG

RESUMO

Com o aumento da produtividade e da demanda nutricional pela fêmea suína, o uso de moduladores L-carnitina, L-arginina, cromo, somatotropina e ractopamina tem sido uma alternativa para melhorar os índices produtivos. Existem vários estudos sobre o uso dos moduladores nutricionais disponíveis na literatura. Entretanto, devido a variabilidade nas informações e a complexidade dos estudos envolvendo o tema torna necessária uma abordagem sistêmica. A meta-análise é uma das técnicas que podem ser utilizadas para analisar e sumarizar dados, combinando resultados de vários estudos para fazer uma síntese reproduzível e quantificável dos mesmos. Uma maneira de sumarizar os resultados de uma meta-análise é através do *forest plot* no qual é possível mostrar informações individuais de cada estudo e os resultados da meta-análise. Neste sentido, esta revisão apresenta os resultados da sistematização das informações e de meta-análise do uso de moduladores nutricionais no desempenho reprodutivo e das leitegadas de porcas em gestação e lactação.

Palavras-chave: Desempenho, *Forest Plot*, Meta-Análise, Nutrição, Suínos.

INTRODUÇÃO

O contínuo melhoramento genético das fêmeas suínas tem alavancado a suinocultura intensiva em produtividade nas granjas (AGRINESS, 2019). A maior prolificidade das porcas influencia em sua demanda energética e de nutrientes (FEYERA et al., 2018), e traz alguns efeitos indesejáveis, como leitões menores e a maior variabilidade de peso intraleitegada (FELDPAUSCH et al., 2019). Baseada nessa demanda, o uso de moduladores nutricionais em dietas de porcas tem sido uma alternativa para melhorar os índices produtivos e minimizar os impactos do catabolismo na condição corporal das fêmeas (GARBOSSA et al., 2015).

O baixo peso do leitão ao nascer pode acarretar maior taxa de mortalidade pós-natal e prejudicar o seu desempenho subsequente. Leitões menores apresentam baixa ingestão de leite e colostro, pois há disputa durante a mamada, e os leitões maiores levam vantagem ao competirem com leitões menores pelos melhores tetos, e consequentemente interferindo na imunidade passiva (GONDRET et al., 2006). Para reduzir a incidência de leitões com baixo peso ao nascimento é importante conhecer os fatores que influenciam diretamente nas exigências das fêmeas suínas durante cada fase da gestação e adicionar componentes na dieta que possam auxiliar no redirecionamento dos nutrientes. Existem vários tipos de aditivos que podem ser utilizados para melhorar o desempenho das porcas na gestação e lactação. Dentre os aditivos estão os moduladores nutricionais, que podem ser sintéticos de análogos hormonais como a somatotropina ou hormônio recombinante do crescimento suíno, (pST), ractopamina, (um beta-agonista), L-carnitina, L-arginina e cromo que tem a função de alterar a partição da energia e o fluxo de nutrientes em nível placentário e tecidual.

Diversos estudos feitos com porcas na gestação e lactação envolvendo o efeito da nutrição e o desempenho reprodutivo e dos leitões estão disponíveis na literatura. Mas muitas vezes são inconclusivos, contraditórios, apresentam resultados variados e os fatores de variação são pouco explorados. Além disso, devido a variabilidade nas informações e a complexidade dos estudos envolvendo o tema é necessária uma abordagem mais sistêmica. Integrar as informações em uma meta-análise, torna-se um desafio pois os fatores que interferem no desempenho produtivo e reprodutivo são inúmeros. Assim, compilar as informações relativas ao uso dos moduladores nutricionais (pST, ractopamina, L-carnitina, L-arginina e cromo) permite elucidar aspectos relacionados as exigências nutricionais, desempenho reprodutivo em porcas gestantes e lactantes e o impacto que exercem no desempenho das leitegadas. Considerando a diversidade de informações que envolvem o tema, viemos por meio desta revisão sistemática apresentar os principais efeitos do uso de moduladores nutricionais no desempenho reprodutivo e de leitegadas de porcas gestantes e lactantes.

META-ANÁLISE: ABORDAGEM SISTÊMICA E ANALÍTICA

A meta-análise é uma das técnicas que podem ser utilizadas para analisar e sumarizar resultados, combinando vários estudos para fazer uma síntese reproduzível e quantificável dos resultados (LOVATTO et al., 2007). Os objetivos são utilizar metodologias analíticas e estatísticas para explicar a variância dos resultados, utilizando fatores comuns aos estudos (JENKINS et al., 2005), obter novos resultados a partir de estudos já realizados, síntese de resultados contraditórios, aumentar a precisão analítica, melhorar a representatividade e obter um auxílio para a planificação e geração de uma nova hipótese (LOVATTO et al., 2007). Com o uso da meta-análise é possível otimizar os resultados obtidos em pesquisas anteriores, podendo ser um recurso para tomada de decisão, estudo de uma maior população, o que a campo poderia muitas vezes ser inviável, tudo isso sem depender de grande volume de recursos financeiros e da aprovação dos comitês de ética (LITTELL et al., 2000).

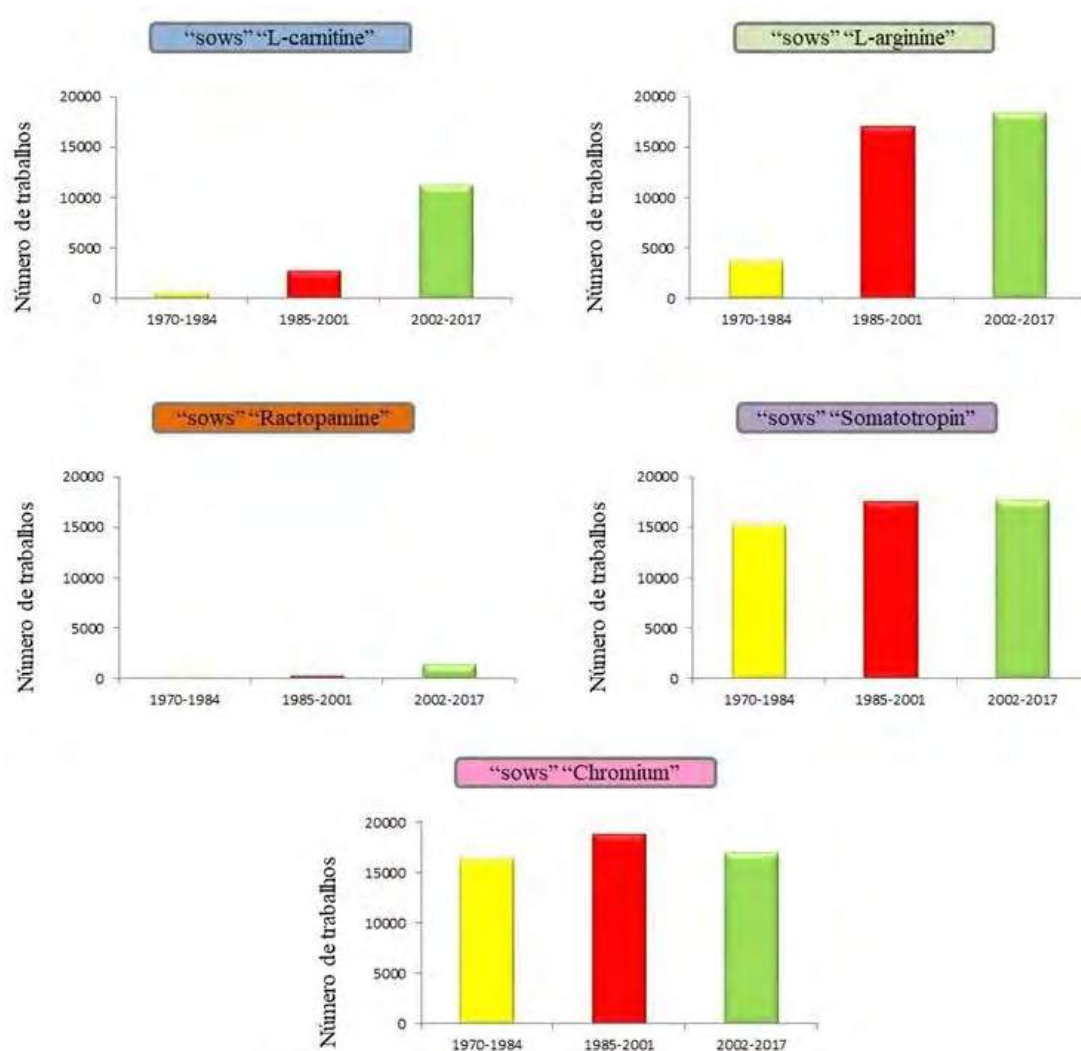
Na meta-análise são encontradas variações chamadas de heterogeneidade, e esta pode ser de origem clínica que se refere a variabilidade entre os participantes; metodológica onde há variabilidade entre os delineamentos dos estudos, entre as amostras (peso, sexo, idade, etc.) e tratamentos; ou de origem estatística, onde encontramos variabilidade nas medidas de efeito entre os diferentes estudos e é decorrente das variabilidades clínica, metodológica ou de ambas (HIGGINS E GREEN, 2008). Para identificar e avaliar a heterogeneidade, existem testes estatísticos baseados em modelos de efeito fixo ou de efeito aleatório e variam quanto à magnitude do poder estatístico, onde os modelos de efeito fixo possuem um poder estatístico maior quando comparados a modelos de efeito aleatório (MADEIRA, 2015). Para decidir qual o modelo mais adequado, é feita a avaliação do grau de heterogeneidade (I^2) (DERSIMONIAN E LAIRD, 1986). Uma meta-análise com valor $I^2 = 0\%$ indica que a variabilidade nas estimativas do tamanho de efeito é devido ao erro de amostragem dentro dos estudos. Uma meta-análise com $I^2 = 50\%$ significa que metade da variabilidade total entre os tamanhos de efeito não é causada por erro de amostragem, e sim pela heterogeneidade verdadeira entre os estudos (HIGGINS E GREEN, 2008).

Uma maneira de apresentar os resultados de uma meta-análise é o gráfico chamado *forest plot*, onde é possível mostrar informações individuais de cada estudo e os resultados da meta-análise (GRABER E VIG, 2012). O gráfico apresenta para cada estudo o efeito e intervalo de confiança. O efeito de cada estudo é representado por um símbolo (quadrado, círculo, triângulo, etc.). A linha horizontal representa o intervalo de confiança e, quanto maior a linha, maior é a variabilidade dentro do estudo. O losango ou diamante representa o resultado da meta-análise, se o losango estiver ao lado esquerdo da linha vertical significa que o resultado é sem efeitos ou negativo, e ao lado direito o resultado é positivo ou efeito aditivo.

A META-ANÁLISE E OS MODULADORES NUTRICIONAIS EM PORCAS GESTANTES E LACTANTES

Em uma pesquisa feita no Google Acadêmico, foram encontrados inúmeros trabalhos realizados entre os anos de 1970 e 2017, utilizando moduladores nutricionais na nutrição de porcas gestantes e lactantes (Figura 1). Os estudos englobam diferentes autores e instituições de pesquisa assim como, uma grande diversidade de respostas associadas às diferentes raças e linhagens genéticas de suínos. Com base nesse grande volume de informações, através da meta-análise podemos agrupar os estudos com fatores em comum e a partir disso, obter novos resultados considerando os efeitos dos moduladores nutricionais para porcas gestantes e lactantes.

Figura 1. Trabalhos utilizando moduladores nutricionais para porcas gestantes e lactantes.



Fonte: adaptado de PEREIRA (2017)

Esta revisão apresenta os resultados da revisão sistemática obtidos por PEREIRA (2017). No estudo em questão, a heterogeneidade estatística foi avaliada pelo I^2 , que descreve a proporção de variação total de estudos cruzados que é atribuível à heterogeneidade,

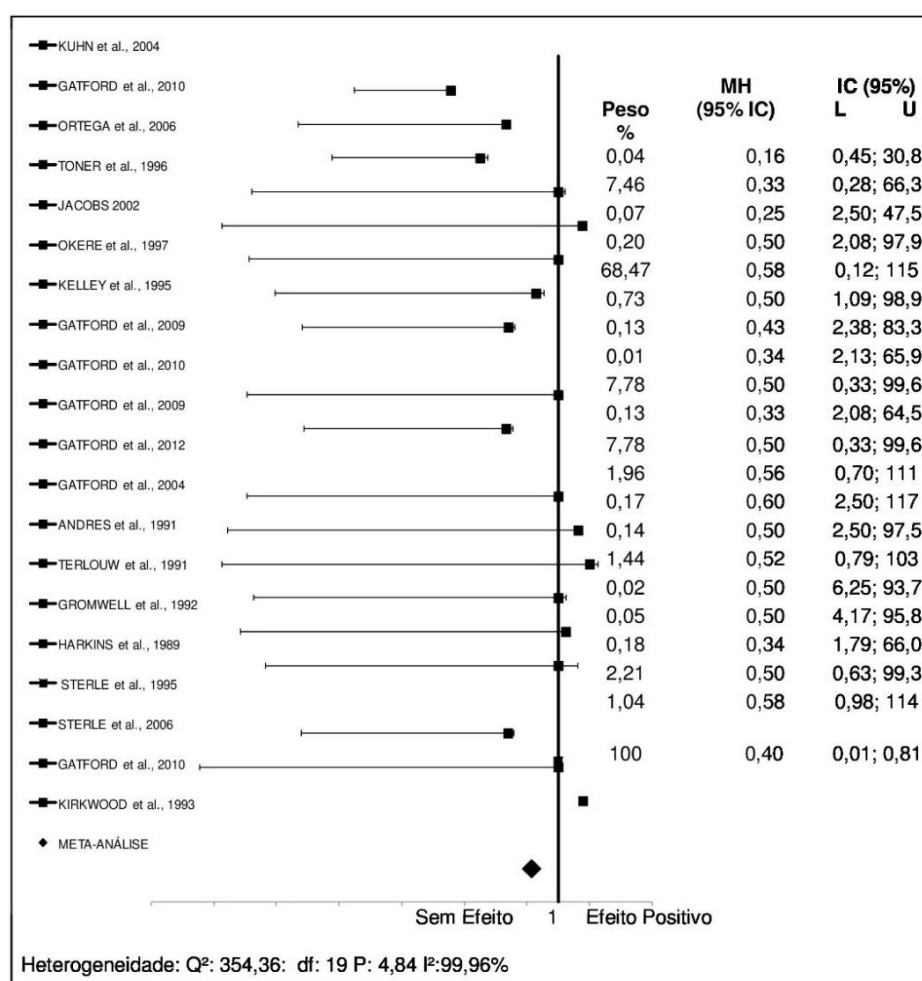
ou seja, variação inter estudo. Para avaliar essa heterogeneidade, os estudos foram avaliados quanto a apresentação de um efeito positivo ou não do aditivo estudado. Para isso, os dados foram integrados em um gráfico *forest plot* seguindo a metodologia proposta por Neyeloff et al. (2012).

Somatotropina porcina recombinante

O hormônio somatotropina suíno de origem recombinante (pST), é um composto modificador do metabolismo, utilizado principalmente em suínos em crescimento e em porcas em gestação e lactação (ZULUAGA et al., 2007). A pST é um hormônio proteico que contém aproximadamente 190 a 199 aminoácidos e tem ação direta sobre o crescimento dos animais (HOLDEN, 1994). A somatotropina tem a função de aumentar as respostas aos beta-adrenérgicos e assim reduzir a resposta à adenosina, também atua no transporte de glucose na membrana celular, alterando a expressão gênica e a atividade do transportador de glucose (BAUMAN et al., 1993). Além de aumentar o peso dos leitões, o tratamento com pST nas porcas durante a gestação é capaz de afetar o desenvolvimento dos mesmos após o desmame. Os efeitos positivos da administração de pST podem estar relacionados com a elevação dos níveis de IGF-I, que atua na proliferação e diferenciação das células miogênicas melhorando o crescimento dos leitões após o nascimento (MAGRI et al., 1991).

O gráfico “*forest plot*” indica o comportamento de 20 artigos que avaliaram o efeito da somatotropina em porcas gestantes e lactantes (Figura 2). O efeito dos estudos está apresentado pelas figuras de quadrados, a linha horizontal representa a variabilidade dentro do estudo, quanto maior a linha mais variabilidades são encontradas. O índice I^2 foi de 99,96% mostrando alta heterogeneidade entre os artigos. O losango ou diamante representa o resultado da meta-análise que mostrou-se significativa ($P < 0,05$) e sem efeitos, sugerindo que o uso de somatotropina para porcas em gestação e lactação não melhora os índices reprodutivos das fêmeas.

Figura 2. Efeito do uso de somatotropina sobre o desempenho de porcas em gestação e lactação.



Peso: Peso dos estudos na meta-análise, MH: Mantel-Haenszel, IC: Intervalo de confiança, L: lower, U: upper

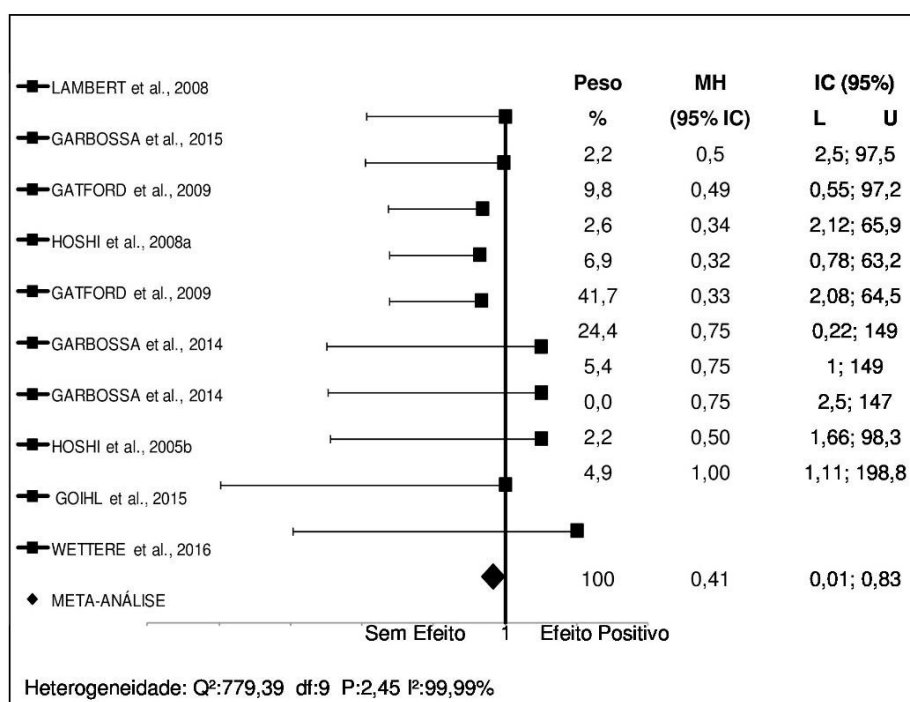
Em 5 artigos o aditivo mostrou efeitos positivos, mostrando que a administração de pST até os 100 dias de gestação aumentou o peso dos leitões ao nascer (GATFORD et al., 2009; GATFORD et al., 2010, GATFORD et al., 2012), promoveu aumento no ganho materno durante a gestação, maior número de leitões nascidos vivos e maior peso do leitão no desmame (GATFORD et al., 2012). Rehfeldt et al., (2001) observou ninhadas mais equilibradas, além de pesos ao nascimento superiores quando a pST foi administrada às mães do dia 10 a 27 de gestação. Esses resultados foram encontrados quando os estudos foram analisados separadamente, porém quando os resultados foram combinados dentro da meta-análise foi evidenciada resposta significativa ($P < 0,05$) porém sem efeitos aditivos do uso da pST em porcas gestantes e lactantes. Na maioria dos estudos avaliados não foram identificados resultados positivos da suplementação com a pST podendo ser explicado pela suplementação com os moduladores nutricionais ter ocorrido apenas na fase intermediária e final da gestação (superior a 50 dias), sendo provável que o efeito aditivo dos moduladores nutricionais possa ser verificado quando adicionado na fase inicial da gestação.

Ractopamina

A ractopamina é um agonista β adrenérgico, composto químico com estruturas análogas às catecolaminas que estimulam o catabolismo e inibem o anabolismo do tecido adiposo (MILLS, 2002). Os principais efeitos da ractopamina estão relacionados ao tecido muscular esquelético e à gordura corporal dos animais (RAMOS & NORONHA, 2001). No metabolismo proteico há um aumento da síntese proteica, principalmente da actina e miosina, e como consequência, há aumento da proporção de carne magra (BELLAYER, 1991).

O índice I^2 foi de 99,99%. A meta-análise mostrou-se significativa ($P < 0,05$) e sem efeitos, ou seja, quando combinados os resultados dos artigos, o resultado sugere que o uso de ractopamina para porcas em gestação e lactação não melhora o desempenho reprodutivo das porcas e suas leitegadas. Dos cinco moduladores estudados nesta meta-análise a ractopamina foi o que apresentou menor número de artigos encontrados e maior número de ausências de dados nos artigos. Nessa meta análise foram avaliados 10 artigos usando ractopamina (Figura 3), houve efeitos positivos em 4 estudos.

Figura 3. Efeito do uso de ractopamina sobre o desempenho de porcas em gestação e lactação.



Peso: Peso dos estudos na meta-análise, MH: Mantel-Haenszel, IC: Intervalo de confiança, L: lower, U: upper

Hoshi et al., (2005) verificou que a utilização da ractopamina em porcas em gestação, no período compreendido entre 25 e 50 dias, determinou um processo hiperplásico alterando o número de fibras ao nascimento, melhorando o desempenho pós-natal até a idade de abate. Gatford et al., (2009) avaliaram os efeitos da alimentação com ractopamina para as porcas na mesma fase de gestação e relataram um aumento de 9% no peso fetal, mas as porcas

tratadas com ractopamina tendiam a ganhar menos peso do que as do grupo controle. Porcas suplementadas com ractopamina apresentam um maior ganho de peso durante a gestação (FEILD, et al., 2008). Em 6 artigos não houve efeitos, Garbossa et al. (2015) utilizando 20 mg/kg de ractopamina para porcas dos 25 aos 53 dias de gestação, mostrou que a adição não interferiu no ganho de peso e na espessura de toucinho.

L-carnitina

A L-carnitina é uma amina quaternária (3-hidroxi-4-N-trimetilamino-butilato) sintetizada no organismo (fígado, rins e cérebro) a partir de dois aminoácidos essenciais: lisina e metionina, exigindo para sua síntese a presença de ferro, ácido ascórbico, niacina e vitamina B6 (COELHO et al., 2005). Tem função fundamental na geração de energia pela célula, pois age nas reações transferidoras de ácidos graxos livres do citosol para mitocôndrias, facilitando sua oxidação e geração de adenosina trifosfato (CERRETELLI et al., 2007). Um dos mecanismos de ação da L-carnitina está associado ao aumento nas concentrações de insulina e IGF no sangue durante a gestação. A insulina influencia na foliculogênese e desenvolvimento embrionário (MUSSER et al., 1999). No entanto, no metabolismo animal, a carnitina atua diretamente sobre a β oxidação dos ácidos graxos em nível mitocondrial podendo atuar sobre o metabolismo da glicose e aumentar a disponibilidade de energia (BIRKENFELD et al., 2006).

Para L-carnitina foram avaliados nessa meta-análise 22 artigos, onde 5 apresentaram efeito aditivo. Estudos feitos por Ramanau et al., (2004) indicam que a suplementação com L-carnitina em porcas gestantes e lactantes melhora a eficiência reprodutiva e o desempenho das leitegadas e aumenta o peso dos leitões ao nascer. A suplementação com L-carnitina na dieta das porcas pode aumentar o número de leitões nascidos totais e vivos (DOBERENZ et al., 2006). Já na lactação, a adição de L-carnitina aumenta a produção de leite, o conteúdo de energia e lactose, o ganho diário e peso ao desmame dos leitões (RAMANAU et al., 2004). Porém os efeitos não foram significativos ($P>0,05$). O índice I^2 foi de 85,79 % ($P<0,01$), indicando alta heterogeneidade entre os artigos (Figura 4). O losango na parte inferior do gráfico representa o efeito resultante da combinação dos diversos estudos indicando que L-carnitina não teve efeitos significativos ($P>0,05$) nas características de desempenho reprodutivo da porca e também para o desempenho de suas leitegadas. Outro efeito importante evidenciado nas revisões sistemáticas e abordado no *forest plot* é o peso (%) do estudo em relação a análise total. O valor em % indica a taxa de relevância ou contribuição do estudo em específico para a meta-análise. Neste sentido, é importante considerarmos que a quantidade de artigos utilizados em um meta-análise não pode ser um

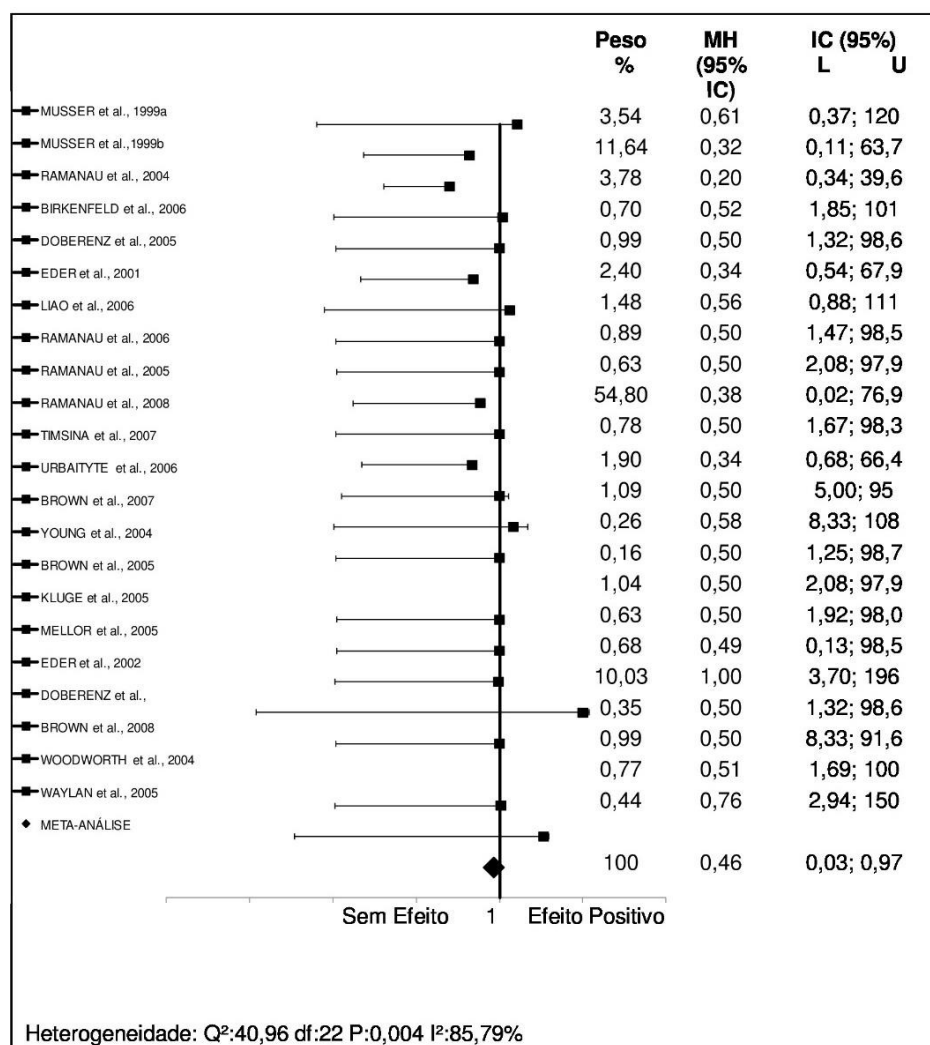
critério importante, e sim a contribuição do estudo baseada na sua população de animais utilizadas para o desenho experimental em questão.

Vários entraves foram encontrados nessa meta-análise, pois além da variabilidade metodológica entre os artigos, foi observada a ausência de dados e respostas nos artigos, principalmente quanto à condição corporal das porcas, o que dificultou a análise estatística, ou muitas vezes impediu que a análise fosse realizada já que é necessário um número mínimo de dados para que a mesma seja realizada. Para o modulador nutricional L-carnitina, não foi possível realizar a análise de espessura de toucinho ao parto pois em todos artigos tabulados na base de dados essa informação estava ausente, e essa é uma característica corporal muito importante, já que vai influenciar nas reservas corporais da porca durante a lactação e no seu desempenho reprodutivo subsequente (VIGNOLA 2009).

Os dados de ganho médio diário dos leitões após o nascimento também estavam ausentes para esse modulador, e essa informação é relevante para perceber a evolução do leitão do nascimento até o desmame. Foi observada também a ausência de dados referentes ao número de leitões desmamados e ao peso dos leitões ao desmame em todos os artigos, impossibilitando a análise estatística, sendo essas características cruciais para concluir se a suplementação com L-carnitina exerce ou não influência no desempenho das leitegadas das porcas suplementadas com esse modulador nutricional.

Outro aspecto observado para esse modulador foi quanto a energia metabolizável fornecida na ração, onde em 11 artigos essas necessidades não foram atendidas. Segundo o NRC (2012) e as Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2017) o que implica nos resultados dos experimentos, podendo prejudicar as conclusões dos mesmos. Além disso em 14 artigos essa informação não estava presente, ou seja, podendo gerar dúvidas quanto as exigências nutricionais das porcas serem atendidas.

Figura 4. Efeito do uso de L-carnitina sobre o desempenho de porcas em gestação e lactação.



Peso: Peso dos estudos na meta-análise, MH: Mantel-Haenszel, IC: Intervalo de confiança, L: lower, U: upper

L-arginina

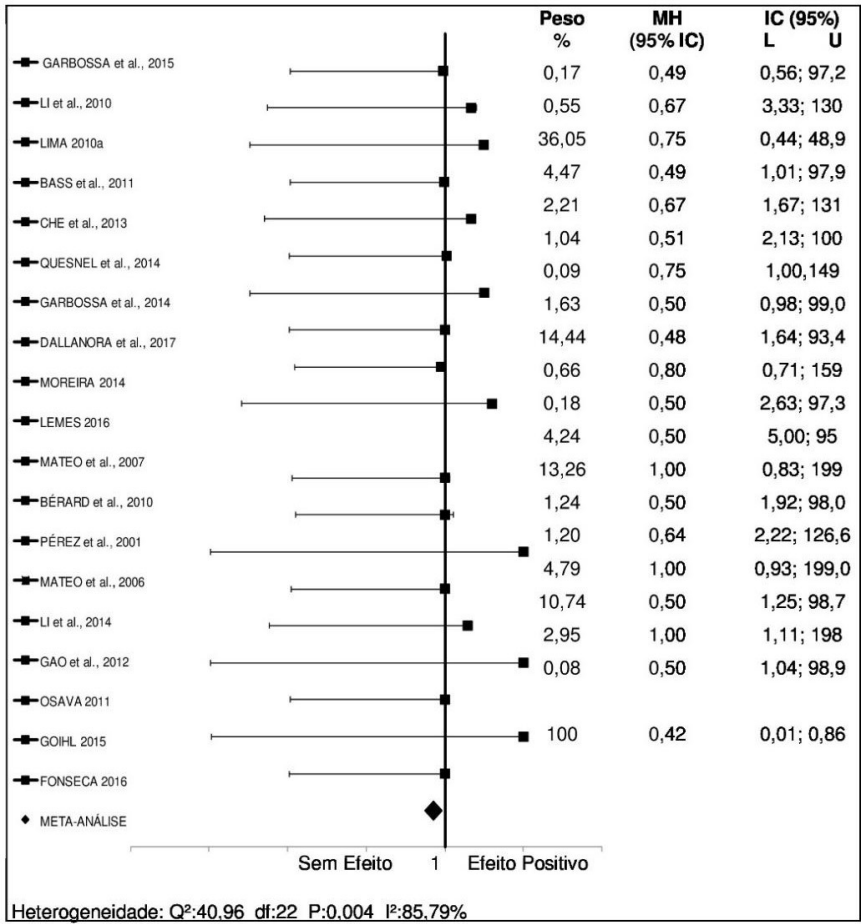
Durante a gestação, a porca necessita estar com uma condição corporal adequada para que ocorra a parição de uma leitegada numerosa e uniforme e não ocorram problemas durante o parto. A condição corporal pode ser manipulada por meio de ajustes nutricionais, como por exemplo a adição de aminoácidos que participam da síntese proteica muscular e funções metabólicas importantes no corpo do animal, dentre estes aminoácidos destaca-se a arginina (FONSECA, 2016). A arginina é um aminoácido essencial produzido no organismo, mas é produzido em quantidade insuficiente para todas as necessidades do animal, sendo assim necessária a suplementação (FLORA FILHO & ZILBERSTEIN, 2000).

A arginina serve de substrato para a síntese de proteína, age como intermediária no ciclo da ureia e como precursora na síntese de prolina, ornitina, poliaminas e óxido nítrico (KIM et al., 2007). A arginina é utilizada em diversas vias metabólicas, incluindo a síntese de óxido nítrico, poliaminas e creatina, sendo o óxido nítrico e as poliaminas essenciais ao

crescimento placentário e à angiogênese, podendo aumentar a disponibilidade de nutrientes para os fetos (ALMEIDA, 2009). As exigências de proteína e aminoácidos aumentam durante a gestação, devido ao crescimento dos fetos e estruturas relacionadas ao desenvolvimento da glândula mamária. Sendo assim para obter um melhor desempenho reprodutivo das porcas, leitegadas de maior peso e uniformidade, é necessária a suplementação de aminoácidos durante a gestação (FONSECA, 2016).

Para L-arginina foram avaliados 19 artigos nessa meta-análise (Figura 5), onde 10 artigos apresentaram efeitos positivos. Em 9 artigos não houve efeitos para as características de desempenho das porcas e suas leitegadas. O índice I^2 foi de 99,98% o que indica uma alta heterogeneidade. O losango na parte inferior indica que a meta-análise teve efeitos significativos ($P < 0,05$) e sem efeitos, indicando que o uso da L-arginina não alterou as características de desempenho reprodutivo da porca e o desempenho de suas leitegadas.

Figura 5. Efeito do uso de L-arginina sobre o desempenho de porcas em gestação e lactação.



Peso: Peso dos estudos na meta-análise, MH: Mantel-Haenszel, IC: Intervalo de confiança, L: lower, U: upper

Che et al., (2013) utilizaram arginina dos 30 aos 90 e dos 20 aos 114 dias de gestação e observaram que com a suplementação até os 114 dias de gestação o número de leitões natimortos diminuiu e aumentou o peso de leitegada total e viva, indicando vantagens do uso de arginina até o parto. Liu et al., (2012) utilizaram arginina dos 90 aos 107 dias de

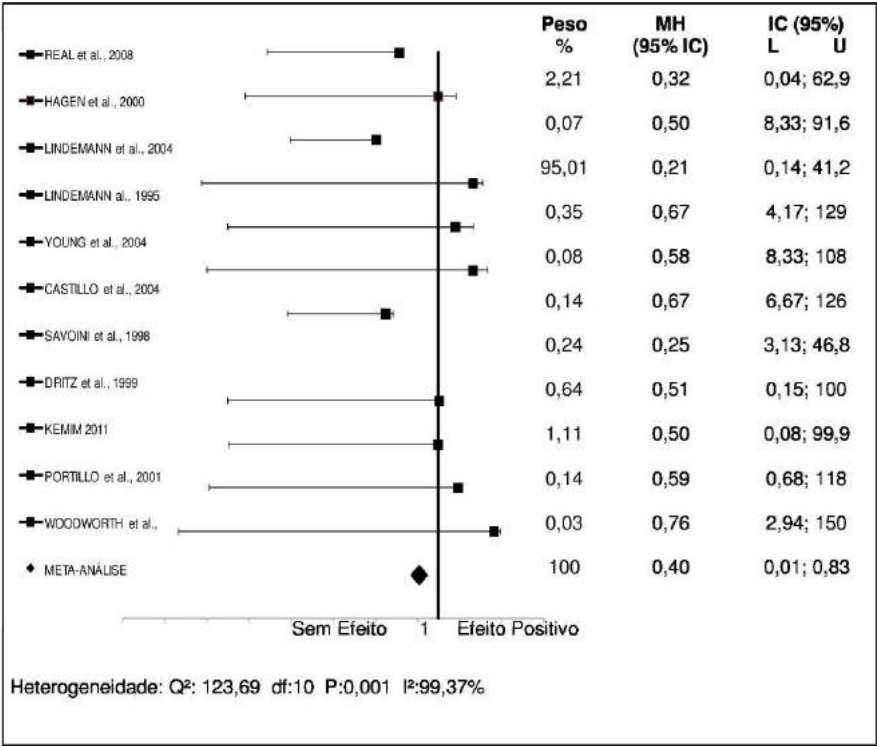
gestação e também perceberam uma redução no número de leitões natimortos e aumento no peso dos leitões nascidos vivos.

Cromo

O cromo na nutrição proporciona um incremento na sensibilidade celular à insulina, o que influencia o metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas (MERTZ, 1993). É considerado um modulador nutricional com potencial para aumentar a taxa de crescimento, melhorar a eficiência alimentar, porcentagem de carne magra na carcaça, a eficiência e a rentabilidade da produção (LINDEMANN et al., 1995). Aminoácidos como a metionina, histidina, além da vitamina C, favorecem a absorção do cromo no organismo animal (GARCÍA & GARNS, 2004). Já a excessiva quantidade de minerais no intestino como o zinco, ferro, vanádio e os fitatos podem inibir a absorção do cromo pelo organismo (GOMES et al., 2005).

Nessa meta-análise foram avaliados 11 artigos com suplementação de cromo (Figura 6). Houve efeitos aditivos em 6 estudos. A suplementação de cromo em porcas durante o ciclo reprodutivo, teve um efeito positivo sobre o tamanho da leitegada ao nascimento, bem como o peso do leitão ao desmame (LINDEMANN et al., 1995). A suplementação com picolinato de cromo aumentou o número de leitões nascidos vivos por ninhada, mas diminuiu o peso individual ao nascer do total de leitões nascidos (LINDEMANN et al., 2004).

Figura 6. Efeito do uso de Cromo sobre o desempenho de porcas em gestação e lactação.



Peso: Peso dos estudos na meta-análise, MH: Mantel-Haenszel, IC: Intervalo de confiança, L: lower, U: upper

Em 5 estudos foi observado que o cromo não causa efeitos no desempenho das porcas e suas leitegadas, Dritz et al., (1999) observou que não houve diferença no número total de leitões nascidos vivos de porcas suplementadas com picolinato de cromo. O índice I^2 foi de 99,37% indicando alta heterogeneidade entre os artigos estudados. A meta-análise se mostrou significativa ($P < 0,05$) e sem efeitos para as características de desempenho reprodutivo das porcas e suas leitegadas.

A obtenção de trabalhos utilizando cromo para porcas em gestação e/ou lactação foi difícil, pois existem poucos trabalhos utilizando esse modulador para porcas. Os principais entraves encontrados para o cromo foram de diversidade metodológica e a falta de dados. Essas condições podem explicar a ausência integrada dos efeitos na meta-análise. Pela ausência de dados nos artigos não foi possível analisar as variáveis peso vivo à cobertura, espessura de toucinho no início e final da gestação e também ao parto. A falta desses dados implica em resultados inconclusivos quanto ao desempenho das porcas, já que essas características corporais não foram mensuradas nos artigos, dificultando assim uma tomada de decisão quanto o uso ou não desse modulador nutricional para as porcas em gestação e/ou lactação.

É importante considerarmos que a meta-análise, devido a sua variabilidade de formas de integrar as informações, permite resultados diferenciados. Essa condição foi verificada em um estudo recente realizado por Pereira et al. (2020) que adotou a metodologia proposta por Lovatto et al. (2007) definindo um modelo estatístico baseado nas variáveis dependentes e independentes e de Sauvante et al. (2008) que considera através das codificações os efeitos intra e inter estudos como aleatórios no modelo estatístico. Baseada nesta abordagem analítica verificamos que a metodologia de Higgins e uso do *forest plot* são essenciais como avaliarmos a heterogeneidade dos artigos e auxiliam na elaboração dos critérios para a análise dos dados. Entretanto, sua abordagem não permite quantificar as respostas de forma mais abrangente. A meta-análise quantitativa realizada por Pereira et al. (2020) com estes mesmos estudos abordados nesta revisão sistemática evidenciou que as respostas da condição corporal da porca em relação à composição nutricional das dietas não são fornecidas uniformemente em estudos com moduladores nutricionais, o que torna impossível tirar conclusões sobre o uso eficiente desses aditivos para ajustes nutricionais em porcas gestantes e lactantes. Existe sim, uma melhora no desempenho das leitegadas de porcas alimentadas com dietas suplementadas com L-carnitina, L-arginina, cromo e somatotropina, durante a gestação e lactação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dessa revisão e meta-análise pode ser observado que nem sempre as exigências nutricionais das porcas são atendidas, e essa carência nutricional pode afetar o desempenho produtivo das porcas e também o mecanismo de ação dos moduladores nutricionais. Os estudos sobre o uso de moduladores nutricionais encontrados na literatura são pouco explorados quanto a condição corporal e nutricional, o que impossibilita conclusões sobre o uso adequado destes aditivos para ajustes nutricionais em porcas gestantes e lactantes. Entretanto, os moduladores nutricionais L-carnitina, L-arginina, cromo e somatotropina melhoram o desempenho produtivo das porcas e de suas leitegadas.

■ REFERÊNCIAS

1. AGRINESS. Relatório Anual do Desempenho da Produção de Suínos 2019. Disponível em: < https://melhores.agriness.com/wpcontent/uploads/2020/05/relatorio_melhores_suinocultura_agriness12ed-2019.pdf > Acesso: 22 set. 2020.
2. ALMEIDA, F. R. C. L. Influência da nutrição da fêmea sobre a qualidade do leitão ao nascer Sow. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37, n. Supl 1, p. 31–34, 2009.
3. BAUMAN D.E, et al., Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. **Annual Review Nutrition**. v.13, p.437-461, 1993.
4. BELLAVER, C. O. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre as características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Brasileira**, p. 1795-1802 , 1991.
5. BIRKENFELD, C. et al. Effect of l-carnitine supplementation of sows on l-carnitine status, body composition and concentrations of lipids in liver and plasma of their piglets at birth and during the suckling period. **Animal Feed Science and Technology**, v. 129, n. 1–2, p. 23–38, 2006.
6. CERRETELLI, C. M. L-Carnitine supplementation in humans: The effects on physical performance. **Physiology and Biochemistry**, v. 13, n. 12, p. 103–109, 2007.
7. CHE, L. et al. Effects of dietary arginine supplementation on reproductive performance and immunity of sows. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 4, p. 167–175, 2013.
8. COELHO, C. D. F. et al. Aplicações clínicas da suplementação de L-carnitina. **Revista de Nutrição**, v. 18, n. 5, p. 651–659, 2005.
9. DERSIMONIAN R, LAIRD N. Meta-Analysis in Clinical Trials. **Elsevier Science**, 1986.
10. DOBERENZ, J. et al. Effects of L-carnitine supplementation in pregnant sows on plasma concentrations of insulin-like growth factors, various hormones and metabolites and chorion characteristics. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 90, n. 11–12, p. 487– 499, 2006.
11. DRITZ S.S, et al., Effects of chromium picolinate on body composition. **Jounal Sports Medicine and Physiology Fitness**, v. 35, n. 4, p. 273–280, 1999.

12. FEILD, K.L., HARP R.M., LAMBERT B.D., MCGREGOR K.W., The Effects of Feeding Ractopamine Hydrochloride To Show-type Gilts On Growth Characteristics and Reproductive Performance. **The Texas Journal of Agriculture and Natural Resource** p.21:50-59, 2008.
13. FELDPAUSCH, J.A., JOURQUIN, J., BERGSTROM, J.R. et al. Birth weight threshold for identifying piglets at risk for preweaning mortality. **Translational Animal Science**, v.3, p.633– 640, 2019.
14. FEYERA, T.; PEDERSEN, T. F.; KROGH, U.; FOLDAGER, L.; THEIL, P. K. Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 6, p. 2320-2331. 2018.
15. FLORA FILHO, R.; ZILBERSTEIN, B. Óxido nítrico: o simples mensageiro percorrendo a complexidade. Metabolismo, síntese e funções. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 265–271, 2000.
16. FONSECA, L. Arginina na nutrição de matrizes suínas gestantes e seus efeitos sobre a prole, **Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras**, Lavras, 2016.
17. GARBOSSA, C. A. P. et al. Effects of ractopamine and arginine dietary supplementation for sows on growth performance and carcass quality of their progenies. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 6, p. 2872–2884, 2015.
18. GARCÍA, A. G. P.; GARNES. Papel del cromo y del cinc en el metabolismo de la insulina. **Revista Médica del IMSS**, v. 42, n. 4, p. 347–352, 2004.
19. GATFORD, K. L. et al. Maternal low-dose porcine somatotropin treatment in late gestation increases progeny weight at birth and weaning in sows but not in gilts. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 5, p. 1428–1435, 2012.
20. GATFORD, K. L. et al. Maternal responses to daily maternal porcine somatotropin injections during early-mid pregnancy or early-late pregnancy in sows and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 4, p. 1365–1378, 2010.
21. GATFORD, K. L. et al. Responses to maternal GH or ractopamine during early-mid pregnancy are similar in primiparous and multiparous pregnant pigs. **Journal of Endocrinology**, v. 203, n. 1, p. 143–154, 2009.
22. GOMES, R. G.; MACEDO. M, R. M.; TIRAPEGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 5, p. 262–266, 2005.
23. GONDRET, F. et al. Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs 1, 2. p. 93–103, 2006.
24. GRABER, L. W.; VIG, K. W. L. **Ortodontia: Princípios e Técnicas Atuais**. Rio de Janeiro – RJ:Elsevier Brasil, 2012.
25. HIGGINS J. P.T, THOMPSON S.G, DEEKS J.J, ALTMAN D.G. Measuring inconsistency in meta-analyses. **BMJ**, v.327, p. 557-560, 2003.
26. HIGGINS, J.P.T, GREEN S. **Cochran handbook for systematic reviews of interventions**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2008.
27. HOLDEN, P. J. Porcine Somatotropin (pST). **Biotechnology Information Series.**, 1994.

28. HOSHI, E. H. et al. Muscle fiber number and growth performance of pigs from sows treated with ractopamine. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 18, n. 10, p. 1492–1497, 2005.
29. JENKINS, S. et al. A meta-analysis of campaign contributions' impact on roll call voting. **Social Science Quarterly**, v. 86, n. 1, p. 52–68, 2005.
30. KIM, S. W. et al. Functional amino acids and fatty acids for enhancing production performance of sows and piglets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 20, n. 2, p. 295–306, 2007.
31. LINDEMANN, M. D. et al. A regional evaluation of chromium tripicolinate supplementation of diets fed to reproducing sows. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 10, p. 2972–2977, 2004.
32. LINDEMANN, M. D. et al. Dietary chromium picolinate additions improve gain : feed and carcass characteristics in pigs and increase litter size in reproducing sows. **Journal of Animal Science**, p. 457–465, 1995.
33. LITTELL J. H., C. J. AND P. Overview of statistical methods for disease mapping and its relationship to cluster detection. **Spatial Epidemiology: Methods and Applications**, p. 87–103, 2000.
34. LIU, X. D. et al. Effects of dietary l-arginine or N-carbamylglutamate supplementation during late gestation of sows on the miR-15b/16, miR-221/222, VEGFA and eNOS expression in umbilical vein. **Amino Acids**, v. 42, n. 6, p. 2111–2119, 2012.
35. LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.
36. MADEIRA, K. Importância da heterogeneidade em meta-análises e acurácia da mesotelina no diagnóstico de câncer de ovário. **2015, 98 f. Dissertação (Doutorado em Ciências da saúde)** Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2015.
37. MAGRI K.A., EWTON D.Z. & FLORINI J.R. The role of the IGFs in myogenic differentiation. In: Raizada M.K. & Le Roith D. (Eds). **Molecular Biology and Physiology of Insulin-like Growth Factors**. New York: Plenum Press, p.57-76, 1991.
38. MERTZ, W. Chromium in human nutrition: A review. **The Journal of nutrition**, v. 123, n. 4, p. 626–33, 1993.
39. MILLS, S. Biological basis of the ractopamine response. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. E28–E32, 2002.
40. MUSSER R.E, DRITZ S.S, GOODBAND R.D, et al., Additional L-carnitine in the gestating sow diet improves carcass characteristics of the offspring. **Swine Day**, p.37-40, 1999.
41. NEYELOFF, J. L.; FUCHS, S. C.; MOREIRA, L. B. Meta-analyses and Forest plots using a microsoft excel spreadsheet: step-by-step guide focusing on descriptive data analysis. n. **Mix**, 2012.
42. NUTRIENT REQUIREMENTS OF SWINE. Revised Edition. **The National Academic Press**, Washington, DC, USA, 2012.

43. PEREIRA, L. P. Estudo meta-analítico de moduladores nutricionais para porcas gestantes e lactantes, **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2017.
44. PEREIRA, L. P., HILGEMBERG, J. O., MASS, A. P. H., LEHNEN, C. R. Implications of nutritional modulators in productive performance of pregnant and lactating sows. **Livestock Science**, v.232, p.103919, 2020.
45. RAMANAU, A. et al. Supplementation of sows with L-carnitine during pregnancy and lactation improves growth of the piglets during the suckling period through increased milk production. **The Journal of nutrition**, v. 134, n. 1, p. 86–92, 2004.
46. RAMOS, F.; NORONHA, I. Agonistas adrenérgicos β 2 e produção animal: III -Efeitos zootécnicos e qualidade da carne a β 2 - Adrenergic agonists and animal production: **III – Zootechnical effects and meat quality** a. n. 2000, p. 99–110, 2001.
47. REHFELDT, C. et al. Maternal treatment with somatotropin during early gestation affects basic events of myogenesis in pigs. **Cell and Tissue Research**, v. 306, n. 3, p. 429–440, 2001.
48. ROSTAGNO, H. S. et. al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4a edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 488p, 2017.
49. SAUVANT, D., et al. 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal** 2, 1203–1214.
50. VIGNOLA, M. Sow feeding management during lactation. London Swine Conference. **Tools of the Trade**, p.107–117, 2009.
51. ZULUAGA E et al. Somatotropina porcina exógena (STp) y su relación con los aminoácidos de la dieta en cerdos de finalización. **Revista Lasallista de Investigación**, v. 4, n. 2, p. 32–36, 2007.

“ Óleo essenciais e funcionais para leitões lactantes e em creche: saúde intestinal e desempenho

▮ Anna Paula Holzmann **Mass**
UEPG

▮ Letícia Galvão **Matoso**
UEPG

▮ Vitória **Weege**
UEPG

▮ Edilson **Andrade**
UEPG

▮ Cheila Roberta **Lehnen**
UEPG

RESUMO

A fase de desmame dos leitões é uma das fases mais críticas dentro da suinocultura. De forma geral os leitões são desmamados com 21 até 28 dias, porém o seu trato digestivo ainda se encontra imaturo, dificultando a adaptação a dieta sólida. Por esses motivos os antibióticos são muito utilizados nesta fase, diminuindo os problemas digestivos dos animais, porém devido a seu uso indiscriminado, há uma grande preocupação com a resistência bacteriana. O uso de alternativas aos antibióticos vem sendo muito pesquisado nos últimos anos, e os óleos funcionais e essenciais são considerados alternativas promissoras. Esta revisão traz uma abordagem aprofundada sobre a morfologia intestinal, aspectos fisiológicos e de resposta imunológica para compreendermos o conceito de “saúde intestinal” dos leitões e sua relação com o uso de óleos essenciais e funcionais. O uso de óleos essenciais e funcionais em dietas para leitões lactentes e em creche apresentam resultados promissores na saúde intestinal através da modulação da microbiota e atividade imunomoduladora trazendo benefícios na arquitetura das vilosidades e criptas. Os antibióticos ainda são mais efetivos que óleos funcionais desempenho de leitões em creche. Através da meta-análise é possível identificar lacunas de conhecimento e os benefícios dos óleos funcionais e essenciais para leitões em creche.

Palavras-chave: Desempenho, Microbiota, Morfologia Intestinal, Imunidade.

INTRODUÇÃO

A fase do desmame dos leitões é de extrema importância, devido ao fato de ser uma fase crítica na vida desses animais. Os mesmos são submetidos a diversos fatores estressantes, sendo eles a retirada da mãe e do leite, que até então era sua fonte principal de nutrição, além da mudança ambiental e social (HÖTZEL et al., 2011). De forma geral, os leitões são desmamados entre os dias 21 e 28 de vida, período em que seu trato digestivo ainda se encontra prematuro, fazendo com que seja mais difícil sua adaptação as novidades impostas, podendo comprometer o seu desempenho, assim como a estruturação das criptas e vilosidades, e alterações na microbiota intestinal (WEARY et al., 2008; CAMILLERI et al., 2012).

Os antibióticos estavam sendo utilizados como forma de promotores de crescimento, garantindo a saúde do trato gastrointestinal fazendo a prevenção de doenças intestinais causadas pelo estresse no período de desmame (FANG et al., 2009). Porém, devido ao seu uso indiscriminado, verificou-se uma resistência bacteriana aos mesmos (ZHAI et al., 2018). Com isso, desde janeiro de 2006 a União Europeia proibiu seu uso na produção suinícola como promotor de crescimento (XU et al., 2018). A partir das medidas tomadas, vem sendo pesquisado alternativas ao uso dos antibióticos, dentre elas, os óleos essenciais e funcionais.

Os óleos funcionais são líquidos voláteis que podem ser extraídos de flores, galhos, raízes, frutas e folhas (OMONIJO et al., 2018). São classificados como compostos que possuem atividade energética, mas que além disso, podem possibilitar atividades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias (CHENG et al., 2017). Estes óleos são compostos em sua maioria por terpenos e derivados de fenilpropano. O timol e o carvacrol constituem cerca de 78 a 82% do total dos óleos utilizados (JANCZYK et al., 2009). Dentre os seus benefícios, estudos indicam um estímulo na microbiota intestinal e competição com microrganismos patogênicos e um melhor aproveitamento dos nutrientes (XU et al., 2018). O uso de óleos funcionais em leitões de creche tem apresentado resultados promissores quanto a digestibilidade de nutrientes, morfometria e microbiota intestinal contendo timol e carvacrol (XU et al., 2018). Neste sentido, esta revisão trará uma abordagem aprofundada sobre a morfologia intestinal, aspectos fisiológicos e de resposta imunológica para compreendermos o conceito de “saúde intestinal” dos leitões e sua relação com o uso de óleos essenciais e funcionais.

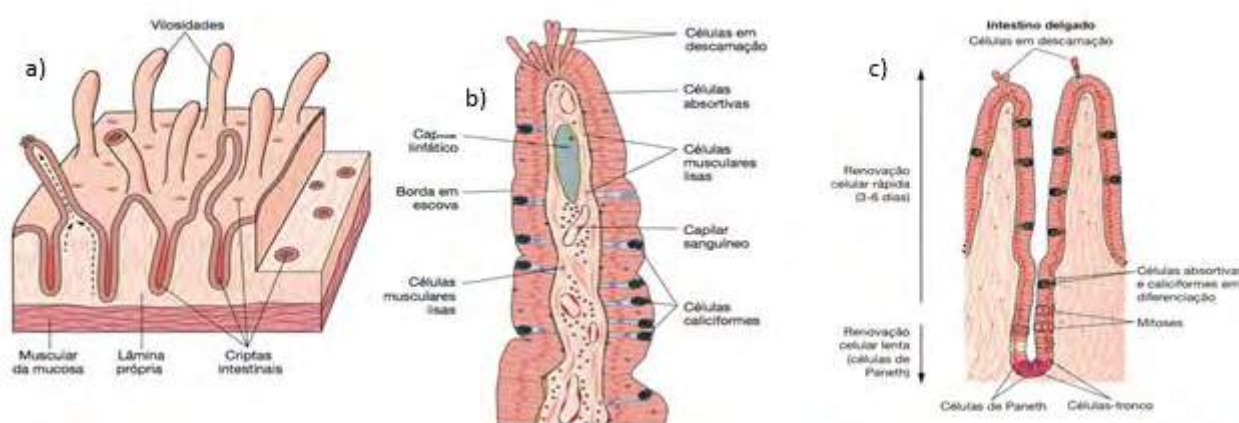
ÓLEOS ESSENCIAIS E FUNCIONAIS PARA LEITÕES LACTENTES E EM CRECHE

Fisiologia digestiva e saúde intestinal

O intestino delgado dos suínos possui algumas camadas principais: mucosa, submucosa, muscular e serosa. A mucosa é composta de muscular da mucosa, lâmina própria e epitelial. Na figura 1 são apresentadas as estruturas do intestino delgado. A muscular da mucosa interna fica disposta ao longo do intestino, enquanto a camada externa o circunda (figura 1a). São encontrados neurônios do sistema nervoso entérico e endócrino ao longo da lâmina própria, assim como, células do sistema imune (placas de Peyer, vasos sanguíneos e linfáticos). Os enterócitos formam uma camada única epitelial, e são ligados por junções firmes. A partir desta camada única, que se projeta para dentro do lúmen, são formados os vilos, e na base dos mesmos, se formam as criptas de Lieberkuhn. Em suínos, o comprimento dos vilos aumenta do duodeno até a porção média do jejuno e diminui na porção final do íleo (DANIEL et al, 2014).

Duas membranas celulares formam os enterócitos, uma apical, que possui sua superfície para luz intestinal e a outra basolateral, que é para a lâmina própria (figura 1b). A apical, possui microvilosidades e comumente é chamada de bordadura em escova (referência a aparência microscópica), na qual pode aumentar a área de superfície para absorção de nutrientes. Em leitões, a taxa de renovação epitelial é alta podendo ser totalmente renovada entre 3 a 4 dias (DANIEL et al, 2014). Essa alta taxa de renovação celular é responsável pela defesa inata do organismo contra ameaças luminas como bactérias intestinais (figura 1c). O turnover das células epiteliais e a atividade secretora podem ser afetados pelo número e tipos de bactérias gastrointestinais. As funções de defesa inata são proporcionadas através da eficiência do crescimento do animal (CHOWDHURY et al., 2007).

Figura 1. Diagramas que ilustram a estrutura do intestino delgado. a). O intestino delgado em aumento pequeno. Devido à atividade mitótica constante das células localizadas nas criptas e migração destas células em direção à superfície, o epitélio intestinal é constantemente renovado. Observe as criptas intestinais. b). As criptas intestinais são revestidas por epitélio intestinal e células caliciformes (porção superior). Na porção inferior, células epiteliais imaturas são frequentemente observadas em mitose; observe também as células de Paneth e células enteroendócrinas. À medida que células imaturas migram, elas se diferenciam. Proliferação e diferenciação celular ocorrem simultaneamente nas criptas. c). O diagrama da vilosidade mostra o revestimento epitelial colunar com sua borda em escova, um número moderado de células caliciformes e de linfócitos intraepiteliais (não representados). Capilares sanguíneos, um capilar linfático, células musculares lisas e linfócitos podem ser observados na lâmina própria. Células estão sendo descamadas na superfície do vilo. (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017).



Duas membranas celulares formam os enterócitos, uma apical, que possui sua superfície para luz intestinal e a outra basolateral, que é para a lâmina própria. A apical, possui microvilosidades e comumente é chamada de bordadura em escova (referência a aparência microscópica), na qual pode aumentar a área de superfície para absorção de nutrientes. Em leitões, a taxa de renovação epitelial é alta podendo ser totalmente renovada entre 3 a 4 dias (DANIEL et al, 2014). Essa alta taxa de renovação celular é responsável pela defesa inata do organismo contra ameaças luminasais como bactérias intestinais. O turnover das células epiteliais e a atividade secretora podem ser afetados pelo número e tipos de bactérias gastrointestinais. As funções de defesa inata são proporcionadas através da eficiência do crescimento do animal (CHOWDHURY et al., 2007).

O intestino grosso (IG), não possui em sua mucosa epitelial vilos, mas sim pequenas projeções de epitélios colunares, com borda estriada que contém microvilos. O intestino grosso não possui a função de secreções digestiva, porém possuem uma grande quantidade de células caliciformes, que secretam muco, auxiliando na lubrificação. A renovação desta porção intestinal ocorre entre 4 a 8 dias (DANIEL et al, 2014). O IG possui como função proporcionar condições para o desenvolvimento microbiano e reabsorção de água e eletrólitos (DANIEL et al., 2014).

A mucosa do trato gastrointestinal é diariamente exposta a uma quantidade imensa de antígenos, provenientes dos alimentos ingeridos, bactérias, vírus, entre outros. O epitélio que reveste o lúmen do intestino, tem funções conflitantes, possui o papel importante de digestão e absorção de nutrientes, porém, ao mesmo tempo, desempenha um papel de barreira de organismos entre o meio interno e externo. Em circunstâncias fisiológicas, o epitélio, permite que somente uma pequena quantidade de antígenos atravessem a mucosa, para que possam interagir com o sistema imune da mucosa. Durante uma enfermidade, como a doença inflamatória intestinal, a penetração excessiva de antígenos através da camada epitelial pode resultar em estimulação imunológica inadequada, levando à inflamação gastrointestinal crônica (SODERHOLM; PERDUE, 2001). Os microrganismos presentes no intestino grosso podem realizar a digestão do conteúdo que não pode ser digerido no intestino delgado, podendo gerar ácidos graxos de cadeia curta, disponibilizando energia ao animal (DANIEL et al., 2014).

A principal função do sistema gastrointestinal é digerir e assimilar os nutrientes contidos nos alimentos. Estes são utilizados para manutenção basal corporal e reparo de tecidos, além do crescimento tecidual (muscular e adiposo). Para que os processos de digestão e absorção ocorram devidamente no intestino delgado, algumas condições devem ser atendidas (manutenção do pH, equilíbrio de microflora, entre outros). Cabem às secreções do

intestino auxiliar neste aspecto, de forma a neutralizar o pH ácido do quimo proveniente do estômago, lubrificar o quimo e deixar o meio aquoso (DANIEL et al., 2014).

Para garantir a saúde dos suínos, a função do epitélio intestinal, que é a de atuar como uma barreira entre o ambiente externo e o interno do intestino, deve estar em equilíbrio (CAMILLERI et al, 2012). A microbiota intestinal e o estado de imunidade dos animais são fatores que de maneira importantíssima influenciam na função da barreira intestinal (IVANOV; LITTMAN, 2011). Quando há alterações na microbiota do intestino, isto pode resultar em aumento do estímulo imunológico, desregulação epitelial causando aumento da permeabilidade da mucosa (LITTMAN; PAMER, 2011). O aumento da permeabilidade intestinal é uma das causas em potencial de patologias gastrointestinais, disfunções de alguns órgãos, translocação bacteriana, entre outros problemas (CAMILLERI et al, 2012). A manutenção da integridade da barreira intestinal é crucial para a homeostasia intestinal e do organismo como um todo, seu comprometimento está associado a doenças gastrintestinais e sistêmicas. Patógenos frequentemente exercem efeitos gastrintestinais, como enfraquecimento das junções entre as células, permitindo sua translocação e a ativação de sinais inflamatórios ou o estabelecimento de lesões inflamatórias locais (KENNY et al., 2011).

O intestino possui diversas barreiras físicas, fisiológicas, enzimáticas e imunológicas, sendo controladas neuro-hormonalmente, sendo assim, susceptível a qualquer agente estressor. A camada de células epiteliais contínuas, interligadas por junções estreitas, restringe a permeação celular de moléculas, constituindo assim o principal componente da barreira intestinal. Além disso, o epitélio exerce uma importante defesa fisiológica pela secreção de líquido e muco, juntamente com IgA secretora, no lúmen para diluir, lavar e ligar substâncias nocivas. (SODERHOLM; PERDUE, 2001).

O Microbioma e a resposta imune

Inúmeros fatores influenciam a diversidade e a atividade da microbiota do trato gastrointestinal. Entre eles, a colonização associada a população microbiana, idade do suíno, meio ambiente, agentes antimicrobianos, composição da dieta, uso de aditivos alimentares, o método de processamento da ração, carga de doenças, desmame, estação do ano, estresse e genética.

A microbiota desempenha papel fundamental na saúde e crescimento dos animais, diminuindo doenças inflamatórias, imunes e infecciosas (MULDER et al 2009). A microbiota está intimamente envolvida na relação entre as bactérias entéricas e o hospedeiro, com a química e a distribuição de sítios de ligação bacteriana nas superfícies mucosas do intestino desempenhando papéis importantes na determinação da suscetibilidade do hospedeiro e tecido e no desencadeamento de respostas do hospedeiro, especialmente em animais

jovens (CELLI et al, 2017). Parte da discussão em relação à microbiota e à saúde intestinal concentra-se em bactérias “boas” versus “ruins” e seu impacto na estrutura e função do trato gastrointestinal de leitões, porém a presença ou ausência de um organismo patogênico pode não necessariamente predizer que a doença ocorrerá, a menos que a população prolifere a ponto de sobrecarregar a população microbiana geral (PLUSKE; TURPIN; KIM 2018). O microbioma, que é representado pela informação genômica da microbiota, representa um compromisso entre a funcionalidade da barreira, síntese de nutrientes e melhor aproveitamento energético dos alimentos (CELLI et al, 2017; PLUSKE; TURPIN; KIM 2018).

A colonização microbiana do intestino do leitão começa imediatamente após o nascimento. Colonização inicial por *Escherichia coli* e *Streptococcus spp.* cria um ambiente anaeróbico para colonizadores subsequentes como *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium* e *Lactobacillus*. Os microrganismos que realmente colonizam dependem das exposições, incluindo a porca e todos os aspectos do ambiente do leitão. A colonização depende não apenas dos microrganismos que são introduzidos, mas também do seu tempo, pois exposições repetidas durante o desenvolvimento resultam em uma microbiota diferente de uma única exposição ao mesmo inóculo. Um microrganismo benéfico conhecido, o *Lactobacillus*, predomina no intestino delgado de leitões até o desmame e é um dos principais agentes na prevenção de doenças. A introdução de dietas à base de cereais ao desmame causa mudanças drásticas na microbiota. O processo de desmame altera a composição e a capacidade funcional do microbioma, assim como estresses causados por mudanças radicais de dieta (GUEVARRA et al, 2018). Entre as bactérias que podem colonizar o intestino encontram-se as *Fusobacterium spp* (WITTE et al., 2017), assim como bactérias que são bastante utilizadas como probióticos para melhorar a saúde e a resistência a infecções, como *Lactobacillus spp* (WANG; DONG; ZHU, 2012), e também as que são comensais do intestino grosso dos recém-nascidos (MATAMOROS et al., 2013).

Bactérias comensais atuam como fontes de vitaminas e aminoácidos e são importantes na regulação da homeostase lipídica sistêmica, e alterações nos níveis desses metabólitos podem influenciar a função imune. Além disso, são necessárias para a produção de ácidos biliares e ácidos graxos de cadeia curta, ambos apresentando propriedades anti-inflamatórias em múltiplas populações de células imunes (BRESTOFF; ARTIS, 2013).

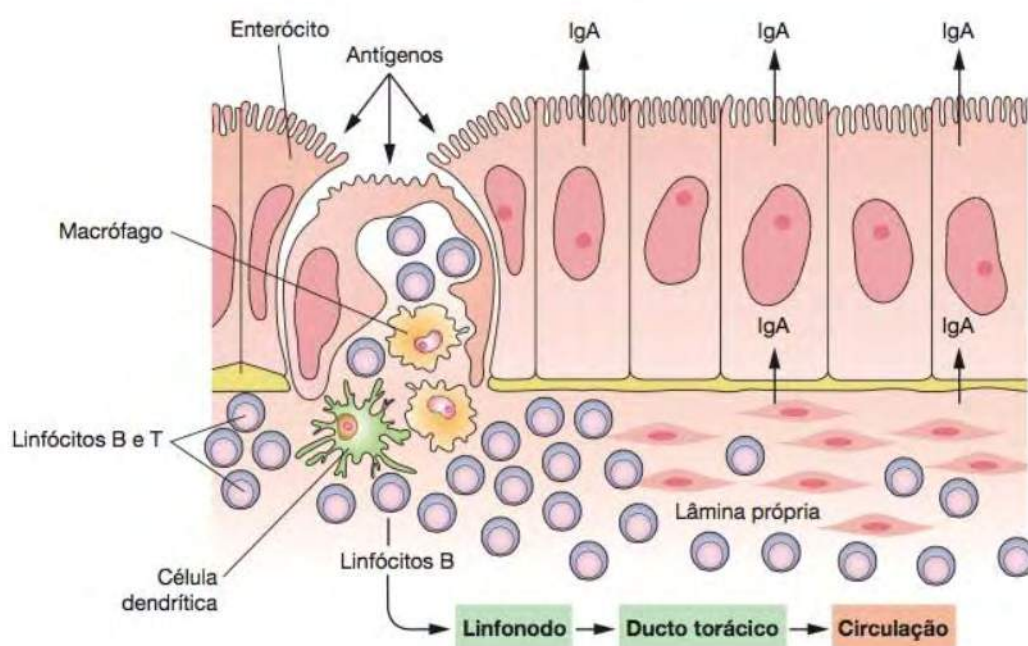
A saúde intestinal relacionada a barreira epitelial e sistema imune da mucosa está interligada com a microbiota intestinal do leitão (PLUSKE; TURPIN; KIM 2018). O sistema imune da mucosa é continuamente desafiado por fatores externos (por exemplo, dieta, temperatura, desafio sanitário) e internos (por exemplo, microbiota). O sistema imune do trato gastrointestinal é regulado por meio de vários mecanismos moleculares, para evitar a ativação excessiva de fatores que acarretem em excesso de líquido e a inflamação em resposta a

esses fatores externos e internos. Assim, numerosos tipos de células, como células dendríticas, linfócitos (sistema imune adaptativo), macrófagos e citocinas (sistema imune inato), evoluíram para desempenhar importantes funções na regulação da comunicação entre o microbioma do trato gastrointestinal e seu sistema imune mucoso.

O desenvolvimento da microbiota intestinal desempenha um papel crucial na proliferação e maturação do tecido linfoide associado ao intestino (GALT), bem como no recrutamento de células plasmáticas e células T secretoras de IgA para os locais das mucosas (BOURGOT et al., 2014). Na figura 2 é apresentado a atividade imunitária do intestino delgado.

Antígenos que entram pelo intestino são destinados aos órgãos linfoides periféricos associados aos intestinos, como as placas de Peyer (ALBERTS, 2017). Neste processo um grupo celular importante são as células M, células epiteliais especializadas que recobrem folículos linfoides das placas de Peyer, localizadas no íleo, e são responsáveis pelo transporte de antígenos do lúmen para as células do sistema imunológico (STANGE, 2013). Caracterizam-se pela presença de numerosas invaginações basais contendo muitos linfócitos e células apresentadoras de antígenos, como os macrófagos. Atuam na captação de antígenos por endocitose e transporte para macrófagos e células linfoides adjacentes, as quais migram então para outros compartimentos do sistema linfoide. Nos nódulos linfoides as respostas imunológicas contra os antígenos apresentados são iniciadas.

Figura 2. Atividade imunitária do intestino delgado. As células M das placas de Peyer capturam antígenos do lúmen intestinal e os transferem para os linfócitos, macrófagos e células dendríticas adjacentes. Esses três tipos celulares são levados pela linfa e vão estimular linfócitos de outros locais, principalmente da própria mucosa do Intestino. Os linfócitos B da mucosa originam plasmócitos produtores de IgA. Os plasmócitos da mucosa do intestino produzem grande quantidade de anticorpo devido à extensão dessa mucosa e sua proximidade com os antígenos introduzidos no trato digestivo com os alimentos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017).

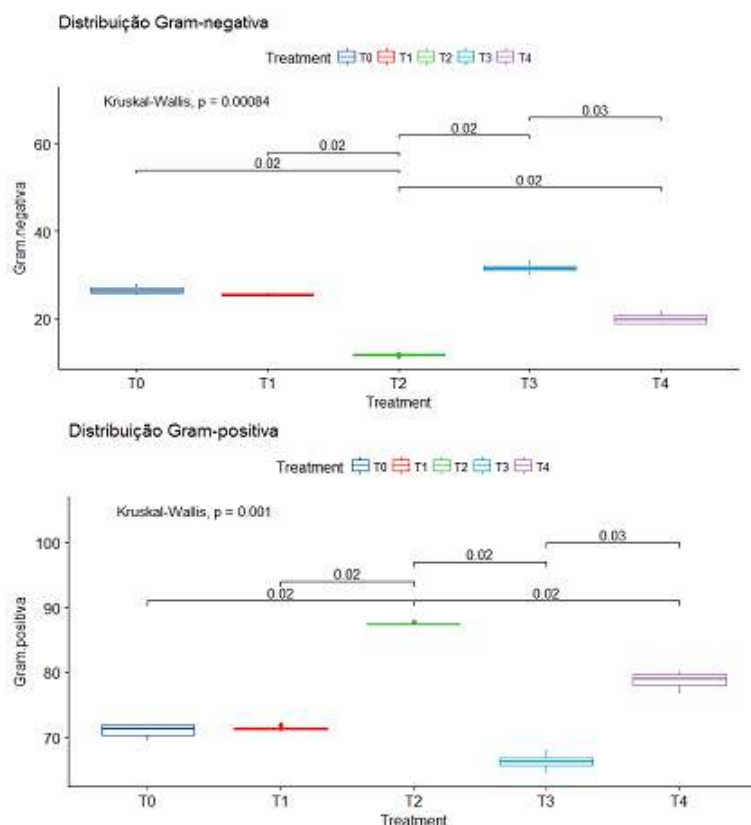


Implicações do uso de óleos funcionais em lactentes

Óleos funcionais (OF) são aqueles que além da sua atividade energética, podem também promover atividades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias (CHENG et al., 2017). Há muitas publicações com o termo óleo essenciais, porém o termo correto são óleos funcionais, pois suas funções podem ser anti-inflamatórias, bacteriostáticas, imunomoduladoras, etc. (BESS et al., 2012). Entre os benefícios destacam-se estímulo a microbiota intestinal e competição com microrganismos patogênicos e melhor aproveitamento dos nutrientes, incluindo a atividade enzimática (XU et al., 2018). A ausência de resistência bacteriana descrita aos OF é considerada uma das principais vantagens em relação a outros antimicrobianos (KNEZEVIC et al., 2016).

A característica lipofílica permite que os OF se incorporem aos lipídeos da membrana celular bacteriana, aumentando a permeabilidade e possibilitando a passagem de compostos inespecíficos, culminando no extravasamento de íons e outras moléculas celulares, podendo levar à perda de viabilidade ou mesmo à morte celular (DHIFI et al., 2016). Bactérias Gram-positivas são mais suscetíveis à ação dos OF, devido às diferenças na estrutura da parede celular bacteriana. Bactérias Gram-negativas possuem uma membrana externa adicional que diminui a permeabilidade às moléculas hidrofóbicas, sendo que pequenas moléculas hidrofílicas podem passar através de abundantes proteínas porinas (DIAO et al., 2014; NAZZARO; FRATIANNI; MARTINO, 2013; ZHANG et al., 2016). Esta resposta foi evidenciada em um estudo conduzido por MASS (2019) que comprovou a ação dos óleos de casca de caju e de mamona em dietas para porcas em leitões lactentes (tratamentos T1, T2 e T3) e antibióticos (T4) em relação ao grupo controle (T0) evidenciando que os óleos funcionais alteram a diversidade da população microbiana e controla determinados tipos de bactérias. Os óleos estudados possuem ação antimicrobiana ou moduladora sobre populações de bactérias Gram. positivas. Já os antibióticos (T4) na dieta de leitões lactentes apresentam pouca diversidade microbiana e reduzem a populações de bactérias Gram. negativas como a *Escherichia coli*.

Figura 2. Riqueza da microbiota classificada em Gram, negativas (A) e positivas (B) de leitões lactentes alimentados com dietas contendo óleos funcionais ou antibióticos. Mediana e quartis são apresentados. O valor entre grupos indica diferença significativa entre os grupos pelo teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). (Adaptado de Mass, 2019)



Na alimentação de suínos, o uso de OF pode estimular a produção de muco intestinal, contribuindo para a proteção contra contaminação bacteriana, por meio da inibição da aderência à mucosa (WINDISCH et al., 2008). A maior produção de muco e atividade de tripsina e quimiotripsina estão relacionados com o aumento na altura das vilosidades do duodeno e à maior digestibilidade dos nutrientes, melhorando o desempenho de leitões após o desmame (XU et al., 2018).

Constituintes fenólicos presentes em OF dispõem de forte capacidade para eliminação de radicais livres, exercendo atividade antioxidante (VERGIS et al., 2014). OF apresentam efeitos benéficos no estado antioxidante, morfologia e barreira intestinal (GIANNENAS et al., 2014). O efeito sobre os radicais de oxigênio liberados durante a digestão, contribui para um maior desenvolvimento das vilosidades intestinais. Enzimas como a catalase, glutathione peroxidase e superóxido dismutase, que possuem atividade antioxidantes, são estimuladas por alguns OF, podendo assim diminuir o estresse oxidativo em suínos (CHENG et al., 2018).

TAN et al. (2015) indica que os efeitos benéficos sobre o desempenho das leitegadas estão associados ao menor estresse oxidativo em porcas alimentadas com dietas contendo orégano. Já ARIZA-NIETO et. al. (2011) e MATYSIAK et al. (2012) identificaram que óleos a base de orégano, alecrim e pimenta aumentam as concentrações de lactose no

leite, aumentando o ganho de peso e o peso ao desmame de leitões lactentes. ROSSI; SOARES (2013) apontam que os efeitos indiretos da modulação da resposta imune e da saúde intestinal das fêmeas podem melhorar o desempenho das leitegadas e aumentar a sobrevivência neonatal.

Desmame: a fase da transição

O período crítico para criação de suínos confinados vai do nascimento ao final da creche. O conhecimento da fisiologia e da morfologia do aparelho digestório de leitões recém-desmamados é de grande importância, visto que o estresse decorrente da desmama somado à mudança de dieta e ambiente, é um grande desafio aos leitões e aos nutricionistas, já que as diarreias nesse momento comprometem o desempenho dos leitões na creche (BRANCO DO VALE et. Al, 2010; YAN et al., 2013).

Muitos são os fatores que influenciam neste momento. O desenvolvimento dos leitões está diretamente associado ao sucesso na amamentação, assim, quando os animais são retirados da mãe, causa grande impacto negativo, seja no social, pela intensa vocalização nas primeiras horas após desmame, como no desempenho, com a retirada da dieta líquida. Além disso, outro fator estressante aos leitões é a troca de ambiente, pois ocorre a mudança de sistema de alojamento e de temperatura ambiental. Além disso, o deslocamento para outra propriedade através do transporte em caminhões aumenta a mistura dos lotes e alterações bruscas de temperatura e ambiente. A uniformização das leitegadas durante a formação dos lotes na creche estabelecida pelo sexo e peso dos leitões aumenta as disputas pela hierarquia social e causa estereotípias nesta fase. Entretanto, o maior desafio quando pensamos no desempenho subsequente é a alteração da dieta líquida (leite) para sólida (ração peletizada ou farelada) que influencia diretamente o desempenho e a taxa de crescimento dos leitões.

Devido à falta de adaptação aos novos comedouros, muitas vezes os leitões na creche não acessam ao comedouro nos primeiros dias após o alojamento. A baixa ingestão de alimento na primeira semana na creche pode comprometer a curva de crescimento e a reposta imunológica devido a carência de energia e nutrientes. Além disso, o intestino desses animais é imaturo para ingestão de sólidos, produção de ácido clorídrico e de enzimas digestivas são insuficientes, o que torna incompleto o aproveitamento das dietas formuladas a base de grãos, resultando em aumento da taxa de diarreia, deficiência energética e diminuição no ganho de peso, ou perda de peso (SILVA, 2014)

Implicações do uso de óleos funcionais na creche

Diversos estudos apontam os benefícios dos óleos essenciais em dietas para leitões recém-desmamados, como melhora na condição sanitária do lote, diminuindo a incidência de diarreias e mortalidade na maternidade e creche, já que promovem melhorias na morfologia, microbiota intestinal e a resposta imune dos leitões (YAN et al., 2013; ZENG et al., 2015).

O uso de óleos funcionais em leitões de creche tem apresentado resultados promissores quanto a digestibilidade de nutrientes, morfometria e microbiota intestinal contendo timol e carvacrol (XU et al., 2018). Resultados semelhantes aos dos estudos citados anteriormente, foram também encontrados por Branco et al. (2010), onde a utilização de sete tipos de óleos essenciais (aniz, aniz estrelado, tomilho, orégano, alho, eucalipto e ginepro) em níveis de inclusão na dieta de 0,04% e 0,06% resultaram em uma melhora no consumo médio diário de ração, ganho de peso diário e conversão alimentar, consequentemente também foi verificada uma melhora na digestibilidade dos nutrientes.

Em uma meta-análise realizada por Weege et al. (2019) e Matoso et al. (2019) contemplou uma base de dados de 65 artigos publicados entre 2004 e 2019, totalizando 2864 leitões em creche foi possível observar que o uso dos óleos funcionais diminui o consumo de ração, porém manteve o mesmo ganho diário de peso. O óleo funcional escolhido, assim como seu nível utilizado na dieta interfere no desempenho (GONG et al., 2014), pois os mesmos possuem sabor pungente podendo diminuir o consumo de ração (ZHAI et al., 2018).

Tabela 1. Desempenho de leitões em creche alimentados com dietas contendo antibióticos ou óleos essenciais/funcionais (EF) obtidos pela meta-análise (adaptado de Weege et al., 2019).

Grupos	N	CRM, g/d	%Δ	GMD, g/d	%Δ	CA
Controle	99	585	0	363	0	1,72
Antibióticos	55	564	7,09	356	10,8	1,60
Óleos EF	187	574	1,44	364	2,61	1,70
dpr ¹		175	8,52	112	10,2	0,31
p ²		0,50	<0,001	0,22	<0,001	0,15
R2		49,2	31,6	53,9	46,8	61,7

N, número de tratamentos; CRM, consumo de ração médio diário; GMD: ganho médio diário; CA: conversão alimentar; %Δ: variação do antibiótico ou óleo funcional em relação ao grupo controle; ¹dpr, desvio padrão residual; ²P, nível 5% de significância. R2, coeficiente de determinação.

A ação moduladora de microbiota e atividade antimicrobiana tem sido mais efetiva em relação às respostas de desempenho (consumo de ração e ganho de peso) (LIU et al., 2008; ZHAI et al., 2018). No período pós-desmame geralmente ocorre atrofia das vilosidades decorrentes do maior aumento na taxa de escamação, ocasionando um aumento na profundidade de criptas (Oetting et al., 2006), o que explica maior profundidade em criptas de leitões no grupo controle descrito em estudo realizado por Matoso et al. (2019) como consequência da troca de dieta líquida para sólida. (Tabela 2). Quanto maior for essa profundidade menor é a

capacidade absorptiva das células da borda de escova, uma vez que neste local são produzidas carboidrases de extrema importância, principalmente para leitões recém desmamados (BRANCO DO VALE et al., 2010).

O desafio sanitário, a composição das dietas, os níveis de óleos adicionados a dietas ainda são fatores de variação que interferem nos estudos *in vivo*, os quais indicam respostas variáveis ou sem alteração na morfologia intestinal de leitões (LI et al., 2012; YAN et al., 2010; ZENG et al., 2015).

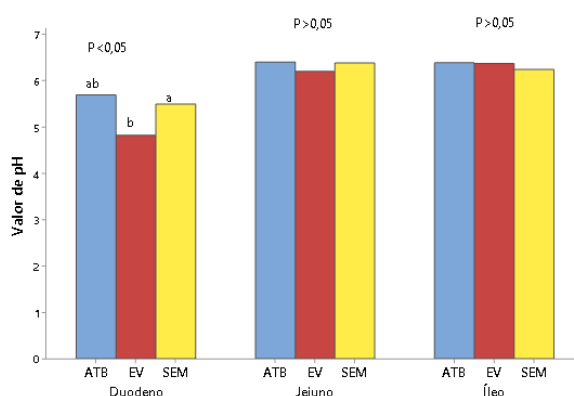
Tabela 2. Morfometria intestinal de leitões em creche alimentados com dietas contendo antibióticos ou óleos essenciais/funcionais (EF) obtidos pela meta-análise (adaptado de Matoso et al., 2019)

N	Grupos			¹ dpr	² P	R2, %
	Controle	Antibióticos	Óleos EF			
	30	40	38			
Altura vilosidades, μm^*						
Duodeno	85,5	68,7	78,4	5,56	0,17	83,8
Jejuno	83,0	69,4	78,5	9,91	0,57	88,3
Íleo	76,8	56,8	76,8	7,59	0,38	93,4
Profundidade de criptas, μm						
Duodeno	43,2 ^a	36,3 ^b	38,0 ^b	3,15	<0,01	96,3
Jejuno	44,6	38,0	42,4	6,02	0,74	88,9
Íleo	43,8	43,8	45,1	4,21	0,25	92,9
Relação AV:PC						
Duodeno	2,26 ^a	2,09 ^b	2,25 ^a	0,31	0,05	86,5
Jejuno	2,05	2,49	2,39	0,29	0,32	96,8
Íleo	1,66 ^b	1,75 ^{ab}	1,81 ^a	0,19	0,03	94,8

*valores ajustados ao peso metabólico de cada animal; ¹dpr, desvio padrão residual; ²P, nível de significância a 5%; R2, coeficiente de determinação.

A diminuição do pH intestinal diminui a população de bactérias patogênicas, responsáveis pelas diarreias, além de aumentar a atividade das enzimas digestivas (DIAO et al., 2015). Neste mesmo estudo, Diao et al. (2015) descreve que o uso de extratos vegetais diminui o pH da digesta e mantém o equilíbrio da microflora, o que é possível observar na Figura 3, onde o pH na porção do duodeno foi inferior no tratamento que utilizou os óleos essenciais quando comparados ao controle e antibiótico. Bassole e Juliani (2012) realizando um ensaio *in vitro* onde verificaram que um blend de óleos essenciais (timol, eugenol e carvacrol) em dietas de leitões possui uma alta atividade antimicrobiana contra bactérias patogênicas, como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella typhimurium*.

Figura 3. pH de frações do intestino delgado de leitões em creche alimentados com dietas contendo antibióticos (ATB) ou óleos essenciais/funcionais (EV) obtidos pela meta-análise. (adaptado de Matoso et al., 2019)



Na resposta imune, a adição de óleos na dieta de leitões tem apresentado efeito imunomodulador. Em estudos realizados por Cho et al. (2006), com a suplementação dos animais com óleo de feno grego, cravo e canela, houve um aumento nas concentrações de IgG em leitões desmamados. Verificado também por Li et al. (2012), onde leitões cuja alimentação continha óleo com timol e cinemaldeídos obtiveram um aumento na proliferação de linfócitos e fagócitos e aumentos nos níveis de imunoglobulinas (IgG, IgM e IgA). Além disso, outras pesquisas, executadas por Vale et al. (2011), usando um complexo de óleos de tomilho, limão, eucalipto, aniz, ginepro e orégano, concluíram que os animais no período de creche, alimentados com diferentes níveis apresentaram maior peso dos órgãos digestivos, especialmente o fígado.

Através da meta-análise é possível gerar novos resultados sobre o efeito dos óleos essenciais para leitões em creche, ajustados à diversidade experimental, a partir de resultados já publicados. A meta-análise é o método estatístico utilizado na revisão sistemática para integrar os resultados dos estudos incluídos e aumentar o poder estatístico da pesquisa primária, produzindo novas conclusões sobre assunto abordado. Por meio da análise crítica, as técnicas da meta-análise fornecem informações que podem ser úteis para a prática clínica e para a formulação de questões a serem testadas em novos estudos (Sousa e Ribeiro, 2009). Continuamente novos estudos são publicados sobre óleos essenciais e funcionais para leitões lactentes e em creche. A meta-análise é uma ferramenta promissora para atualizar as informações acerca deste tema e propor novos ajuste em programas de adição/inclusão destes aditivos em sistemas de produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de óleos essenciais e funcionais em dietas para leitões lactentes e em creche apresentam resultados promissores na saúde intestinal através da modulação da microbiota

e atividade imunomoduladora trazendo benefícios na arquitetura das vilosidades e criptas. Os antibióticos ainda são mais efetivos que óleos funcionais desempenho de leitões em creche. Através da meta-análise é possível identificar lacunas de conhecimento e os benefícios dos óleos funcionais e essenciais para leitões em creche.

■ REFERÊNCIAS

1. ARIZA-NIETO, C. et al. Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition, growth pattern and immune status of suckling pigs1. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 89, n. 4, p.1079-1089, 1 abr. 2011.
2. BASSOLE, I. H., AND H. R. JULIANI. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. **Molecules**. 17:3989–4006. 2012.
3. BESS, F. et al. The effects of functional oils on broiler diets of varying energy levels. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 3, p. 567-578, 2012.
4. BRANCO DO VALE, P. A. C. et al. Óleos essenciais em dietas para leitões recém-desmamados. **Global science and Technology**, v. 03, n. 03, p.75–83, set/dez. 2010.
5. CAMILLERI, M. et al. Intestinal barrier function in health and gastrointestinal disease. **Neuro-gastroenterology & Motility**, [s.l.], v. 24, n. 6, p.503-512, 14 maio 2012.
6. CELI, P. et al. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 234, p.88-100, dez. 2017.
7. CHENG, C. et al. Effect of oregano essential oil supplementation to a reduced-protein, amino acid-supplemented diet on meat quality, fatty acid composition, and oxidative stability of Longissimus thoracis muscle in growing-finishing pigs. **Meat Science**, v. 133, n. January, p. 103–109, 2017.
8. CHENG, C. et al. Supplementing Oregano Essential Oil in a Reduced-Protein Diet Improves Growth Performance and Nutrient Digestibility by Modulating Intestinal Bacteria, Intestinal Morphology, and Antioxidative Capacity of Growing-Finishing Pigs. **Animals**, v. 8, n. 9, p. 159, 2018.
9. CHO JH et al. Effects of essential oils supplementation on growth performance, IgG concentration and fecal noxious gas concentration of weaned pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**19, 80–85.2006.
10. CHOWDHURY, S. R. et al. Transcriptome profiling of the small intestinal epithelium in germfree versus conventional piglets. **Bmc Genomics**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.1-16, 2007.
11. DANIEL, E. et al. **Anatomia e Fisiologia do Sistema Digestório de Suínos**. In: SAKOMURA, Nilva Kazue et al. Nutrição de Não Ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2014. Cap. 2. p. 19-32.
12. DIAO H, et al.Effects of benzoic Acid and thymol on growth performance and gut characteristics of weaned piglets.**Asian-Australas J Anim Sci.**;28(6):827–839. 2015.
13. FANG, J. et al. Dietary supplementation with Acanthopanax senticosus extract enhances gut health in weanling piglets. **Livestock Science**, v. 123, n. 2-3, p.268-275, ago. 2009.

14. GONG, J. F. Yin, R. Hou, Y.L. Yin. Review: Chinese herbs as alternatives to antibiotics in feed for swine and poultry production: potential and challenges in application *Can J Anim Sci.* 2014., 94: 223-241.
15. GUEVARRA, R. B. et al. The dynamics of the piglet gut microbiome during the weaning transition in association with health and nutrition. **Journal Of Animal Science And Biotechnology**, [s.l.], v. 9, n. 1, p.1-9, 30 jul. 2018.
16. HÖTZEL, M.J. et al. Disentangling the effects of weaning stressors on piglets behaviour and feed intake: Changing the housing and social environment. **Applied Animal Behaviour Science**, v.135, p.44-50, 2011.
17. IVANOV, I. I; LITTMAN, D. R. Modulation of immune homeostasis by commensal bacteria. **Current Opinion In Microbiology**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.106-114, fev. 2011.
18. JANCZYK, R. et al. Investigations on the effects of dietary essential oils and different husbandry conditions on the gut ecology in piglets after weaning. **International Journal of Microbiology**, vol. 2009, pp. 1–9, 2009.
19. LI, Y. et al. Intestinal microbiome-metabolome responses to essential oils in piglets. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, n. AUG, p. 1–13, 2018.
20. LI, S.Y. et al. The effect of essential oils on performance, immunity and gut microbial population in weaner pigs. **Livestock Science**, v.145, p. 119–123. 2012.
21. LIU, G. M.; WEI, Y.; WANG, Z. S.; WU, D.; ZHOU, A. G. AND LIU, G. L. Effects of herbal extract supplementation on growth performance and insulin-like growth factor (IGF)-1 system in finishing pigs. **J. Anim. Feed Sci.**, 2008, 17: 538-547.
22. MATAMOROS, S. et al. Development of intestinal microbiota in infants and its impact on health. **Trends In Microbiology**, [s.l.], v. 21, n. 4, p.167-173, abr. 2013.
23. MATOSO, L. G. et al. Abordagem meta-análítica do uso de óleos essenciais para leitões em creche: morfometria e microbiota intestinal. In: XXVIII EAIC ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23., 2019, Ponta Grossa. **Anais do evento**. Ponta Grossa: 2019. p. 1-4.
24. MATYSIAK, B et al. The effect of plant extracts fed before farrowing and during lactation on sow and piglet performance. **S. Afr. j. anim. sci.**, Pretoria, v. 42, n. 1, p. 15-21, Jan. 2012.
25. MULDER, I. et al. Environmentally-acquired bacteria influence microbial diversity and natural innate immune responses at gut surfaces. **Bmc Biology**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.1-20, 2009.
26. OETTING, L.L. et al. 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.
27. PLUSKE, J. R.; TURPIN, D. L.; KIM, J.. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. **Animal Nutrition**, [s.l.], v. 4, n. 2, p.187-196, jun. 2018.
28. 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**, v. 43, n. 11, p. 2078–2084, 2013.
29. SILVA, G. A. DA. Impacto do desmame no comportamento e bem-estar de leitões: revisão de literatura. **Veterinária em Foco**, v. 12, n. 1, p. 17, 2014.

30. SODERHOLM, J. D.;PERDUE, M.H.. Stress and the Gastrointestinal Tract II. Stress and intestinal barrier function. **Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol**, Canada, v. 1, n. 1, p.1-7, out. 2001.
31. SOUSA, M. R. de, RIBEIRO A. L. P. Revisão sistemática e meta-análise de estudos de diagnóstico e prognóstico: um tutorial. **Arq. Bras. Cardiol**.vol.92no.3, mar.2009.
32. TAN, C. et al. Effects of Dietary Supplementation of Oregano Essential Oil to Sows on Oxidative Stress Status, Lactation Feed Intake of Sows, and Piglet Performance. **Biomed Research International**, [s.l.], v. 2015, p.1-9, 2015.
33. WANG, Q.; DONG, J.; ZHU, Y.. Probiotic supplement reduces risk of necrotizing enterocolitis and mortality in preterm very low-birth-weight infants: an updated meta-analysis of 20 randomized, controlled trials. **Journal Of Pediatric Surgery**, [s.l.], v. 47, n. 1, p.241-248, jan. 2012.
34. WEEGE, V. et al. Uso de óleos funcionais em leitões em creche. In: XXVIII EAIC ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23., 2019, Ponta Grossa. **Anais do evento**. Ponta Grossa: 2019. p. 1-4.
35. WITTE, C. de et al. Detection, isolation and characterization of *Fusobacterium gastrois* sp. nov. colonizing the stomach of pigs. **Systematic And Applied Microbiology**, [s.l.], v. 40, n. 1, p.42-50, jan. 2017.
36. XU, Y. T. et al. Effect of organic acids and essential oils on performance, intestinal health and digestive enzyme activities of weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, n. October 2017, p. 110–119, 2018.
37. YAN L, MENG QW, KIM IH. The effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and fecal microbial shedding weanling pigs. **Livestock Science** 145, 189–195. 2013.
38. YAN L et al. Influence of essential oil supplementation and diets with different nutrient densities on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, meat quality and fecal noxious gas content in grower –finisher pigs. **Livestock Science**,128: 15–122. 2010.
39. ZHAI, H. et al. Potential of essential oils for poultry and pigs. *Animal Nutrition*, 2018.
40. ZENG Z, et al. Effects of essential oil supplementation of a low-energy diet on performance, intestinal morphology and microflora, immune properties and antioxidant activities in weaned pigs. **Anim Sci J**. 86:279–85.2015.

“ Perfil fisiológico de peixes tropicais (colossoma, piaractus e brycon) criados em tanque rede: analise após 24 horas da alimentação

- Carlos Alberto da **Silva**
- Bruno Ferreira Gonçalves e **Silva**
- Alexandre Reis Taveira de **Souza**
UNIP

RESUMO

Avaliações de reservas energéticas são fundamentais na determinação da estratégia quimio-fisiológica desenvolvida por uma espécie de peixe. Foram utilizadas as seguintes espécies de peixes (n=10 espécies): Pacu (P; *Piaractus mesopotamicus*), Tambaqui (TQ; *Colossoma macropomun*), e Piracanjuba (PJ, *Brycon orbignyanus*) adultos e confinados em tanques rede (8 m³; malha de 20 mm). Os animais foram coletados, após 24 h do fornecimento de ração, sendo transferidos para tanques contendo água e eugenol (0,04 ml/L de água); após anestesia, amostras de sangue, fígado e músculos foram coletadas para avaliação da concentração plasmática de glicose (G), triacilglicerol (TRI) e ácidos graxos livres (AGL) através de Kit de aplicação laboratorial; amostras do fígado (F) e de músculo branco (MB) e vermelho (MV) foram direcionadas para avaliação das reservas de glicogênio (GLI). A análise estatística foi realizada através do teste de normalidade Shapiro-Wilk e teste de Tukey ($p < 0,05$). Foi observado maior concentração de GLI no P e TQ se comparado a PJ. O P e o TQ apresentaram AGL 39% menores que PJ e ainda, o TRI da PJ foi 41% maior, sendo sugestivo a maior disposição metabólica da PJ em armazenar gordura, ao invés de GLI. Esta estratégia é compatível com o metabolismo mais oxidativo do P e TQ sob normóxia, utilizando, possivelmente, de uma estratégia bioquímica de armazenamento de GLI para situações de hipóxia. A PJ, em relação ao P e TQ apresenta preferência por águas mais oxigenadas, menor resistência a hipóxia e menor capacidade anaeróbia par ao qual possui perfil lipídico diferenciado.

Palavras-chave: Peixes, Colossoma, Piaractus, Brycon, Metabolismo.

INTRODUÇÃO

Ao se avaliar o comportamento dos peixes destacam-se os hábitos alimentares que são expressivamente diferenciados, neste contexto, em se tratando de peixes serrasalmíneos como por exemplo o pacu e o tambaqui destaca-se o hábito alimentar frugívoro, já os salmonídeos e os esturjões fisiologicamente são carnívoros, no entanto, independente dos hábitos alimentares, estes passam por longos períodos de redução na disponibilidade de alimento durante o seu ciclo de vida. Devemos salientar que os ajustes ao ecossistema e o aprimoramento de parâmetros metabólicos de cada espécie fazem parte da seleção natural (BALDISSEROTTO, 2013; WOYNÁROVICH e VAN ANROOY, 2019).

Em se tratando de piscicultura oferecer a alimentação adequada ao plantel irá proporcionar o bom desenvolvimento das espécies. Cabe ressaltar que ainda são desconhecidas muitas características fisiológicas de algumas espécies, fato que dificulta discutir muitos resultados obtidos em condições experimentais (FARIA 2013; LOGATO, 2012). O êxito na produção de peixes associado a rentabilidade no cultivo, depende do fornecimento adequado na quantidade e qualidade das dietas (SOUSA e SALLES, 2015).

O status nutricional de um organismo, tal qual nos peixes, tem relação direta com a tríade ingestão, anabolismo, catabolismo (PEZATTO et al., 2004; BALDISSEROTTO, 2013). Estudos de respostas metabólicas na piscicultura devem considerar que as reservas elevam-se frente a maior disponibilidade de substratos metabolizáveis, por sua vez, as reservas são mobilizadas de acordo com o jejum ou em condições indutoras de estresse (COSTA, 2009; MOREIRA e RIBEIRO, 2012).

O pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) bem como o tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818), são peixes da sub-família Serrasalminae, e compõem os teleósteos de maior cultivo na Piscicultura, destaca-se também que estas espécies necessitam de grandes reservas de substratos para manutenção de atividade metabólica durante as grandes migrações, e têm despertado o interesse de pesquisadores em estudos de estratégias metabólicas (FERNANDES, 2018).

No aspecto histofisiológico o pacu e o tambaqui ajustam seu comportamento nutricional de acordo com as estações do ano e disponibilidade de alimento, assim, na estação chuvosa permanecem nas regiões inundadas onde se alimentam com frutas, sementes e castanhas, por sua vez, durante a estação seca, ficam confinados no leito do rio, com reduzida disponibilidade alimentar, este perfil torna as espécies importantes enquanto modelo para o estudo de dieta e avaliação de seu metabolismo (GOMES et al., 2010; FERRAZ et al., 2019). Cabe ressaltar que os estudos que avaliaram as condições metabólicas do pacu e do tambaqui criados em tanque rede, não apresentaram consenso sobre o comportamento metabólicos, principalmente em se tratando do oferecimento da dieta a cada 24h.

A identificação dos sistemas reguladores do metabolismo vinculada a espécies com grande habilidade para utilizar carboidratos como fonte de energia, são extremamente importantes para o conhecimento da atividade biológica (BARROS et al., 2019). Deste as espécies exóticas que dominam o cultivo na piscicultura, um importante estudo destacou que a Piracanjuba passou a ter grande interesse comercial devido ao sabor da carne e um bom consumo pela população, no entanto, não existe consenso quanto aos ajustes metabólicos que a espécie apresenta quando criadas em tanque rede, ao considerar a disponibilização da dieta e cada 24h (MEURER E ZANIBONI, 2000).

A proposta deste estudo é avaliar o perfil metabólico do Tambaqui (*Colossoma macropomun*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) criados em tanque rede sendo avaliados após 24 horas do oferecimento do alimento (ração) verificando o comportamento das reservas de substratos energéticos e o perfil bioquímico.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 30 peixes sendo 10 de cada espécie: a saber: Pacu (P; *Piaractus mesopotamicus*); Tambaqui (TQ, *Colossoma macropomun*) e Piracanjuba (PJ, *Brycon orbignyanus*) coletados em um centro Piscicultura localizado no estado de São Paulo (Latitude: 22,8227 e Longitude: 47,085) adultos e com massa considerada ideal para as espécies. O estudo foi autorizado pela CEUA protocolo 03/2018. A coleta foi realizada no mês de agosto de 2018, merecendo destacar que os peixes cresceram e permaneceram em tanque rede de 8m³ desde jovens, o qual estava povoado com 30 animais submetidos a ciclo de alimentação com dieta contendo 35% de proteína bruta oferecida no período da manhã (9:00 h). Para amostragem, os animais foram rapidamente retirados do tanque com auxílio de uma rede e colocados em um recipiente de 6L contendo água e eugenol (0,04 ml/L de água) para indução da anestesia. Após parada de movimentação espontânea amostras de sangue foram coletadas da artéria caudal, centrifugadas e o plasma isolado para avaliação da concentração plasmática de glicose, triglicerídeos e ácidos graxos livres através de Kit de aplicação laboratorial. Para eutanásia, utilizou-se dose elevada de anestésico. A seguir, amostras do fígado e de músculos branco e vermelho (linha mediana dos animais) foram direcionadas para avaliação do conteúdo de glicogênio através do método do fenol sulfúrico segundo SIU LO et al. (1970). Os valores estão expressos como médias $\pm$ dp, n=10. Para a análise estatística foi aplicado o teste de normalidade Shapiro-Wilk, seguido do pós-teste de Tukey (p<0,05).

RESULTADOS

Inicialmente merece descrever as condições da água no lago onde se encontrava o tanque rede o qual apresentou os seguintes parâmetros captados no início (8:30) e no final da coleta (10:20) a saber: temperatura média da água $22,6 \pm 0,5$ °C; pH $7,1 \pm 0,3$ e oxigênio dissolvido $6,3 \pm 0,3$ mg/L.

Estudos envolvendo ajustes e respostas metabólicas são de fundamental importância na avaliação do estado nutricional, principalmente em se tratando de criações intensivas de animais. Dentre as ações significativas e necessárias em procedimentos com experimentação animal se faz necessário avaliar o grau de estresse causado pela manipulação, neste sentido, foram avaliadas as concentrações plasmáticas de cortisol e não foi observado valores que diferem da descrição na literatura em condição de normalidade e representado por $8,6 \pm 0,05$ ng/mL⁻¹ no pacu (P); $6,34 \pm 0,08$ ng/mL⁻¹ no tambaqui (TQ) e $7,22 \pm 0,03$ ng/mL⁻¹ na Piracanjuba (PJ).

Em se tratando de ajustes metabólicos, o fígado é um órgão com ação primordial no controle glicêmico devido suas reservas glicogênicas (GLI), tornando-se alvo de muitos estudos bioquímicos e fisiológicos. Neste estudo foi observado que após 24 horas da ingesta alimentar, o P foi a espécie que apresentou as maiores reservas hepáticas de GLI, seguido do TQ cujas reservas foram 36% menores se comparado ao P, seguido da PJ cujas reservas foram 57% e 33% menores se comparado ao P e ao TQ, respectivamente. (figura 1).

Valores de GLI no músculo vermelho de PJ mostraram-se 66% menores do que as outras duas espécies (P e TQ) e pode ter relação com o comportamento mais ativo da espécie. Cabe ressaltar que, P e TQ não diferiram quanto a concentração hepática de GLI, efeito que não foi observado no músculo vermelho. Maiores concentrações de GLI no músculo branco do P e TQ mostram a especialização das espécies, no entanto, na PJ os valores de GLI foram 50% menores se comparado ao P e TQ (figura 2).

Figura 1. Concentração hepática de glicogênio (mg/100mg) das espécies Pacu (P); Tambaqui (TQ) e Piracanjuba (PJ). Os valores correspondem a média±dp, n=10. *p<0,05 comparado ao P e TQ.

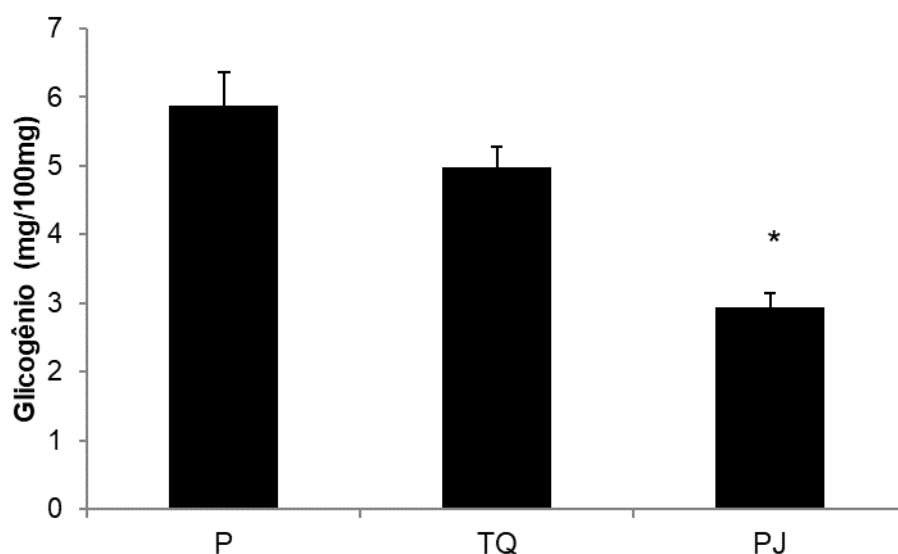
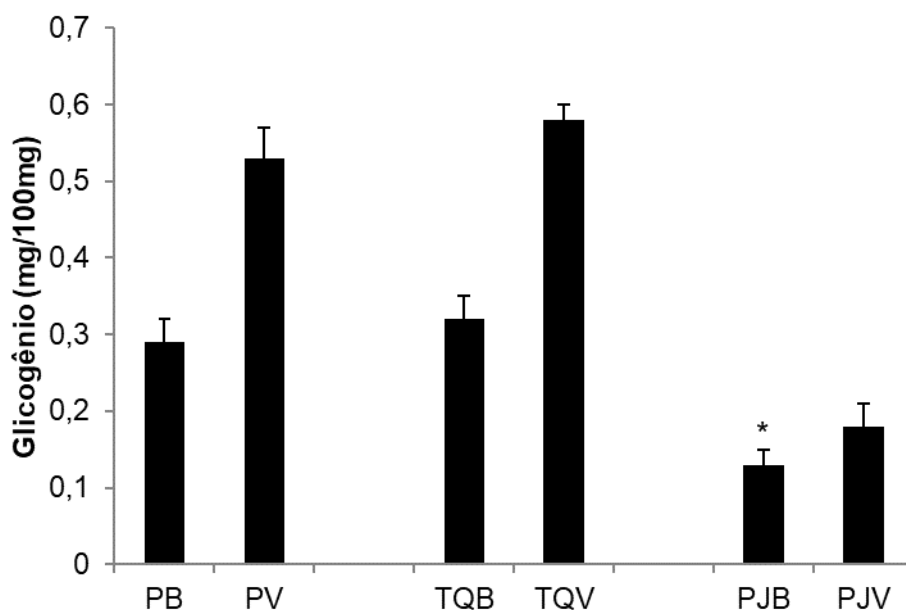


Figura 2. Concentração muscular de glicogênio (mg/100mg) das espécies Pacu (P); Tambaqui (TQ) e Piracanjuba (PJ). Os músculos são do tipo fibra branca (B) e vermelha (V) Os valores correspondem a média±dp, n=10. *p<0,05 comparado ao P e TQ.



A análise da massa (Kg) mostrou que por serem adultos apresentaram massa similar a descrita na literatura, assim, optou-se por não adicionar o dado nos resultados, por sua vez, os parâmetros bioquímicos indicaram que o P apresentou concentrações plasmática de triglicerídeos 79% maiores se comparado ao TQ e PJ, neste aspecto, no que se refere a concentração plasmática de ácidos graxos livres (AGL) foi observado que a PJ apresentou concentrações plasmáticas de AGL 86% menores, por sua vez, no que se refere a glicemia os dados não diferem entre as espécies (tabela 1).

Tabela 1. Concentração plasmática de triglicerídeos (mg/dL), ácidos graxos livres (mmol/L) e glicose (mg/dL) dos peixes pacu (P), tambaqui (TQ) e Piracanjuba (PJ). Os valores correspondem a média $\pm$ dp, n=10. *p<0,05 comparado ao P e TQ.

	P	TQ	PJ
Massa (kg)	1,2 $\pm$ 0,2	0,9 $\pm$ 0,1	0,42 $\pm$ 0,1
Triglicerídeos (mg/dL)	217,04 $\pm$ 1,2	222,06 $\pm$ 2,1	311,02 $\pm$ 16*
Ácidos graxos livres (mmol/L)	1,76 $\pm$ 0,3	1,82 $\pm$ 0,2	2,51 $\pm$ 0,02*
Glicose (mg/dL)	66,28 $\pm$ 9,0	70,21 $\pm$ 11	58,26 $\pm$ 7,0

DISCUSSÃO

Na piscicultura, as técnicas de manejo alimentar são importantes pois determinam o perfil de crescimento, ganho de massa e a sobrevivência da espécie (JOMORI et al., 2003). O presente estudo mostra a importância do manejo alimentar e de fatores ambientais para a homeostasia metabólica do pacu, tambaqui e piracanjuba criadas em tanque rede. A avaliação foi realizada em um período de estabilidade térmica ambiental sem flutuações extremas de temperatura, insolação e pluviosidade para minimizar as respostas metabólicas que acompanham os ajustes nas sazonalidades.

O tanque rede é um método de cultivo de peixes que pode ser finamente controlado, neste contexto, os peixes foram alimentados seguindo um esquema de oferecimento diário para que não houvesse mudança no processo de utilização da energia visando a sobrevivência do peixe, uma vez que, não havia outra fonte alimentar disponível.

A análise da glicemia não indicou diferença entre as espécies e pode ter fundamento tanto na capacidade de reservar glicogênio quanto em fenômenos ligados em neoglicogênese, condição impar para a sobrevivência das espécies uma vez que, estas ajustam a homeostasia energética de acordo com as intempéries. O pacu e o tambaqui são os peixes mais populosos que habitam desde a Bacia dos Rios Paraná-Paraguai até a Bacia do Rio Prata apresentando entre outros parâmetros, grande importância comercial, tanto na pesca esportiva quanto na aquicultura (SILVA, 2012; SILVA et al., 2012). A comunidade científica busca aprimorar o conhecimento do comportamento fisiológico dessa espécie, uma vez que o pacu é uma espécie frutívora e herbívora que ajusta a ingestão de grandes quantidades de alimentos contendo altas concentrações de carboidrato de acordo com a disponibilidade, além de ser uma espécie que armazena expressivas reservas de gordura (RODRIGUES et al., 2010).

É importante salientar que altas concentrações plasmáticas de cortisol indicam o status de estresse da espécie, condição que não foi observada neste trabalho ao se considerar os valores obtidos no pacu, no tambaqui e na piracanjuba, indicando que parâmetros tais como disponibilidade de alimento, concentração de oxigênio dissolvido e população residente no

tanque, além da condição de manipulação, não constituíram-se como indutoras de estresse, assim, referendam os resultados obtidos nas avaliações bioquímicas em especial na concentração glicêmica, a qual é fortemente modificada frente a condições indutoras de estresse e nesta condição foi mantida em parâmetros normoglicêmicos para as espécies.

A pesquisa científica, cujo eixo norteador é a produção de peixes, tem contribuído para o crescimento da atividade no país, neste contexto, as propostas de tratamento do plantel de peixes tem se fundamentado na concentração de carboidratos disponibilizada na dieta assegurando a formação e utilização das reservas no transcorrer do dia (LOGATO, 2000).

No que tange a estratégias alimentares em piscicultura, atenção especial deve ser dedicada a triade nutrição/jejum/recuperação metabólica, visto a probabilidade de prevalência de catabolismo, assim, para que não venha a ocorrer, é imprescindível buscar métodos que promovam a melhora nas reservas glicogênicas propiciando ação anticatabólica (FERREIRA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020).

Ao avaliar o conteúdo hepático de glicogênio das três espécies foi observado que houve mobilização das reservas em decorrência do período Inter refeição com maior intensidade na piracanjuba, sendo o pacu a espécie que apresentou menor mobilização, ou seja, apresentou as maiores reservas ao ser comprado com os as outras espécies, respectivamente. Estes dados indicam diferenças nos ajustes metabólicos, certamente este comportamento metabólico não se refere a condição de alta densidade populacional nem a alta exigência de proteína na dieta, visto que estes parâmetros não compunham o contexto, mas sim, representa os ajustes que a espécie apresenta na interface alimentação/realimentação (BORGHETTI et al., 1991).

A capacidade do peixe em mobilizar glicogênio hepático está diretamente relacionada à manutenção das concentrações glicêmicas durante período de restrição alimentar na interface entre o oferecimento das rações (PEZZATO, BARROS, 2009). Cabe destacar que o conteúdo glicogênico é uma reserva prontamente disponível e pronta a favorecer a homeostase glicêmica, sendo mantida ou restabelecida, posteriormente, pela mobilização de outras fontes de energia tais como os lipídios e as proteínas.

A mesma análise das reservas glicogênicas aplicadas ao tecido muscular indicou similaridades ao compararmos músculos brancos e vermelhos de pacu e tambaqui, por sua vez, merece destacar que a piracanjuba apresentou as menores reservas musculares indicando que seu metabolismo difere expressivamente se comparado ao pacu e tambaqui, mobilizando estas reservas em maior intensidade, possivelmente se deva ao perfil de peixe migratório (GARCÍA-CARREÑO et al., 2002)

Ainda no aspecto metabólico, a avaliação do perfil lipídico das piracanjubas mostrou aumento nas concentrações plasmáticas de triglicerídeos e ácido graxo livre indicando forte

mobilização das reservas de gordura, efeito não observado no pacu e tambaqui e novamente reforçando a diferença entre as espécies. O aumento das concentrações plasmáticas de ácidos graxos livres pode inibir competitivamente a utilização da glicose pelos tecidos periféricos e a liberação de glicose pelo fígado, modulando a homeostase glicêmica e a gliconeogênese a partir de lipídios, ação que mostrou-se mais intensa na piracanjuba.

CONCLUSÃO

Pacu e tambaqui apresentam perfil bioquímico mais oxidativo, sob normóxia, enquanto a piracanjuba possui menor capacidade anaeróbia e, portanto, menor resistência ao confinamento, assim, em criação associada entre as espécies merece diferenciação entre as estratégias de oferecimento de alimento e controle da oxigenação da água.

■ REFERÊNCIAS

1. BALDISSEROTTO B. Fisiologia de Peixes - Aplicada à Piscicultura. Ed. USFM, 2013.
2. BARROS IB, ANGÉLICA M, CORTA-CORREA V, CARVALHO TB. Stocking density and water temperature as modulators of aggressiveness, survival and zootechnical performance in matrinxã larvae, *Brycon amazonicus*. *Aquaculture*. 502: 378-383, 2019.
3. BORGHETTI JR, CANZI C, NOGUEIRA SVGA. influência da proteína no crescimento do matrinxã (*Brycon orbignyanus*) criado em tanque-rede. *Revista Brasileira de Biologia*. 51 (3): 695-699, 1991
4. COSTA RS. Manejo e sanidade de peixes em cultivo, Embrapa AMAPA, 2009.
5. FARIA RHS, MORAIS M, SORANNA MRGS, SALLUM BW. Manual de criação de peixes em viveiro. Brasília: Codevasf, 2013.
6. FERRAZ RB, NAOKI K, LOPES-MARQUES M, MACHADO AM, RIBEIRO RA, RODRIGO OZÓRIO LR, CASTRO FC, MONROIG O. A complete enzymatic capacity for long-chain polyunsaturated fatty acid biosynthesis is present in the Amazonian teleost tambaqui, *Colossoma macropomum*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 227: 90-97, 2019.
7. FERREIRA JN, BARROS IBA, CARVALHO TB. Effect of water temperature on aggressiveness and physiological parameters of juvenile matrinxã, *Brycon amazonicus* (Spix and Agassiz, 1829). *Applied Animal Behaviour Science*. 231: 105091, 2020.
8. FERNANDES EM. Aspectos produtivos do pacu *Piaractus mesopotamicus* e do seu híbrido tambacu cultivados em sistema de viveiros escavados. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP, 2018
9. GOMES LC, SIMÕES LN, ARAUJO-LIMA CARM. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: *Espécies Nativas Para a Piscicultura no Brasil*. Baldisserotto B, Gomes LC, Ed. Santa Maria. 589-606, 2010.

10. GARCÍA-CARREÑO FL, ALBUQUERQUE-CAVALCANTI C, NAVARRETE DEL TORO MA, ZANIBONIFILHO E. Digestive proteinases of *Brycon orbignyanus* (Characidae, Teleostei): characteristics and effects of protein quality. *Comp. Biochem. Physiol.* 132, 343-352, 2002.
11. JOMORI RK, CARNEIRO DJ, MALHEIROS EB. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larvicultura periods indoors. *Aquaculture*. 221:277-287, 2003.
12. LOGATO, P. Alimentação de peixes de água doce. Editora Aprenda Fácil. Viçosa – MG., 1ª ed, 2000.
13. LOGATO P. Nutrição e Alimentação de Peixes de Água Doce. Ed. Aprenda fácil. Viçosa – MG., 2ª ed, 2012.
14. MEURER S, ZANIBONI F E. Steindachneridion scripta Ribeiro, 1918, como espécie alternativa para piscicultura sul brasileira. In: XI Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 2000, Florianópolis.
15. MOREIRA RG, RIBEIRO CS. Fatores ambientais e reprodução dos peixes. *Revista da Biologia*. 8: 58-61, 2012
16. OLIVEIRA MOS, BEM LD, MARTINS GAS, SANTOS RV. Tambaqui de tanque-rede: qualidade microbiológica, valor nutricional e rendimento. *Archivos de Zootecnia*. 69(265), 2020.
17. PEZZATO LE, BARROS MM, FRACALOSSO DM, CYRINO JEP. Nutrição de peixes. In: CYRINO JEP, URBINATI EC, FRACALOSSO DM. (Eds.) Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt, p.75-169., 2004.
18. PEZZATO LE, BARROS MM, FURUYA WM. Nutritive value of common feeds used in tropical fish diets. *R. Bras. Zootec.* 38: 43-51, 2009.
19. RODRIGUES LA, FERNANDES JBK, FABREGAT HP, SAKOMURA NK. Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. *Pesq. Agropec. Bras.* 45 (8): 897-902, 2010.
20. SILVA CA. FABRICIO G. Atividade alimentar do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) Holmberg (1887) criados em tanques rede. *Bioikos*. 26(1):35-42, 2012.
21. SILVA JR, RABENSCHLAG DR, FEIDEN A, BOSCOLO W, SIGNOR AA, BUENO GW. Produção de pacu em tanques-rede no reservatório de Itaipu, Brasil: Retorno Econômico. *Arch. Zootec.* 61 (234): 245-254. 2012.
22. SOUSA RGC, SALLES DNS. Avaliação de diferentes taxas de povoamento sobre o ganho de peso de juvenis de tambaqui produzidos em Presidente Médici – Rondônia. 5(4): 97-101, 2015.
23. WOYNÁROVICH A.; VAN ANROOY R. Field guide to the culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816). *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*; Rome, Ed. 624, 1-9, 11-53, 55-113, 115-121, I, IV. , 2019.

“

Perspectivas da meta-análise no uso de aditivos em dietas para leitões no pós-desmame

- I Cheila Roberta **Lehnen**
UEPG/DEZOO
- I João Otávio **Hilgemberg**
PPZ/UEPG
- I Pedro Gallioto **Miranda**
UEPG/PPZ
- I Rafaela **Hilgemberg**
UEPG
- I Bianca **Zotti**
UEPG

RESUMO

Os leitões após o desmame são continuamente desafiados. Alterações no ambiente de alojamento, composição nutricional e forma física do alimento, disputas durante o estabelecimento da hierarquia social causam desordens fisiológicas que comprometem o bom desempenho deste animal. Diversos aditivos para uso em dietas de leitões têm sido amplamente explorados para minimizar o impacto negativo do desmame. Nutracêuticos, próbióticos, enzimas, acidificantes e extratos vegetais apresentam muitos resultados e todos disponíveis na literatura científica. Entretanto, devido a variabilidade nas informações e a complexidade dos estudos envolvendo o tema torna necessária uma abordagem sistêmica. A meta-análise é uma das técnicas que podem ser utilizadas para analisar e sumarizar dados, combinando resultados de vários estudos para fazer uma síntese reproduzível e quantificável dos mesmos. Neste sentido, esta revisão apresenta os resultados da sistematização das informações e de meta-análise de aditivos utilizados nas dietas de leitões no pós-desmame e em creche. Pesquisas com enzimas, acidificantes, nutracêuticos e extratos vegetais em dietas de leitões constantemente apresentam novos resultados. Por esta razão, a meta-análise através da atualização dos bancos de dados pode contribuir na aplicação prática de níveis, momento ideal e uso racional destes aditivos alimentares para leitões no pós-desmame e creche.

Palavras-chave: Acidificantes, Enzimas, Glutamina, Vitamina C.

INTRODUÇÃO

A representatividade da suinocultura brasileira na produção global de alimentos aumenta a cada ano. O Brasil é o quarto maior produtor de carne suína (GOMES; CONY; STELLA, 2019). Esta relevância no mercado mundial de carnes entra em consonância a altas exigências em sanidade de rebanho, nutrição especializada, boas práticas de criação dos animais, remoção dos antimicrobianos de síntese e a padronização da carne suína. Atualmente, o desafio é aliar todas estas demandas com a sustentabilidade do sistema de produção e a redução dos custos de alimentação dos animais. Neste contexto, as enzimas tem sido adicionadas continuamente para aproveitar o uso de coprodutos e melhorar o aproveitamento dos ingredientes pelo animal (DELMASCHIO, 2018).

O leitão pós-desmame é continuamente desafiado, seja pela alteração do ambiente onde será alojado, de dieta, hierarquia social e de manejo. Todos estes fatores podem comprometer o desenvolvimento intestinal dos leitões interferindo em seu crescimento. Este estresse fisiológico em nível intestinal e celular tem sido amplamente pesquisado e, nutracêuticos como a L-glutamina e a vitamina C, respectivamente, minimizam o impacto da descamação epitelial do intestino (CRUZAT et al., 2018) e o estresse oxidativo (MIRANDA; LEHNEN; ZOTTI, 2018).

A inclusão de antibióticos nas dietas sempre controlou problemas sanitários e melhorou o desempenho de leitões em desmame e creche. Por muito tempo, o uso de antibióticos indiscriminado na suinocultura foi adotado com o intuito de melhorar a saúde e crescimento dos suínos. Entretanto, a partir disso, teve uma crescente preocupação dos consumidores ao uso dos antibióticos na produção levando a proibição do uso como aditivo na alimentação dos suínos. Diante disso, fez com que a procura de métodos alternativos que substituíssem o uso de antibiótico aumentasse, visando a saúde e melhor desempenho dos animais (WANG et al., 2018).

Alternativas aos antibióticos são amplamente pesquisadas e disponíveis na literatura científica. Os acidificantes, ácidos orgânicos e sais, são comumente adicionados a dietas pré-iniciais de leitões para diminuir o pH intestinal e controlar a população de bactérias patogênicas (DENCK; HILGEMBERG; LEHNEN, 2017). Os extratos vegetais possuem mecanismos de ação pouco conhecidos pela ciência, contudo são reconhecidas as ações imunostimulantes, moduladoras da microbiota intestinal e de melhora na digestão dos nutrientes (DENLI; DEMIREL, 2018). Muitas alternativas estão disponíveis no mercado para inclusão nas dietas de leitões nas fases iniciais do seu crescimento. Em consonância, a produção de conhecimento por meio de experimentos e pesquisas científicas explora novos mecanismos de ação, diferentes compostos e princípios ativos além de propor níveis de inclusão

diferenciados. Neste sentido, a cada momento temos novos estudos com novas repostas e uma grande quantidade de informações para a tomada de decisão.

Para viabilizar o uso de aditivos no campo a partir de um grande volume de informações geradas se faz necessário o uso da meta-análise. Esta ferramenta permite quantificar os efeitos e gerar novas conclusões a partir da compilação de vários estudos anteriores. Assim, nesta revisão abordamos conceitualmente a meta-análise e resultados já obtidos no uso de aditivos para leitões no pós-desmame e em creche.

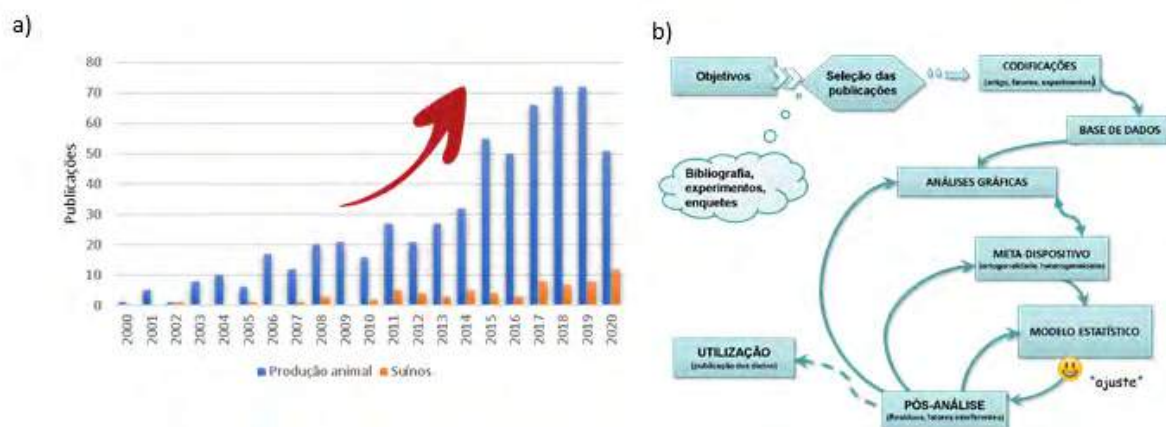
A SISTEMATIZAÇÃO E META-ANÁLISE NA PESQUISA CIENTÍFICA

A cada dia, a produção de conhecimento e a disponibilidade de informações cresce. A busca pelo conhecimento antes apenas disponível em livros e bibliotecas hoje se encontra prontamente disponível, de forma rápida e acessível na internet. Este crescimento na produção do conhecimento também ocorreu na produção animal, o que permitiu avanços em pesquisas em diferentes áreas, em especial na modelagem e exigências nutricionais dos animais. Através da compilação das informações, a partir da sistematização e meta-análise, é possível integrar diversos fatores que interferem sobre o animal e ambiente. Por muito tempo a meta-análise foi uma ferramenta utilizada na área médica. Entretanto, vem ganhando cada vez mais espaço nas áreas agrárias, em especial na produção animal. Nesta área, a meta-análise tem permitido explicar fatores biológicos e inclusive prever, através de modelos empíricos, fenômenos associados ao animal ou aos fatores que interferem na produção. Além disso, tem permitido reduzir o viés e imprecisão e aumentar o domínio e validade dos modelos.

A meta-análise pode ser caracterizada como uma compilação de dados através do uso de ferramentas estatísticas adequadas para quantificar e extrair novas informações (SAUVANT et al., 2008). A técnica busca ajustar os resultados para a diversidade experimental (LOVATTO et al., 2007), tendo por essência resumir e quantificar o conhecimento adquirido através de experimentos anteriores (ST-PIERRE, 2001). Além disso, pode ser útil em caso de resultados aparentemente conflitantes ou para avaliar efeitos adicionais que demandam características de delineamento não compatíveis com os testes individuais (DERSIMONIAN; LAIRD, 2015). A meta-análise permite obter estimativas mais precisas que em uma série de pequenos estudos. Isto porque a maioria dos trabalhos quando individualizados são muito pequenos para responder com confiança a todas as questões abordadas pela pesquisa ou para permitir a tomada de decisão (LOVATTO et al., 2007). Na produção animal, a meta-análise e modelagem permitem obter novas informações de um conjunto de estudos baseados nas respostas quantitativas. Propõem equações que permitem representar parte ou um processo biológico. Os avanços com o uso da meta-análise na produção animal

e na suinocultura têm aumentado continuamente (Figura 1a). Esse fenômeno se deve a facilidade de busca das informações, o baixo custo na elaboração de uma pesquisa envolvendo a abordagem e a possibilidade de novas respostas a partir da integração de muitos fatores.

Figura 1. Evolução em publicações com títulos de artigos contendo palavras-chave “meta-análise x produção animal”, “meta-análise x suínos” na base do Science direct (a). Principais etapas de uma meta-análise (adaptado SAUVANT et al., 2008) (b).



A principais etapas de uma meta-análise (Figura 1b) compreendem a definição dos objetivos da pesquisa, o qual deve estar bem definida pois é essencial no estabelecimento dos critérios de seleção das publicações que irão compor a base de dados. Estas publicações podem ser provenientes de artigos científicos publicados em bases bibliográficas indexadas, dados brutos de experimentos, resultados de questionários ou enquetes e literatura cinza (dissertações, teses, resumos publicados em eventos). As codificações são necessárias para definir critérios e fatores que possam interferir nas respostas da meta-análise. As codificações podem surgir de análises gráficas, as quais são importantes para verificarmos a coerência biológica dos dados e outliers. Tanto as codificações quanto a interpretação da análise gráfica são necessárias para definir o modelo estatístico mais apropriado. Os testes de normalidade e heterogeneidade são importantes na tomada de decisão do procedimento estatístico. Na análise dos dados (meta-análise) avaliamos os resíduos e possíveis fatores que interferem nas variáveis respostas com o intuito de minimizar o erro estatístico, muitas vezes causado pela aleatoriedade dos fatores que integraram a base de dados. Por fim, os resultados obtidos podem ser utilizados no formato de equações de predição (estudo de efeitos quantitativos), resultados médios e correlações (estudo de efeitos qualitativos) e gráficos.

Através da meta-análise, está sendo possível elucidar fenômenos em diversas áreas de pesquisa em suínos que antes não eram perceptíveis em um único estudo. Exemplos destas integrações de fatores podem ser verificados em diversos estudos nas áreas de saúde de rebanho, ambiente e bem estar animal, avaliação de alimentos e nutrição, além de aditivos alimentares. Neste sentido podemos referenciar vários estudos recentes que avaliaram o

impacto de micotoxinas, parasitas e do desafio sanitário (ANDRETTA et al., 2016; KIPPER et al., 2013; PASTORELLI et al., 2012), o efeito da temperatura do ambiente (RENAUDEAU; NOBLET, 2001) dos diferentes sistemas de alojamento para porcas (MELCHIOR et al., 2012) e de enriquecimento ambiental para suínos (AVERÓS et al., 2015). Quanto ao uso de aditivos diversos estudos vem apresentando resultados promissores como o uso de enzimas e seu potencial nutritivo em dietas para leitões em creche e suínos em crescimento de terminação (LEHNEN et al., 2011; TORRES-PITARCH et al., 2019), partidores de nutrientes como ractopamina para suínos em terminação (ANDRETTA et al., 2011) e em porcas gestantes e lactantes (PEREIRA et al., 2020). Assim como resultados preliminares em estudos do Grupo BioModel/UEPG envolvendo meta-análise com aditivos em leitões em creche serão abordados no escopo desta revisão de literatura.

FISIOLOGIA DIGESTIVA DE LEITÕES E O IMPACTO DA GLUTAMINA

Na suinocultura brasileira, os leitões são desmamados próximo dos 21 dias de idade (SANTOS et al., 2019). O desmame nessa idade requer um atendimento a uma série de necessidades relativas à nutrição, em razão da imaturidade de sistema digestório dos leitões (CALDARA et al., 2007). Os leitões ao desmame ainda apresentam um sistema digestivo pouco desenvolvido, com limitações na secreção de ácido clorídrico pelo estômago, uma produção e atividade limitada do pâncreas, além de possuírem um sistema gastrointestinal muito imaturo, com enterócitos pouco desenvolvidos e com a presença de limitações na secreção das enzimas intestinais (HEO et al., 2013). Essas limitações são agravadas com o estresse em que o leitão é submetido na fase de desmame, sendo que, esses desafios comprometem a estrutura intestinal, gerando uma menor capacidade de absorção de nutrientes, já que a barreira intestinal é danificada, além disso, há também uma perda de microrganismos e uma homeostase imune intestinal desequilibrada (XIONG et al., 2019). De modo geral, a mudança abrupta da dieta de alimentos líquidos para sólidos, que causa efeitos negativos na integridade intestinal dos leitões, prejudicando a capacidade digestiva e de absorção de nutrientes, aumentando o estresse oxidativo e deixando os animais mais suscetíveis a morbidades que podem leva-los a morte (DOWARAH et al., 2018).

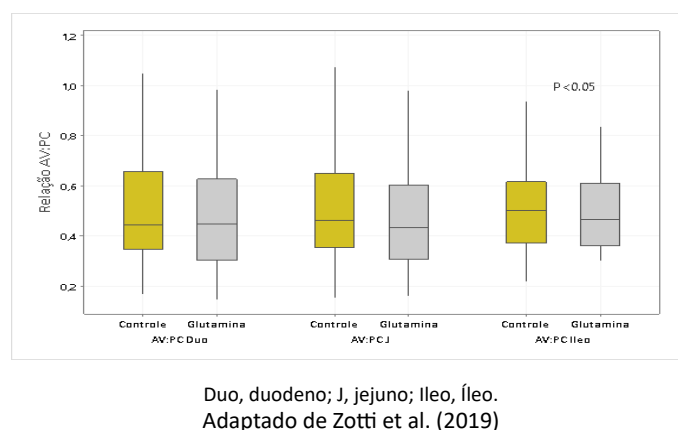
Em um trabalho realizado por Guevarra et al., 2018, notou-se que o processo de desmame alterou visivelmente a composição e as capacidades funcionais da microbiota intestinal dos leitões, sendo que essas mudanças após o desmame, podem levar a um aumento da suscetibilidade dos mesmos a diarreia, por exemplo. Além disso, o desmame altera o desenvolvimento de funções da barreira do trato gastrointestinal do leitão, gerando sérios prejuízos, que refletirão negativamente no seu desempenho por toda a sua vida (PLUSKE; TURPIN; KIM, 2018).

A carga de estresse que o leitão recebe no momento do desmame, resultará em alterações arquitetônicas e funcionais no intestino, como por exemplo o encurtamento das vilosidades, hiperplasias de criptas, uma menor capacidade de absorção e também uma diminuição nas atividades enzimáticas, problemas resultam em doenças entéricas, consequente baixo desempenho e até a morte dos mesmos (WANG et al., 2019). Em um estudo realizado por YIN et al., (2018) investigou-se os impactos do desmame no desenvolvimento de sistema antioxidante de leitões, onde se observou que o desmame regulou negativamente a expressão de genes superóxido dismutases codificadas (ou seja, CuZnSOD e MnSOD) e glutathione peroxidases (ou seja, GPx1 e GPx4) no jejuno desses animais.

A glutamina ou L-glutamina é considerada o aminoácido livre mais abundante no corpo, isso porque a sua concentração no plasma e nos tecidos são de 10 a 100 vezes maiores do que quaisquer outros aminoácidos (CRUZAT et al., 2018). É produzido principalmente pelo músculo esquelético, sendo composto por moléculas de carbono, oxigênio nitrogênio e hidrogênio, estando envolvido em inúmeros processos metabólicos extremamente importantes para a saúde e desenvolvimento intestinal de leitões desmamados (AMORIM et al., 2018).

Em uma meta-análise realizada por Zotti et al., (2019) onde foram compilados 50 artigos, que avaliavam o impacto do uso da glutamina e/ou análogos sobre a morfometria intestinal e desempenho produtivo de leitões em fase de creche, notou-se uma boa relação altura de vilosidade: profundidade de cripta nas porções do intestino dos leitões que consumiram a glutamina (Figura 2). Isso pode ser explicado pelo fato de a glutamina ter um papel importante na inibição da apoptose celular, e também na diferenciação, replicação e crescimento dos enterócitos, melhorando assim, a relação vilo:cripta (ZOU et al., 2006).

Figura 2. Relação entre altura de vilosidades e profundidades de cripta (AV:PC) de leitões alimentados com dietas contendo glutamina obtidas pela meta-análise

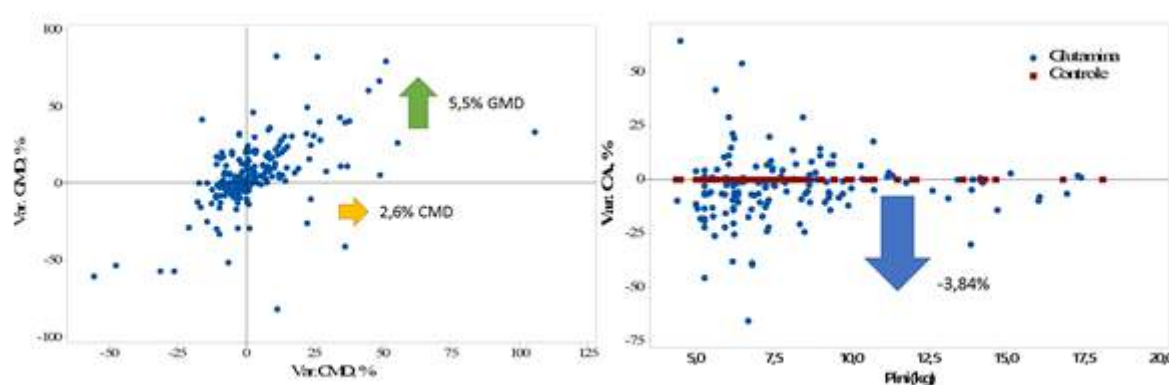


A glutamina é tradicionalmente classificada como aminoácido não essencial, devido à capacidade de ser sintetizada a partir de outros aminoácidos ou nutrientes da ração, porém estudos recentes evidenciaram que pode a mesma pode ser considerada “condicionalmente

essencial” durante processos inflamatórios e situações de estresse, como no momento do desmame, onde a sua produção endógena não consegue suprir a demanda (JI et al., 2019). Quando o leitão está estressado, a glutamina é destinada principalmente para as células do sistema imune, fígado e para os rins, gerando uma “carência” do aminoácido no trato gastrointestinal do leitão, local muito prejudicado pelo desmame, por isso é de grande importância a suplementação desse aminoácido na dieta dos mesmos, a fim de minimizar tais prejuízos (QUISIRUMBAY-GAIBOR, 2020).

Em Zotti e colaboradores (dados ainda não publicados) notou-se que os leitões desmamados que consumiram a glutamina, apresentaram um aumento de 5,5% no ganho médio diário e um aumento de 2,6% no consumo de ração e o mais evidente é que os leitões que consumiram esse aminoácido apresentaram uma diminuição de 3,84% na conversão alimentar (Figura 3). Isso pode ser explicado pelos leitões apresentarem uma melhor morfometria intestinal, o que resultou em uma melhor absorção de nutrientes, refletindo positivamente na conversão alimentar e ganho de peso (HANCZAKOWSKA; NIWIŃSKA, 2013). Em um trabalho realizado por Zou et al., 2019, onde se avaliou o impacto da utilização da glutamina associada a alanina na morfometria e desempenho de leitões em fase de creche, notou-se que essa associação teve efeitos benéficos no alívio da depressão do crescimento em leitões desmamados, principalmente associados a melhor morbidade intestinal, onde se observou uma maior capacidade de digestão e absorção de nutrientes. O uso da L-glutamina é eficaz na melhoria do desempenho de crescimento e saúde intestinal de leitões recém-desmamados (MCCONN et al., 2020).

Figura 3. Relação entre variáveis de desempenho de leitões alimentados com dietas contendo glutamina obtidas pela meta-análise



Variação do tratamento glutamina em relação ao tratamento controle; Consumo médio de ração diário (CMD), ganho médio de peso diário (GMD), conversão alimentar (CA).

Adaptado de Zotti et al. (2019)

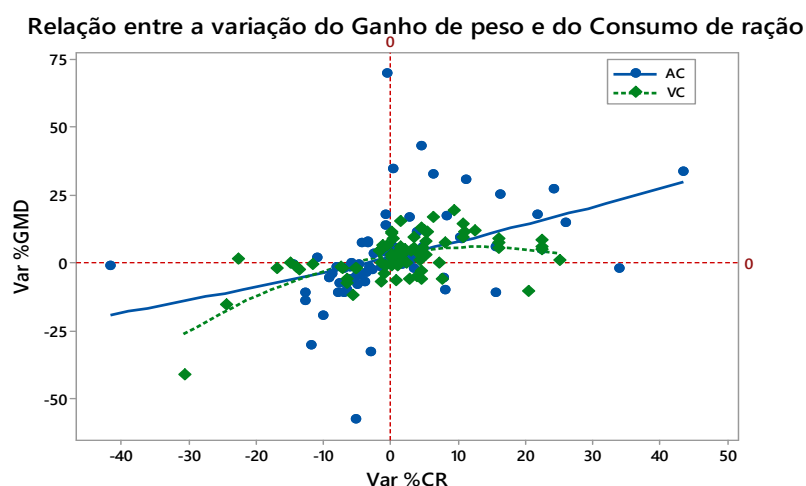
VITAMINA C OU ÁCIDO ASCÓRBICO

O Ácido Ascórbico, mais conhecido como vitamina C, muitas vezes suplementado na forma de extrato cítrico. É um elemento produzido através da fermentação, apresenta um sabor levemente azedo porém bem atrativo, o componente é principalmente encontrado na polpa de frutas cítricas como a laranja, limão, o kiwi e acerola (NAKANO; AHERNE; THOMPSON, 2010). O ácido ascórbico é extremamente instável, podendo sofrer facilmente processos oxidativos irreversíveis, caso isso ocorra, ele se converte em um composto denominado ácido dicetoglutônico e ácido L-thrônico, sendo essa uma reação irreversível (MAHAN; CHING; DABROWSKI, 2004). As principais funções do ácido ascórbico são, síntese de colágeno, participação em processos de hidroxilação humoral e desenvolvimento do esqueleto fetal, desenvolvimento e manutenção de gônadas, sendo muito importante no sistema reprodutivo (FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2008).

Outros compostos de extremo destaque aos extratos vegetais são os bioflavonóides, ou apenas flavonoides. Os bioflavonóides apresentam um grande efeito sinérgico com o ácido ascórbico, ou vitamina C, presente especialmente nos extratos cítricos (ROBERT et al., 2001). Esse sinergismo apresenta um importante papel relacionado a redução do dano oxidativo, pois a ação antioxidante de ambos os compostos pode aumentar a imunidade mediada por células, o que pode principalmente diminuir a suscetibilidade do leitão a doenças causadas pelo estresse, especialmente na fase inicial da creche (LEHNEN et al., 2012). Porém os diversos estudos relacionados aos extratos vegetais cítricos, apresentam muitas discrepâncias entre si, apresentando resultados muito contraditórios.

Em um estudo meta-analítico realizado por Miranda; Lehen; Zotti (2018) contendo 47 artigos, totalizando 3631 leitões e 313 tratamentos os resultados demonstraram que a maior parte dos tratamentos com ácido ascórbico ficaram próximos ao grupo controle. Contudo os leitões que receberam ácido cítrico obtiveram melhores resultados no consumo de ração e ganho de peso em relação aos leitões que receberam ácido ascórbico (Figura 4). Uma das razões para essa diferença, está associada a características naturais do ácido ascórbico, sendo um composto extremamente instável e podendo sofrer diversas reações irreversíveis mascarando os resultados ou indicando valores discrepantes (MAHAN; CHING; DABROWSKI, 2004).

Figura 4. Variação entre ganho de peso e consumo de ração de leitões alimentados com dietas contendo ácido cítrico ou Vitamina C em relação ao grupo controle.



Adaptado de Miranda; Lehnen; Zotti (2018)

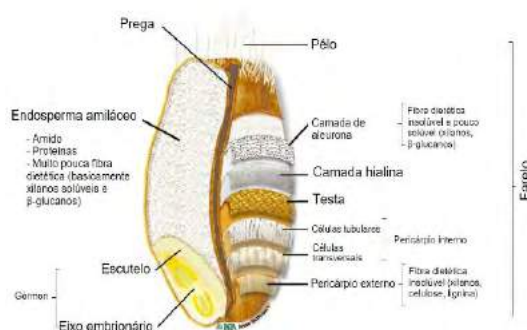
De acordo com Su et al., (2018), o consumo de ração e o ganho de peso não está relacionado a níveis crescentes de vitamina C nas dietas de leitões. Os nossos resultados corroboram com os resultados encontrados por Sosnowska et al., (2011) e Stoecker et al., (2016), onde a adição da vitamina C não apresentou resultados significativos para o desempenho dos leitões. Entretanto, uma reação inversa entre ácido cítrico e ganho de peso foi identificada. Esta relação indica que à medida que os níveis de ácido cítrico na dieta aumentaram, proporcionalmente, o ganho de peso dos leitões foi diminuindo. De acordo com Ko et al. (2018), o ácido cítrico pode melhorar a ação enzimática nas primeiras semanas de vida do animal, auxiliando na maior ação digestiva nos primeiros dias após o desmame do leitão, além de reduzir a concentração de patógenos no trato gastrointestinal (AHMED et al., 2014). Esses resultados foram possíveis devido a maior redução do pH em relação a vitamina C.

ENZIMAS: CARBOIDRASES

Muitos fatores podem influenciar no melhor aproveitamento dos nutrientes, como por exemplo: fase animal e ingredientes da dieta. Na fase animal podemos ter como exemplo leitões recém desmamados, no qual o desmame é algo muito estressante, em razão a uma grande mudança tanto na questão de ambiente, formação de lotes bem como mudança da dieta, pois passa de uma dieta líquida para sólida e isso pode resultar na redução de desempenho. Para leitões na fase inicial de creche deve-se fornecer alimentos palatáveis e digestíveis, já que seu trato digestivo não está pronto para digerir certos componentes. Dietas a base de milho e farelo de soja tem sido utilizada na alimentação de leitões, pois atendem a exigência nutricional desses animais, mas não é apropriada por conta dos fatores

que reduzem a sua digestibilidade (WANG et al., 2018). Na estrutura dos alimentos como demonstra a figura 5, existem alguns componentes que são de difícil aproveitamento pelos suínos, denominados polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) (SILVA et al., 2016). Esses constituintes que estão presentes em maior parte na camada de aleurona do grão, podem ser a celulose, hemicelulose, quitina e pectinas. As consequências negativas que esses componentes podem trazer são os fatores antinutricionais, já que são considerados as partes de maior dificuldade digestiva. Enzimas endógenas não tem a capacidade de degradá-los, onde afetam a digestibilidade dos nutrientes (menor aproveitamento dos constituintes do endosperma amiláceo, sendo a porção mais digestível) e modificam o tempo do alimento no trato digestório (BRITO et al., 2009; ZENG et al., 2018).

Figura 5. Secção transversal de um grão de trigo integral com a localização das suas partes.



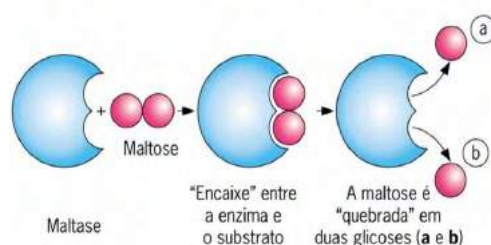
Fonte: SOLÀ-ORIOL, 2019.

As carboidrases podem ser classificadas de acordo com especificidade de ação, sendo elas: arabinase, β -glucanase, celulase, hemicelulase, pectinase, α -galactosidase, mananase, amilase, galactosidase, xilanase, etc. Quando se adicionam carboidrases na dieta de suínos, elas têm a função de catalisar reações que degradam carboidratos. Dessa maneira aumentam a digestibilidade dos nutrientes e melhoram o aproveitamento destes pelo animal. O principal objetivo das carboidrases, é a degradação dos PNAs, pois os suínos não possuem enzimas endógenas específicas para sua hidrólise (GOMES; CONY; STELLA, 2019; ZENG et al., 2018). Quando as carboidrases são adicionadas a dietas a base de milho e farelo de soja para leitões, a extração de energia e demais nutrientes ocorre de forma mais eficiente (ZHANG et al., 2014).

O modo de ação das carboidrases é através de sítio ativo específico, ou seja, cada enzima age em determinado componente, por exemplo: a maltose será quebrada em duas glicoses a partir da enzima maltase, assim como demonstra a figura 6. A maltase e todas as outras carboidrases apresentam um sítio ativo específico, onde possuem uma cadeia lateral de aminoácidos específicos, que se complementam ao do substrato (maltose como exemplo). Essa interação entre a enzima e substrato, acontece através do modelo

chave-fechadura. Ao se ligar, acontece várias reações para que o carboidrato seja quebrado em menores porções (GOMES; CONY; STELLA, 2019).

Figura 6. Interação entre a maltase e a maltose (substrato específico) e sua quebra em duas glicoses, modelo chave-fechadura.



As carboidrases podem ser utilizadas na forma isolada ou combinada com a enzima fitase na qual melhoram a digestibilidade dos nutrientes (ZENG et al., 2018). Uma das vantagens do uso das carboidrases, é na possibilidade de maior amplitude na escolha dos ingredientes da dieta. Dietas mais complexas tem a tendência de melhor suprimento de exigência (WANG et al., 2018). Um exemplo da escolha alternativa é farinha de mandioca na dieta de suínos com suplementação multienzimática, que pode melhorar o seu valor energético e de outros nutrientes (ABELLA; AGBISIT; SULABO, 2020).

Em uma meta-análise contendo 67 publicações e 139 tratamentos com associações entre enzimas Torres-Pitarch et al. (2019) identificou que a resposta à suplementação enzimática é influenciada pelo cereal principal utilizado na formulação da dieta. Ainda verificou que para suínos em crescimento dietas com suplementação dietética com mananase e complexos multienzimas aumentaram o ganho de peso e a eficiência alimentar. Suínos alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja apresentam melhores respostas com mananase. Enzimas xilanase + β -glucanases não apresentam respostas positivas para suínos em crescimento. Já para leitões desmamados, em um estudo de meta-análise envolvendo 46 artigos e 90 experimentos indica que a suplementação de carboidrases melhora a digestibilidade dos nutrientes, porém sem benefícios no ganho de peso dos animais (TORRES-PITARCH et al., 2017). De modo geral, utilização de carboidrases na dieta de leitões e suínos em crescimento tem impactos positivos na melhor digestibilidade, menor excreção de nutrientes no meio ambiente, flexibilidade de escolha de ingredientes quanto redução de fatores antinutricionais.

IMPORTÂNCIA DOS ANTIBIÓTICOS E SUAS IMPLICAÇÕES

A penicilina, primeiro antibiótico descoberto por Alexander Fleming em 1928, foi introduzido de maneira terapêutica em 1940 e em seguida na produção animal. Mas a utilização

dos antibióticos como promotores de crescimento, tornou-se comum somente na década de 1950 (BRITO et al., 2013; MENTEN et al., 2014; NRC, 1998). Pequenas doses dos antimicrobianos eram fornecidos aos leitões, sendo suficiente para a eliminação de boa parte dos microrganismos indesejáveis, resultando na melhoria do desempenho zootécnico, especialmente dos leitões mais jovens (DIBNER; RICHARDS, 2005).

Os principais efeitos dos antibióticos promotores de desempenho são associados principalmente por: a prevenção de distúrbios digestivos, com a seleção da microbiota intestinal. Os antibióticos promovem a troca de organismos patogênicos por bactérias benéficas, além de reduzir o turnover dos enterócitos e, devido a sua ação anti-inflamatória, inibem uma resposta celular indesejada. Outra ação associada aos antibióticos é a redução da umidade do bolo alimentar. Ambos os fatos colaboram para o aumento da eficiência da utilização dos nutrientes. Em um sistema digestivo saudável, as bactérias são capazes de fornecer energia, vitaminas e aminoácidos. A consequência de todos estes fatos, leva a um aumento no desempenho zootécnico. (CHATTOPADHYAY, 2014; GASKINS; COLLIER; ANDERSON, 2002; MENTEN et al., 2014)

Apesar de apresentarem uma grande eficiência e comprovada ação bactericida, com o decorrer dos anos, os antibióticos foram usados indiscriminadamente, resultando numa seleção de microrganismos mais resistentes, tornando certos princípios ativos mais ineficientes (DIBNER; RICHARDS, 2005; DOWARAH et al., 2017). O que agrava ainda mais esta situação é que os princípios ativos utilizados na produção animal são os mesmos utilizados na medicina humana (MENTEN et al., 2014). Além disso há a possibilidade de serem encontrados resíduos de antibióticos nos produtos de origem animal quando utilizados indiscriminadamente ou sem tomar os devidos cuidados quanto ao prazo de carência (DOWARAH et al., 2017). O resultado disso levou a uma pressão imposta pelos consumidores por severas mudanças na utilização dos antibióticos, visando assegurar a saúde humana e animal. Alguns países da União Europeia já vêm adotando restrições desde 1993. Isso fez com que o bloco europeu viesse a proibir determinados princípios ativos em 1999 e mais tarde em 2006, proibir definitivamente o uso de antibióticos como promotores de desempenho nas dietas de aves e suínos (MENTEN et al., 2014).

Diante disso, pesquisadores e nutricionistas do mundo todo intensificaram as pesquisas, buscando alternativas viáveis e eficientes para substituir os antibióticos na dieta das aves e suínos. Dentre os substitutos mais estudados e utilizados encontram-se os prebióticos, probióticos, simbióticos, extratos vegetais, óleos essenciais (ZHAI et al., 2018b) e acidificantes (DENCK; HILGEMBERG; LEHNEN, 2017; POLYCARPO et al., 2017).

Alternativas aos antibióticos como promotores de crescimento em leitões

Prebióticos, probióticos e simbióticos

Os probióticos são aditivos utilizados na alimentação animal, que podem conter microrganismos vivos e não patogênicos, geralmente bactérias e leveduras, que promovem o equilíbrio e modulação da flora intestinal, além de não deixar resíduos na carcaça e não promover a resistência de outros microrganismos. As principais características dos probióticos são a capacidade de colonização do trato intestinal, alto poder de crescimento mesmo quando suplementado em pequenas quantidades e alta capacidade de sobrevivência durante os processos de fabricação da ração (LANGE et al., 2010).

Os prebióticos são definidos como substâncias não digestíveis, hidrolisadas e absorvidas na porção do trato gastrointestinal e podem estimular o crescimento e a atividade (substrato) para determinadas bactérias benéficas ao organismo, modulando a microbiota intestinal (LE BON et al., 2010). Os principais prebióticos existentes são os oligossacarídeos, possuindo o efeito de impedir a ação de alguns determinados agentes patológicos e aumentar a área de absorção, melhorando a morfologia intestinal (OWUSU-ASIEDU et al., 2010).

Existem ainda os simbióticos, substâncias que podem ser compostas tanto por probióticos como por prebióticos. Eles podem agir de maneira específica para cada local do trato gastrointestinal (BRITO et al., 2013). Os simbióticos já apresentaram bons efeitos zootécnicos em leitões nas fases pós-desmama, melhorando o desempenho e evitando o aparecimento de doenças, sendo importante no controle de microrganismos como a *Salmonella* (JUNQUEIRA et al., 2019).

Extratos vegetais e bioflavonóides

A utilização dos extratos vegetais historicamente se iniciou em seres humanos há milhares de anos, em países como a China, Índia, Grécia e o Egito. Os elementos até hoje são utilizados para a fabricação de alguns tipos de medicamentos e diversos produtos (KEMEL, 2000). Na alimentação animal os extratos vegetais se disseminaram mais recentemente, especialmente como um dos aditivos postulantes a substituir os antimicrobianos. Além disso, podemos citar os óleos essenciais, extraídos diretamente dos extratos das plantas, também estão sendo muito estudados recentemente (SINHORIN et al., 2018). Os efeitos medicinais dos elementos são associados aos seus princípios ativos, presentes em toda a planta. São compostos produzidos pelo sistema de defesa dos vegetais, especialmente contra fatores externos, como estresse climático, fisiológico ou algum tipo de patógeno (DENLI; DEMIREL, 2018).

A utilização dos extratos vegetais já existe há muitos séculos na cultura humana, e ainda hoje os mesmos extratos são utilizados como base para a produção de diversos medicamentos (KEMEL, 2000). Os efeitos benéficos dos extratos vegetais são associados com a constituição de seus princípios ativos e demais complexos (DENLI; DEMIREL, 2018). Os princípios ativos dos extratos estão presentes em todas as partes da planta, sendo estes princípios, pequenos elementos que apresentam baixo peso molecular oriundos na maioria das vezes por processos celulares secundários (PINELO; ARNOUS; MEYER, 2006). Já os óleos funcionais são aqueles que além da sua atividade energética, podem também promover atividades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias (CHENG et al., 2017).

Entre os benefícios destacam-se estímulo a microbiota intestinal e competição com microrganismos patogênicos e melhor aproveitamento dos nutrientes, incluindo a atividade enzimática (XU et al., 2018). Os óleos podem ser efetivos também contra patógenos transmitidos pelos alimentos, principalmente bactérias gram positivas (CALO et al., 2015). Estes compostos são produzidos como um mecanismo de defesa da planta contra fatores externos, especialmente fatores relacionados ao estresse fisiológico, contra a ação de predadores naturais ou patógenos, sendo encontrados na maior parte da planta (DENLI; DEMIREL, 2018). Os grupos de destaque são os alcaloides, glicosídeos, compostos de origem fenólica, mucilagens saponinas, tanino, e os mais difundidos, bioflavonóides e óleos essenciais (DENLI; DEMIREL, 2018).

Acidificantes

Os acidificantes são substâncias utilizadas principalmente na alimentação de aves e suínos, que buscam substituir o uso de antibióticos promotores de crescimento. Podem ser considerados acidificantes, ácidos orgânicos e seus sais, além de ácidos inorgânicos. Os ácidos orgânicos são substâncias naturais presentes em plantas e animais, podendo ser formados por fermentação biológica. Também são conhecidos como ácidos carboxílicos, pois possuem uma ou mais carboxilas ($-\text{COOH}$) em sua molécula. Embora nem todos os ácidos orgânicos possuam atividade antimicrobiana, na alimentação animal são classificados como ácidos de característica polar, fracos e de cadeia curta (dentro de um a sete carbonos na molécula) que produzem menor quantidade de prótons ao se dissociarem (MENTEN et al., 2014).

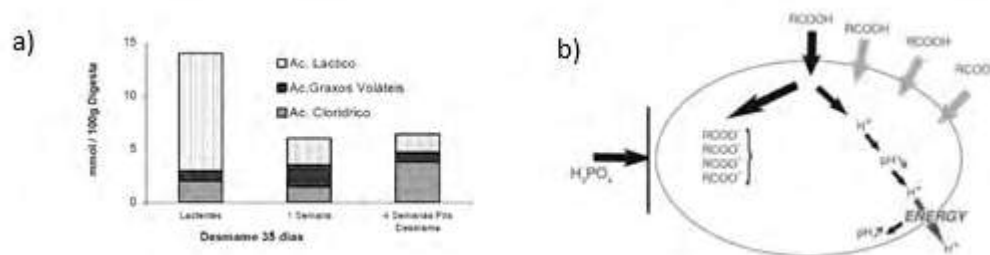
Os sais de ácidos orgânicos são provenientes da substituição do hidrogênio por outro elemento, como sódio, potássio e cálcio, normalmente seus efeitos são menores do que os próprios ácidos, embora sejam mais estáveis, possuam menos odor, são menos voláteis e corrosivos e mais solúveis em água (CANIBE et al., 2001; MROZ, 2005). Já os ácidos inorgânicos não possuem carbono nas suas moléculas, são classificados como ácidos fortes, que em presença de água ionizam-se liberando H^+ . Diferenciam-se dos ácidos orgânicos

pela ausência de átomos de carbono em suas moléculas, exceto em alguns casos (DENCK; HILGEMBERG; LEHNEN, 2017).

Em um primeiro momento, os acidificantes eram incluídos nas dietas como conservantes, prevenindo o aparecimento de fungos na ração (MENTEN et al., 2014). Mas eles apresentam outras características que colaboram para a saúde animal. Os acidificantes possuem a capacidade de equilibrar a flora intestinal, reduzindo o pH do trato digestivo superior, facilitando a digestão e diminuindo a proliferação de microrganismos indesejáveis no estômago e no intestino (SUIRYANRAYNA; RAMANA, 2015). E ainda influenciam na fisiologia da mucosa intestinal (profundidade de criptas e altura de vilosidades) e secreções enzimáticas, melhoram a absorção e retenção de nutrientes e minerais da dieta, servem como substrato para o metabolismo secundário, além de melhorar os índices zootécnicos (PARTANEN; MROZ, 1999) podendo atuar também melhorando a atividade de enzimas antioxidantes no intestino, reduzindo danos na barreira da mucosa intestinal causadas pelo estresse oxidativo (DIAO et al., 2016; HUANG et al., 2015).

Os acidificantes são mais eficientes quando fornecidos a animais mais jovens. Leitões em fase de desmame, por volta dos 21 a 28 dias passam por um conjunto de fatores estressantes que prejudicam a sua saúde e seu desempenho como os diferentes ambientes e o status sanitário das instalações. Até o momento do desmame, o leite é o responsável pela passagem da imunidade da porca para o leitão e por acidificar o trato gastrintestinal (TGI) (fermentação da lactose em ácido láctico), além de estar em um ambiente mais controlado sanitariamente (SUIRYANRAYNA; RAMANA, 2015). Após o desmame, os leitões passam a ocupar um lugar com um desafio sanitário maior, deixam de receber a imunidade pelo leite e inicia-se uma disputa por ração, espaço e água com leitões de outras leitegadas. Junto a isso, existe a imaturidade gastrintestinal associada à baixa secreção de ácido clorídrico (Figura 7a) e atividade enzimática, que fazem com que o leitão não aproveite eficientemente a ração, permitindo que o substrato excedente seja utilizado para o desenvolvimento e proliferação de microrganismos patogênicos (DENCK; HILGEMBERG; LEHNEN, 2017). Portanto a utilização de acidificantes na dieta de leitões pode auxiliar na acidificação do TGI, melhorando o aproveitamento dos nutrientes da dieta e controlando bactérias patogênicas. Com o passar do tempo, o TGI dos leitões amadurece e a eficiência dos acidificantes diminui (TUNG; PETTIGREW, 2006).

Figura 7. Concentrações dos acidificantes no estômago de leitões em três diferentes idades (a) (PUPA, 2008) e mecanismo de ação dos acidificantes sobre a membrana celular bacteriana (b) (GAUTHIER, 2005)



Os acidificantes podem ser encontrados de duas maneiras: não dissociada, (também chamada de forma protonada) ou dissociada (não protonada). Conhecer o comportamento de dissociação dos acidificantes é importante, pois eles influenciam diretamente no pH do meio e assim podemos determinar a força de cada um. Para isso, usa-se a constante de dissociação pK_a , que é a medida quando o ácido se encontra 50% dissociado e 50% não dissociado em solução aquosa com o mesmo valor de pH. Quanto mais próximo o valor de pK_a a 1 mais forte é o ácido (DENCK; HILGEMBERG; LEHNEN, 2017; MENTEN et al., 2014).

Para que os acidificantes atuem com bactericidas ou bacteriostáticos, eles necessitam: 1) estar na forma não dissociada, difundindo-se pela membrana celular das bactérias, 2) dissociar-se quando o pH interno é superior à constante de dissociação (pK_a), 3) promover a diminuição do pH no interior da membrana com a liberação dos prótons (H^+). Certos grupos de bactérias são sensíveis a essa alteração do pH, desta forma, como tentativa de sobrevivência, ativam o mecanismo de bombeamento dos prótons H^+ pela bomba ATPase, consumindo e esgotando a energia celular (Figura 7b). Como a difusão dos ácidos só ocorre quando estes estão na forma não dissociada, ânions acumulam-se internamente, provocando a modificação da pressão osmótica, a interrupção da síntese de ácido nucleico, bloqueio de reações enzimáticas e alteração no transporte através da membrana (CHIQUEIRI et al., 2009; MROZ, 2005; SUIRYANRAYNA; RAMANA, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A meta-análise é uma ferramenta promissora na pesquisa animal, uma vez que reduz os custos em experimentação, melhora o poder analítico, permite elucidar novas lacunas do conhecimento. Entretanto, deve ser utilizada de forma racional, evitando o viés de resultados ou mesmo induzindo-os. O conhecimento crítico sobre a área a ser explorada pela meta-análise é fundamental para a qualidade dos resultados almejados. Pesquisas com enzimas, acidificantes, nutracêuticos e extratos vegetais em dietas de leitões constantemente apresentam novos resultados. Por esta razão, a meta-análise através da atualização dos bancos

de dados pode contribuir na aplicação prática de níveis, momento ideal e uso racional destes aditivos alimentares para leitões no pós-desmame e creche.

■ REFERÊNCIAS

1. ABELLA, L. B.; AGBISIT, E. M.; SULABO, R. C. Effect of multi-enzyme supplementation on energy concentration, nutrient and fiber digestibilities and growth performance of nursery pigs fed diets with cassava meal. **Journal Veterinary and Animal Science**, v. 46, n. 1, p. 42–53, 2020.
2. AHMED, S. T. et al. Comparison of single and blend acidifiers as alternative to antibiotics on growth performance, fecal microflora, and humoral immunity in weaned piglets. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 27, n. 1, p. 93–100, jan. 2014.
3. AMORIM, A. B. et al. Dietary supplementation with glutamine or glutamic acid for weanling piglets. **Pesq. agropec. bras**, v. 53, n. 2, p. 229–237, mar. 2018.
4. ANDRETTA, I. et al. Relationship among ractopamine, nutritional variables and performance in pigs: A meta-analytic study | Relação da ractopamina com componentes nutricionais e desempenho em suínos: Um estudo meta-analítico. **Ciencia Rural**, v. 41, n. 1, p. 186–191, 2011.
5. ANDRETTA, I. et al. Meta-analysis of individual and combined effects of mycotoxins in growing pigs. **Scientia Agricola**, n. 19, p. 13418, 2016.
6. AVERÓS, X. et al. Space allowance during gestation and early maternal separation: Effects on the fear response and social motivation of lambs. **Applied Animal Behaviour Science**, 2015.
7. BRITO, J. M. DE et al. Probióticos, prebióticos e simbióticos na alimentação de não-ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, p. 2525–2545, 2013.
8. BRITO, M. S. DE et al. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111–117, 2009.
9. CALDARA, F. R. et al. Glutamine and carbon turnover in adipose tissue of piglets. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1601–1607, 2007.
10. CALO, J. R. et al. **Essential oils as antimicrobials in food systems - A review** Food Control. Elsevier Ltd, , ago. 2015.
11. CANIBE, N. et al. Effect of K-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. **Journal of animal science**, v. 79, n. 8, p. 2123–33, ago. 2001.
12. CHATTOPADHYAY, M. K. **Use of antibiotics as feed additives: A burning question** Frontiers in Microbiology. Frontiers Research Foundation, 2014.
13. CHENG, C. et al. Effect of oregano essential oil supplementation to a reduced-protein, amino acid-supplemented diet on meat quality, fatty acid composition, and oxidative stability of Longissimus thoracis muscle in growing-finishing pigs. **Meat Science**, v. 133, p. 103–109, nov. 2017.
14. CHIQUIERI, J. et al. Ácidos orgânicos na alimentação de leitões desmamados. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. Supl. 1, p. 609–612, 2009.

15. CRUZAT, V. et al. **Glutamine: Metabolism and immune function, supplementation and clinical translation** *Nutrients* MDPI AG, nov. 2018.
16. DELMASCHIO, I. B. Enzimas na alimentação de animais monogástricos. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 2, n. 1, p. 6–20, 2018.
17. DENCK, F. M.; HILGEMBERG, J. O.; LEHNEN, C. R. Uso de acidificantes em dietas para leitões em desmame e creche. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 256, p. 629–638, 2017.
18. DENLI, M.; DEMIREL, R. **Replacement of antibiotics in poultry diets** *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* CABI International, 2018.
19. DERSIMONIAN, R.; LAIRD, N. Meta-analysis in clinical trials revisited. **Contemporary Clinical Trials**, 2015.
20. DIAO, H. et al. Effects of benzoic acid (VevoVital®) on the performance and jejunal digestive physiology in young pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 32, dez. 2016.
21. DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D. **Antibiotic growth promoters in agriculture: History and mode of action**. Poultry Science. *Anais...Poultry Science Association*, 2005
22. DOWARAH, R. et al. Effect of swine based probiotic on performance, diarrhoea scores, intestinal microbiota and gut health of grower-finisher crossbred pigs. **Livestock Science**, v. 195, n. November 2016, p. 74–79, 2017.
23. DOWARAH, R. et al. Selection and characterization of probiotic lactic acid bacteria and its impact on growth, nutrient digestibility, health and antioxidant status in weaned piglets. **PLoS ONE**, v. 13, n. 3, mar. 2018.
24. FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M. et al. Vitamin C and β -carotene in diets for pigs at weaning. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 3–4, p. 313–326, 2008.
25. GASKINS, H. R.; COLLIER, C. T.; ANDERSON, D. B. Antibiotics as growth promotants: Mode of action. **Animal Biotechnology**, v. 13, n. 1, p. 29–42, 2002.
26. GAUTHIER, R. D. V. M. **Organic acids and essential oils, a realistic alternative to antibiotic growth promoters in poultry**. I Forum Internacional de Avicultura. *Anais...Foz do Iguaçu, Paraná*: 2005
27. GOMES, B. K.; CONY, B. S. DE L.; STELLA, L. Enzimas exógenas na alimentação de suínos. **Nutritime**, v. 16, n. 3, p. 8477–8487, 2019.
28. GUEVARRA, R. B. et al. The dynamics of the piglet gut microbiome during the weaning transition in association with health and nutrition. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 54, dez. 2018.
29. HANCZAKOWSKA, E.; NIWIŃSKA, B. Glutamine as a feed supplement for piglets: A review. **Annals of Animal Science**, 2013.
30. HEO, J. M. et al. **Gastrointestinal health and function in weaned pigs: A review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds** *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* J Anim Physiol Anim Nutr (Berl), abr. 2013.

31. HUANG, C. et al. Dietary Sodium Butyrate Decreases Postweaning Diarrhea by Modulating Intestinal Permeability and Changing the Bacterial Communities in Weaned Piglets. **The Journal of Nutrition**, v. 145, n. 12, p. 2774–2780, dez. 2015.
32. JI, F. J. et al. **Review: The roles and functions of glutamine on intestinal health and performance of weaning pigs** *Animal*. Cambridge University Press, nov. 2019.
33. JUNQUEIRA, O. M. et al. Uso de aditivos em rações para suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2394–2400, 2019.
34. KEMEL, C. A novel look at a classic approach of plant extracts. **Feed mix.**, v. 8, n. 3, p. 16–18, jan. 2000.
35. KIPPER, M. et al. Meta-analysis of the performance variation in broilers experimentally challenged by *Eimeria* spp. **Veterinary Parasitology**, v. 196, n. 1–2, p. 77–84, 2013.
36. KO, Y. et al. Effects of dietary supplementation with essential oils and organic acids on the growth performance, immune system, faecal volatile fatty acids and microflora community in weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 1, p. 133–143, 2018.
37. LANFERDINI, E. et al. **Digestibilidade de dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo extratos cítricos** *Archivos de Zootecnia*. Universidad de Cordoba, Servicio de Publicaciones, 2013.
38. LANGE, C. F. M. DE et al. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs □. **Livestock Science**, v. 134, n. 1–3, p. 124–134, 2010.
39. LE BON, M. et al. Influence of probiotics on gut health in the weaned pig. **Livestock Science**, v. 133, n. 1–3, p. 179–181, 2010.
40. LEHNEN, C. R. et al. Meta-analysis of ileal digestibility of amino acids and minerals in pigs fed diets containing enzymes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2011.
41. LEHNEN, C. R. et al. Alimentação de leitões em creche com dietas contendo ácido ascórbico e bioflavonóides. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 233, p. 103–109, 2012.
42. LOVATTO, P. A. et al. Revista Brasileira de Zootecnia Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias Meta analysis in scientific research : a methodological approach. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.
43. MAHAN, D. C.; CHING, S.; DABROWSKI, K. Developmental Aspects and Factors Influencing the Synthesis and Status of Ascorbic Acid in the Pig. **Annual Review of Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 79–103, 2004.
44. MCCONN, B. R. et al. Replacing dietary antibiotics with 0.20% l-glutamine and synbiotics following weaning and transport in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 9, p. 1–13, set. 2020.
45. MELCHIOR, R. et al. Meta-analysis on the relationship among feeding characteristics, salivary and plasmatic cortisol levels, and performance of pregnant sows housed in different systems. **Livestock Science**, v. 150, n. 1, p. 310–315, 2012.
46. MENTEN, J. F. M. et al. Antibióticos, ácidos orgânicos e óleos essenciais na nutrição de monogástricos. In: SAKOMURA, N. K. et al. (Eds.). **Nutrição de não ruminantes**. 1ª edição ed. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 511–536.

47. MIRANDA, P. A. G.; LEHNEN, C. R.; ZOTTI, B. Vitamina C e ácido cítrico na dieta de leitões em creche. **Congresso Agropecuário, Industrial e Tecnológico do Paraná 2019 – CONAI-TEC 2019**, 2018.
48. MROZ, Z. Organic Acids as Potential Alternatives to Antibiotic Growth Promoters for Pigs. **Advances in Pork Production**, v. 16, p. 169–182, 2005.
49. NAKANO, T.; AHERNE, F. X.; THOMPSON, J. R. Effect of Dietary Supplementation of Vitamin C on Pig Performance and the Incidence of Osteochondrosis in Elbow and Stifle Joints in Young Growing Swine. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 63, n. 2, p. 421–428, 2010.
50. **National Research Council**. 10. ed. Washington, D.C.: National Academies Press, 1998.
51. OWUSU-ASIEDU, A. et al. Effect of xylanase and β -glucanase on growth performance and nutrient digestibility in piglets fed wheat – barley-based diets. **Livestock Science**, v. 134, n. 1–3, p. 76–78, 2010.
52. PARTANEN, K. H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition Research Reviews**, v. 12, p. 117–145, 1999.
53. PASTORELLI, H. et al. Meta-analysis of feed intake and growth responses of growing pigs after a sanitary challenge. **Animal**, v. 6, n. 6, p. 952–961, 2012.
54. PEREIRA, L. P. et al. Implications of nutritional modulators in productive performance of pregnant and lactating sows. **Livestock Science**, v. 232, p. 103919, fev. 2020.
55. PINELO, M.; ARNOUS, A.; MEYER, A. S. Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, n. 11, p. 579–590, 2006.
56. PLUSKE, J. R.; TURPIN, D. L.; KIM, J. C. **Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig** *Animal Nutrition*, 2018.
57. POLYCARPO, G. V. et al. Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 10, p. 3645–3653, 2017.
58. PUPA, J. M. R. **Saúde intestinal dos leitões: o papel de alguns agentes reguladores**. I Simpósio Brasil Sul de Suinocultura. **Anais...Concórdia: Embrapa Suínos e Aves: 2008**
59. QUISIRUMBAY-GAIBOR, J. Meta-analysis of the effect of glutamine dietary inclusion on productive performance in piglets. **Granja**, v. 31, n. 1, p. 98–110, 2020.
60. RENAUDEAU, D.; NOBLET, J. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 6, p. 1540–1548, 2001.
61. ROBERT, J. N. et al. Flavonoids a review of probable mechanisms of action. **Am J Clin Nutr**, v. 74, n. 4, p. 418–425, 2001.
62. SANTOS, L. S. et al. Growth performance and intestinal replacement time of ^{13}C in newly weaned piglets supplemented with nucleotides or glutamic acid. **Livestock Science**, v. 227, p. 160–165, set. 2019.

63. SAUVANT, D. et al. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.
64. SILVA, D. M. DA et al. Carboidratos em rações de frangos de corte. **Pubvet**, v. 10, n. 11, p. 861–872, 2016.
65. SINHORIN, A. L. et al. Óleo Essencial Na Dieta De Leitoes Na Fase De Creche. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 20, n. 3, p. 147–151, 2018.
66. SOLÀ-ORIOL, D. **Xilanases**. Disponível em: <https://www.3tres3.com.pt/artigos/xilanases_12228/>. Acesso em: 25 set. 2020.
67. SOSNOWSKA, A. et al. Effect of dietary vitamins E and C supplementation on performance of sows and piglets. **Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences**, v. 61, n. 4, p. 196–203, 2011.
68. ST-PIERRE, N. R. **Invited review. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology** **Journal of Dairy Science**, 2001.
69. STOECKER, B. J. et al. L-ascorbyl-2-polyphosphate as a vitamin C source for segregated and conventionally weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 6, p. 1636, 2016.
70. SU, Y. et al. The detoxification effect of vitamin C on zearalenone toxicity in piglets. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 158, n. April, p. 284–292, 2018.
71. SUIRYANRAYNA, M. V. A. N.; RAMANA, J. V. A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 6, p. 45, 2015.
72. TORRES-PITARCH, A. et al. Effect of feed enzymes on digestibility and growth in weaned pigs: A systematic review and meta-analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 233, 2017.
73. TORRES-PITARCH, A. et al. Systematic review and meta-analysis of the effect of feed enzymes on growth and nutrient digestibility in grow-finisher pigs: Effect of enzyme type and cereal source. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, 2019.
74. TUNG, C. M.; PETTIGREW, J. E. Critical Review of Acidifiers. **Animal Science**, p. 1–48, 2006.
75. WANG, L. et al. Rapid Communication: The relationship of enterocyte proliferation with intestinal morphology and nutrient digestibility in weaning piglets. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 1, p. 353–358, jan. 2019.
76. WANG, Y. et al. Effect of diet complexity, multi-enzyme complexes, essential oils, and benzoic acid on weanling pigs. **Livestock Science**, v. 209, p. 32–38, 2018.
77. XIONG, X. et al. Nutritional Intervention for the Intestinal Development and Health of Weaned Pigs. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, 2019.
78. XU, Y. T. et al. Effect of organic acids and essential oils on performance, intestinal health and digestive enzyme activities of weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 110–119, jan. 2018.
79. YIN, J. et al. Development of an antioxidant system after early weaning in piglets. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 2, p. 612–619, fev. 2014.

80. ZENG, Z. K. et al. The combination of carbohydrases and phytase to improve nutritional value and non-starch polysaccharides degradation for growing pigs fed diets with or without wheat bran. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 138–146, 2018.
81. ZHAI, H. et al. Potential of essential oils for poultry and pigs. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 179–186, 2018a.
82. ZHAI, H. et al. Potential of essential oils for poultry and pigs. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 179–186, jun. 2018b.
83. ZHANG, G. G. et al. Effects of dietary supplementation of multi-enzyme on growth performance, nutrient digestibility, small intestinal digestive enzyme activities, and large intestinal selected microbiota in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 5, p. 2063–2069, 2014.
84. ZOU, T. D. et al. Dietary alanyl-glutamine improves growth performance of weaned piglets through maintaining intestinal morphology and digestion-absorption function. **Animal**, 2019.
85. ZOU, X. T. et al. Effects of glutamine on growth performance of weanling piglets. **Czech Journal of Animal Science**, 2006.

“

Productive behavior of MEVEZUG lambs in native grasslands during the rainy season, in Tierra Caliente Guerrero, Mexico

■ Esteban Julián Mireles **Martínez**
Universidad Autónoma de Guerrero, México

■ Rodríguez Acosta **Duniesky**
Instituto de Ciencia Animal Cuba

■ Vázquez Jordán **Humberto**
Instituto de Ciencia Animal Cuba

■ Gutiérrez Segura **Isidro**
Universidad Autónoma de Guerrero, México

■ Catalán Robles **Adiel**
Universidad Autónoma de Guerrero, México

■ Alonso Galeana **José**
Universidad Autónoma de Guerrero, México

■ Cuicas Huerta **Rosendo**
Universidad Autónoma de Guerrero, México

■ Valencia Almazán Ma **Trinidad**
Universidad Autónoma de Guerrero, México

■ Palacios Vázquez **Azael**
Universidad Autónoma de Guerrero, México

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the average daily weight (ADG), carcass hot performance (CHP) and the weight of some viscera of MEVEZUG lambs grazing in native grasslands during the rainy season (June- September) of 2016. Eighteen lambs with an average weight of 221.9 ± 4.2 kg were used. The animals grazed 10 hours daily, from 9 am to 7 pm. The animals were weighed every 21 days, in four times, after a previous fast of 12 hours. The statistical analysis included the determination of mean, standard deviation and coefficient of variability. The daily weight gain of the animals was 95.2 ± 19.45 g, with 55.6% of lambs with weight above average. The following numbers were found in the weight of lambs slaughtered, in the carcass and CHP: 27.17 ± 5.2 g, 10.39 ± 2.2 kg and 38.12 ± 1.2 , respectively. The contents of the compartments of the gastrointestinal tract of the lambs were $6.017.5 \pm 1.155.9$ kg, and represented $22.23 \pm 2.2\%$ in relation to the live weight. The weight of the organs was 98.83 ± 14.8 g, 72.8 ± 14.2 g, 206.9 ± 150.5 g, 502.1 ± 121.0 g and 7.67 ± 5.3 g, for heart, kidneys, liver and gall bladder, respectively. The weight of the fat was 24.0 ± 11.49 g, 8.9 ± 4.05 g, 75.33 ± 72.6 g, 206.9 ± 150 g for mediastinal, pericardial, perirenal and abdominal. The primary sections of the canal recorded the following percentages: 23.5 ± 1.7 for the legs, $22.1 \pm 1\%$ for the spine and 20.7 ± 1.3 for the rib. It is concluded that the daily weight gain was in a higher range than those reported in the grasslands production system and similar to when supplemented with energy sources. The CHP and viscera weight was similar to that reported in other work on grazing lambs in native grasslands.

Keywords: MEVEZUG, Weight, Gain, Native, Grasslands.

INTRODUCCIÓN

Producción ovina en condiciones del trópico seco de México

En México, el 80 % del proceso productivo ovino, corresponde al sistema extensivo y se distribuye en todo el territorio nacional. La mayoría de los rebaños son pequeños y sus propietarios son campesinos cuya edad promedio es de 45 años, con escolaridad de 4.88 años. Se emplea la mano de obra familiar y los rebaños se manejan en áreas de vegetación nativa con tiempo de pastoreo de 6-7 horas. Durante la temporada de lluvias los animales consumen gramíneas, arbustivas y herbáceas, mientras que en el período menos lluvioso pastorean en los rastrojos de los cultivos de granos (Martínez *et al.* 2009, Vázquez *et al.* 2009), en ambas épocas la suplementación es mínima con un 20,60 % de suplementación del hato ovino nacional (INEGI 2017). Toda la situación descrita anteriormente es similar a la que presentan las regiones de clima tropical seco (Kosgey *et al.* 2008).

Por otra parte, se debe destacar que las unidades pecuarias tienen un bajo nivel de infraestructura, equipamiento y capital (Daskalopoulou y Petrou 2002 y Milan *et al.* 2003). Este sistema comercializa los animales en la unidad productiva, a una edad adulta cuando culminan su etapa productiva o corderos de un año o más de edad con 30 kg de peso vivo (Vázquez *et al.* 2009 y Arteaga 2006).

En los estados con clima tropical húmedo y clima tropical seco, que se localizan en las vertientes del Golfo de México y Pacífico, se crían principalmente razas de pelo originarias de África como el Pelibuey. Esta raza ingresó a México en la década de los 20 del siglo pasado proveniente de Cuba y se le conoce también como Tabasco o Pelo de Buey. Otra raza es la Black Belly nombrada también como Barbados o Panza Negra (De Lucas y Arbiza 1996). Posterior a los años 90, otras razas como Dorper de Sudáfrica y Katahdin de los Estados Unidos de Norteamérica ingresaron a México y se adaptaron a climas tropicales.

Uso de los pastizales para la producción animal

Boval y Dixon (2012), mencionan que la importancia de los pastizales radica en su extensión que comprenden alrededor del 26 % de la superficie total y el 80 % de la tierra agrícola productiva mundial. La mayoría de estos pastizales se encuentran en los países tropicales en desarrollo y los mismos proporcionan importantes servicios y funciones entre los que se destacan: la captación de agua, las reservas de biodiversidad, espacio para las necesidades culturales y recreativas y, potencialmente, constituyen un sumidero de carbono para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. Inevitablemente, estas funciones pueden entrar en conflicto con los espacios necesarios para la producción animal. Por ello,

los mismos autores consideran que satisfacer la creciente demanda mundial de carne y leche, en particular de los países en desarrollo desde ecosistemas de pastizales, representa un desafío difícil.

En función de lo anterior, para lograr aumentos de la producción con dietas de forrajes, se requiere una serie de tecnologías emergentes que incluyen la aplicación de fertilizantes, manejo del pastoreo, mayor uso de cultivos, diversidad de subproductos, legumbres, suplementos, manipulación de la carga animal y la asignación de forraje que pueda contribuir a mejorar la interacción suelo-pasto-individuo y el manejo de los animales en los pastizales (Boval y Dixon 2012).

Suplementación proteica energética en el ovino

La eficiencia en el crecimiento de los corderos alimentados en pastoreo es reducida con GDP entre 29 y 50 (Frías 2010). La suplementación energético-proteica representa un complemento para lograr índices productivos y calidad de la canal mayores, para esto se requieren dietas que rebasan el 15 % de proteína cruda y un 2.6 Mcal de EM por kg de materia seca, una relación de forraje de 15 a 20 y concentrado 80 a 85 % con consumos de materia seca de 1.0 a 1.3 kg por animal al día (NRC 2007).

Según Medina *et al.* (2004), cuando se cubren estos requerimientos, la engorda intensiva de corderos alcanza ganancias diarias de peso del 250 a 300 g, conversiones alimenticias de 4.5 a 1 y una canal con mayor textura, color rojo, mayor marmoleo y aceptación en los mercados de las grandes ciudades. Sin embargo, el mismo autor menciona que en el agostadero los ovinos alcanzan ganancias diarias de peso de 40 a 80 g con canales de color rojo oscuro, reducidos marmoleo y suavidad.

Otros autores describen que cuando los ovinos se alimentan con niveles elevados de concentrado llegan en menor tiempo al sacrificio, se incrementa el porcentaje de evaluaciones sensoriales y la terneza (Crouse *et al.* 1978 y McClure *et al.* 1994).

Rendimiento en canal y sus características

La canal es el cuerpo del animal después del sacrificio, sangrado, desollado, eviscerado, separada la cabeza a la altura de la articulación occipito-atlatoidea, sin extremidades a la altura de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana (Braña *et al.* 2011).

Para valorar el rendimiento de la canal, se considera a ésta caliente, cuyo peso se toma inmediatamente después del sacrificio; fría cuando el peso se registra 24 horas después de que se sacrificó el animal a temperatura de refrigeración y como rendimiento verdadero al considerar el peso del tracto digestivo sin contenido de la ingesta, descontándole éste al peso

vivo. Para el cálculo del rendimiento en canal se relaciona el peso de ésta con el peso vivo del animal antes del sacrificio multiplicado por cien (Braña *et al.* 2011 y Jacques *et al.* 2011).

El rendimiento en canal es el principal criterio para valorar su calidad, por afectar ésta característica a otros importantes parámetros como: el contenido de grasa, conformación y el peso de diferentes cortes. De estos tres, la cantidad de grasa es importante por su repercusión sobre el precio de la canal. Dentro de los criterios para valorar el grado de engrasamiento de la canal están: el grueso de la grasa dorsal, el peso de la grasa pélvico renal y la estimación visual del contenido de grasa de la canal (Díaz *et al.* 2002, Carrasco *et al.* 2009, Lambe *et al.* 2009).

Existen diferentes factores que afectan al rendimiento de la canal como: sexo, raza, genotipo, edad, sistema de alimentación, año de producción y el manejo del animal desde la unidad de producción hasta el sacrificio del mismo (Díaz *et al.* 2002, Santos-Silva *et al.* 2002 y Kremer *et al.* 2004).

El objetivo del presente trabajo fue determinar algunos indicadores productivos de corderos en pastoreo en praderas nativas en la época lluviosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio.

El trabajo se realizó en la UPO (Unidad Productiva de Ovinos) de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAMVZ-UAGro). Ubicada en el km 3.5, municipio de Pungarabato, el cual integra uno de los nueve municipios de la región de Tierra Caliente de estado de Guerrero, se localiza al noroeste de la capital del estado entre los paralelos 17° 20' y 18° 59' de latitud norte y el meridiano 100° 02' de longitud oeste, a una altura de 250 msnm. En el margen izquierdo del río Cutzamala que es uno de los principales afluentes del río Balsas. (Gómez, 1995).

Características de las praderas.

Se utilizaron 6 praderas nativas mixtas, de 20 x 40 m conformadas por tres grupos de plantas Gramíneas: *Chloris virgata* SW, *Cynodon Dactylon* (L) pers, *Setaria spp*, *Paspalum notatum*, *Bouteloua media* (foum) Gould ex Kapadia. Arbustivas: *Acacia cochliacantha*, *Acacia farnesiana* (L), *Pithecellobium dulce*, *Prosopis laevigata*, *Guazuma ulmifolia* Lam. Herbáceas: *Ipomoea pedatisecta*, *Cyperus esculentus* L, *Anoda acerifolia*, *Cyperus spp*, *Ipomoea nil*, *Desmanthus virgatus* (L). Willd, *Euphorbia prostata* alt, *Mitracarpus hirtus* (L.).

En la época de estiaje se regaban por medio del método de saturación, cada 7 días, a estas mismas praderas se les realizaba control de maleza, la fertilización se realizó con las excretas de los animales en pastoreo. El trabajo se llevó a cabo a partir del 05 de junio al 27 de septiembre del 2016.

Se utilizaron 18 corderos de la raza Pelibuey-Black Belly x Dorper-Katadhin, que a partir de abril del 2016 a los ovinos del hato se les asignó el nombre de MEVEZUG, debido a los cruzamientos interse a partir del 2010 a la fecha, con un peso promedio de 21.903 kg, los cuales fueron pastoreados de las 9 am a 7 pm en praderas nativas.

Los animales se pesaron, con previo ayuno de 12 horas, al inicio del trabajo y posteriormente cada 21 días en cuatro periodos durante 84 días con una báscula digital con una escala de 10 g.

Al final del trabajo después del último registro de peso, se sacrificaron los corderos de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-033-ZOO-1995, en Ciudad Altamirano Guerrero, por medio del degüello, se registró el peso antes del sacrificio y de la canal, considerándose esto como el peso de los corderos después del sangrado sin: las extremidades a la altura del carpo y tarso, la cabeza seccionada en la articulación occipitoatlantoidea, vísceras torácicas y abdominales y sin riñones.

Se evaluó la GTP (ganancia de peso total), GDP (ganancia diaria de peso) se registró el peso de: la canal caliente, cortes primarios, grasa pericárdica, perirenal, abdominal, corazón, riñones, hígado y vesícula biliar.

El análisis estadístico comprendió la determinación de media, desviación estándar y coeficiente de variabilidad de acuerdo al paquete estadístico InfoStat (Balzarini et al. 2012).

RESULTADOS

La ganancia diaria de peso (GDP) máxima fue de 130.7 g y mínima de 50.1 g que representó un 33 % y 47.36 % superior e inferior a la media respectivamente, donde el 44.44 % de los corderos la GDP fue mayor a 100 g y el 55.56 % inferior a esta cifra, sin embargo el coeficiente de variabilidad fue inferior al 20 % (tabla 1).

Tabla 1.-Ganancia diaria de peso de corderos en praderas nativas.

Identificación	PV inicial kg	PV final kg	GDP g
1	24.19	30.52	75.4
2	21	30.1	108.3
3	27.8	36.58	104.5
4	23.72	32.64	106.2
5	30.02	41	130.7
6	24.76	33.64	105.7
7	23.01	31.18	97.3

Identificación	PV inicial kg	PV final kg	GDP g
8	27.56	35.02	88.8
9	22.97	32.28	110.8
10	20.2	29.34	108.8
11	20.47	26.44	71.1
12	21.9	27.96	72.1
13	19.78	29.62	117.1
14	22.6	29.62	83.6
15	14.33	21.83	89.3
16	17.14	25.44	98.8
17	16.53	20.74	50.1
18	16.28	24.2	94.3
Promedio	21.90	29.90	95.17
DS	4.22	5.09	19.45
CV	19.27	17.03	20.44

PV; peso vivo, GDP; ganancia diaria de peso, DS; desviación estándar, CV; coeficiente de variabilidad.

El rendimiento en canal fue de 39.8 % como máximo y 36.7 % como mínimo que representó un 41 % y 3.72 % superior e inferior en relación a la media de 38.12 %, sin embargo el 50 % de los valores fueron superiores a 38 % y la otra mitad inferior a este valor, el coeficiente de variabilidad fue por arriba de 21, este valor fue muy superior al que se derivó del rendimiento en canal vacío con 1.95 %. (tabla 2).

Tabla 2. Peso vivo, en canal, rendimiento en canal caliente y frío de corderos en pradera nativa

Indicador	PV kg	Canal kg	RCC %	RCF %
Promedio	27.17	10.39	32.12	49.05
DS	5.19	2.21	1.22	0.96
CV	19.11	21.25	21.25	1.95

PV= peso vivo, RCC= rendimiento en canal caliente, RCF= rendimiento en canal frío, DS= desviación estándar, CV= coeficiente de variabilidad.

En la tabla 3, se observa que la mayor coeficiente de variabilidad se presentó en el contenido del retículo y omaso de los seis corderos sacrificados con 46 % promedio de los dos órganos, en las demás porciones del TGI, el valor fue de 25.85 % y 22.28 % de contenido total en relación al peso vivo de los corderos.

Tabla 3. Peso en g del contenido de los compartimentos del TGI de corderos en pradera nativa

No	PV kg	R	Re	O	A	ID	IG	Total	% CGI
Promedio	27.17	4251.17	276.88	139.17	284.00	99	1065.28	6017.49	28
DS	5.19	838.67	128.43	51	107.32	27	194.40	1155.99	22
CV	19.11	19.73	46.39	45.63	37.79	27.66	18.25	19.21	9.95

TGI= tracto gastrointestinal, PV= peso vivo, R= Rumen, Re= retículo, O= omaso, A= abomaso, ID= intestino delgado, IG= intestino grueso, PV= peso vivo, CGI= porcentaje de contenido del TGI en relación al PV, DS= desviación estándar, CV= coeficiente de variabilidad.

El bazo fue el órgano que presentó la mayor variabilidad, fue la vesícula que se acercó a un 70 %, esto posiblemente se puede atribuir al tiempo que paso antes del sacrificio, es decir a medida que se prolongó el momento del sacrificio la vesícula almacenó mayor cantidad de bilis, seguido del bazo con 30 %, los demás órganos presentaron un promedio 19.5 %, la menor variación fue del corazón seguido del riñón por último el hígado (tabla 4).

Tabla 4. Peso en g de órganos de corderos en praderas nativas

Identificación	Corazón	Riñón	Bazo	Hígado	Vesícula
Promedio	98.83	72.75	.	502.07	7..67
DS	14.81	14.24	13.08	120.98	5.32
CV	14.99	57	274	10	69.35

DS= desviación estándar, CV= coeficiente de variabilidad.

La variabilidad en el peso de la grasa en las diferentes áreas abdominales fue muy alta con un promedio que rebasó el 70 % de igual forma la correspondiente al porcentaje de grasa en relación al peso vivo de los corderos (tabla 5).

Tabla 5. Peso en g de la grasa mediastínica, pericárdica, perirenal y abdominal de corderos alimentados en praderas nativas

Identificación	Mediastínica	Pericárdica	Perirenal	Abdo.	%
Promedio	24.00	8.92	75.33	206.92	1.11
DS	11.49	4.05	72.56	150.46	0.58
CV	47.87	45.47	96.31	72	52.66

Abdo= abdominal, DS= desviación estándar, CV= coeficiente de variabilidad.

En la tabla 6, se aprecia que los cortes primarios presentaron un peso promedio de 2.2 kg a excepción del cuello con un peso inferior, con una variabilidad promedio de 20.8 % de los cortes primarios.

Tabla 6. Peso en kg de cortes primarios de la canal en corderos en praderas nativas.

Identificación	Canal	Piernas	Brazuelos	costillas	Cuello	Espinazo
Promedio	10.4	2.4	2.0	2.2	1.1	2.3
DS	2.2	0.4	0.4	0.6	0.2	0.4
CV	21.2	16.2	20.6	26.1	22.9	17.9

DS; desviación estándar, CV; coeficiente de variabilidad. Nota; la suma del peso de los cortes primarios no incluyen los pesos de: riñones, grasa perirenal y el peso de la muestra del musculo l

Los porcentajes de los cortes primarios en relación al peso de la canal fueron similares para pierna, brazuelo, costillas y espinazo e inferior al que corresponde al cuello (tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje de los cortes primarios en relación al peso vivo de corderos en praderas nativas

Identificación	Canal kg	Pierna	Brazuelo	Costilla	Cuello	Espinazo
Promedio	10.4	23.5	19.7	20.7	10.3	22.1
DS	2.2	1.7	0.9	1.3	1.1	1.0
CV	21.2	7.4	4.5	6.1	10.9	4.6

%; porcentaje en relación al peso de la canal, DS; desviación estándar, CV; coeficiente de variabilidad. Nota; la suma de los porcentajes de los cortes primarios no incluyen los porcentajes de: riñones, grasa perirenal y el peso de la muestra del musculo Longissimus dorsi.

DISCUSIÓN

La GDP corresponde a corderos bajo una alimentación en pastoreo, es decir dieta 100 % forraje, sin embargo, los 95.17 g (tabla 1) fue superior a la reportada por Ortiz et al. (2007) en corderos que pastaban en praderas nativas de *Bothriochloa pertusa* suplementados con bloques nutricionales y Fernández et al. (1997) al suplementar con 6 g kg⁻¹ de peso vivo de melaza donde alcanzaron de 71 g y 77 g GDP, respectivamente. Igualmente, Getu et al. (2012) en un trabajo con corderos en pradera de *Andropogon*, *Penisetum* y especies de tréboles alcanzaron valores de 75.3 g de GDP. Estos valores posiblemente se puedan atribuir a la reducida variedad de especies forrajeras al compararse con las 16 especies forrajeras de las praderas del presente estudio.

Por su parte, Ekiz et al. (2013) indicaron GDP de 87.15 g en corderos que pastorearon durante 96 días en praderas de clima templado, con una composición de 52 % de gramíneas (*Festuca spp* y *Lolium spp*); 22 % de leguminosas (*Trifolium spp*, *Medicago spp*. y *Vicia spp*) y 26 % de otras familias.

Dickhoefer et al. (2014), reportaron GDP de 98 g con pastoreo ligero y de 62 g en pastoreo intensivo en ovejas en praderas nativas en clima semiárido en las estepas de Mongolia en el interior de China. Por su parte Ma et al. (2014) de 83 y 99 g de GDP en ovinos pastoreados en praderas nativas de clima semiárido en China en el final de la primavera y del otoño, respectivamente. Estas GDP están dentro del rango obtenido en el presente estudio, esto puede deberse a la que fueron trabajos desarrollados en praderas nativas al igual que las del presente estudio.

Las GDP cercanas a las obtenidas en el presente trabajo las reporta Frías (2010) con corderos Pelibuey x Katahdin, Dorper manejados en pastoreo de *C. plectostachyus* durante seis horas y con un consumo de 600 g animal d⁻¹ de Saccharina (caña de azúcar fermentada), a la que se le adicionó 5 % de Vitafert en su formulación, reportan 85 g de GDP. Sin embargo, el propio autor con animales de la misma raza en estabulación y alimentados con *Pennisetum* cv Cuba CT-115 (4 kg), (537,5 g) Saccharina y un alimento comercial (100 g) logró 109 g, valores cercanos a los del presente estudio, esto se puede atribuir a la ingestión adicional de nutrientes de los suplementos.

El rendimiento en canal corresponde a los corderos con alimentación 100 % forraje con 38.12 % (tabla 2) semejante a lo reportado por Mireles et al., (2015) con 37.09 y 40.51 % en praderas nativas en periodo menos lluvioso y lluvioso respectivamente en corderos de origen del mismo hato de los corderos del presente trabajo, estos valores coinciden con los reportados por Ekiz et al. (2013), en un estudio con corderos Kivircik, alimentados en rastrojo de trigo y en pradera nativa.

El contenido del TGI representó un porcentaje producto de la alimentación 100 % forraje, la cual presenta una digestibilidad menor a la de dietas con porcentajes de concentrados energéticos y proteicos elevados para corderos en engordas intensivas, en los cuales el contenido del TGI no rebasa el 20 % en relación al peso vivo, al descontarle el contenido al peso vivo de los corderos el rendimiento en canal se eleva por arriba del 50 % como se observa en las tablas 2 y 3.

El valor del peso promedio del hígado (tabla 4), fue inferior a los reportados por Ortiz et al. (2007) con 537 g en corderos alimentados en pradera nativa de *B. pertusa* y suplementados con melaza 6 g kg⁻¹ de peso vivo, lo que posiblemente se deba al aporte de azúcares representada por la melaza, ya que el contenido de sacarosa metabólicamente se transforma en una reserva energética en el hígado en forma de glucógeno e incrementa con esto su peso, dado que hasta un 10 % del peso de éste órgano puede corresponder a glucógeno hepático (McDonald 2006)

En la misma tabla 4 se observa que el peso de los riñones fue cercano a los reportados por Ortiz et al (2007) con 79 g. Por otra parte los pesos del corazón fueron similares a los reportados por Nuernberg et al. (2008) de corderos en pastoreo sacrificados a los 25 kg de peso vivo con 100 g de peso del corazón.

En relación a la grasa en la cavidad abdominal corresponde a un animal con una dieta energéticamente baja y con la correspondiente reducida acumulación de grasa abdominal y por ello la canal magra, éste tejido adiposo solo representó el 1.1 % en relación al peso vivo de los corderos (tabla 5).

En las tablas 6 y 7 se aprecia que el peso de los cortes primarios en peso y porcentaje presentó una uniformidad aceptable y el cuello con un valor elevado, lo que podría atribuirse a una característica de la raza MEVEZUG, en formación.

CONCLUSIONES

La GDP y RCC sin CGI y RCCV fueron aceptables y semejantes a los que reporta la literatura para corderos en praderas nativas, la cantidad de grasa pericárdica, perirenal, mediastínica y abdominal fue reducida.

■ REFERÊNCIAS

1. Arteaga, C.J.D. 2006. Situación de la ovinocultura y sus perspectivas. Memorias Primera semana nacional de ovinocultura. Hidalgo, México. pp 610-623.
2. Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Casanoves F., F., Di Rienzo J. A. & Robledo C.W. Paquete estadístico INFOSTAT. Versión 2012. Grupo Infostat. FCA Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
3. Boval, M. & Dixon, R.M. 2012. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological in the tropics. *Animal*. 6: 748-762.
4. Braña, V. D., Ramírez, R.E., Rubio, L. M de la S., Sánchez E.A., Torrescano U. G., Arenas, de M.M.L., Partida, de la P.J.A., Ponce, A.E. & Ríos R. F. G. 2011. Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Centro Nacional de Investigación en fisiología y mejoramiento animal, Querétaro, México. Folleto Técnico No 11. pp 5-6.
5. Carrasco, S., Ripoll, G., Sanz, A., Álvarez-Rodríguez, J., Panea, B., & Revilla R. 2009. Effect of feeding systems on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livestock Science*. 121:56-63.
6. Crouse, J.D., Field, R.A., Chant Jr., J.L., Ferrell, C.L., Smith, G.M. & Harrison, V.L. 1978. Production, carcass and palatability characteristics of steers produced by different management systems. *J. Anim. Sci.* (46), 333–340.
7. Daskalopoulou, I. & Petrou, A. 2002. Utilizing a farm typology to identify potential adopters of alternative farming activities in Greek agriculture. *Journal Rural Studies*. (18):95-103.
8. - De Lucas, T. J. & Arbiza, A.S. 1996. Producción de carne ovina. Ed. Editores Unidos Mexicanos, México. p 169.
9. - Díaz, M., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Ruiz de Huidobro, F. & Pérez, C. 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Ruminant Research*. 43: 257-268.
10. Dickhoefer, U., Hao, J., Bosing, M.B., Lin L., Gierus, M., Friedhelm, T. & Susenbeth, A. 2014. Feed intake and performance of sheep grazing semiarid grassland in response to different grazing systems. *Relangend Ecology & Management*. 67(2) 145.153.
11. Ekiz, B., Demirel, G., Yilmaz, A., Ozcan, M., Yalcintan, H., Kokak, O. & Altinel, A. 2013. Slaughter characteristics, carcass quality and fatty acid composition of lambs under four different production systems. *Small. Ruminant Research*. 114:26-34.
12. Fernández, G., San Martín, F. & Ecurra, E. 1997. Uso de bloques nutricionales en la suplementación de ovinos al pastoreo. *Rev. Inv. Pec. Mex.* 8 (1) 29-38.
13. Frías, De La C. J.C. 2010. Evaluación de la calidad y rendimiento de la carne de ovinos de pelo en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada en Tabasco. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. H. Cadenas Tabasco, México.
14. Getu, K., Mesfin, D., Aemiro, K. & Getnet, A. 2012. Comparative evaluation of Tree Lucerne (*Chamaecytisus palmensis*) over conventional protein supplements in supporting growth of yearling Horro lambs. *Livestock Research for Rural Development*. 24(1)79.

15. Gómez, M.R. 1995. Marco de referencial socioeconómico y de las actividades agropecuarias del municipio de Pungarabato Guerrero. Tesis profesional. EMVZ. UAG Cd. Altamirano, Gro., p. 75 - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2017. Available: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/default.aspx>.
16. Jacques, J., Berthiaume, R. & Cinq-Mars, D. 2011. Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage rations fresh grass. *Small Ruminant Research*. 95: 113-119.
17. Kosgey, I.S., Rowlands, G.J., Arendonk, van J.A.M., Baker, R.L. 2008. Small ruminant production in smallholder and pastoral/extensive farming systems in Kenya. *Small Ruminant Research*. 77 (1): 11-24. 108.
18. Kremer, R., Barbato, G., Castro, L., Rista, L., Roses, L. & Herrera, V. 2004. Effect of sire bred, year, sex, and weight on carcass characteristics of lambs. *Small Ruminant Research*. 53: 117-124.
19. Ma, L., Yuan, F., Liang, H. & Rong, Y. 2014. The effects of grazing management on the vegetation, diet quality, intake and performance of free grazing sheep. *Livestock Science*. 161: 185-192.
20. Martínez, R., Vásquez, R. y Ballesteros, H. 2009. El ovino criollo en Colombia, conservación, caracterización y evaluación de la variabilidad genética. En J.V. Delgado y S. Nogales (Ed.), *Biodiversidad ovina Iberoamericana*. Córdoba, España. 17-33.
21. McClure, K.E., Van Keuren, R.W. & Althouse, P.G. 1994. Performance and carcass characteristics of weaned lambs either grazed on orchardgrass, ryegrass, or alfalfa or fed all- concentrate diets in dry lot. *J. Anim. Sci.* (72), 3230–3237.
22. McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan, C.A. 2006. Nutrición animal. En Capítulo 9 Metabolismo Sexta Ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp 155, 176.
23. Medina, A.G., González, S.A. & Pérez, S.R.T. 2004. Características permisibles para clasificación de la canal ovina. *Memorias III Congreso Nacional de Ovinos Tropicales*. México D.F. pp. 134-141.
24. Milan, J.M, Arnalte, E. & Caja, G. 2003. Economic profitability and typology of Ripollesa breed sheep farms in Spain. *Small Ruminant Research*. (49):97-105.
25. Mireles, M.E.J., Rodríguez, A.D., Jordán, V.H., Ramírez, P.H.A., García, P.A., and I. Gutiérrez, S.I. (1915). Productive indicators of lambs in native grasslands, supplemented with *Acacia cochliacantha*, in the dry tropic of Guerrero, Mexico. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 49(3) 339- 348.
26. NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. National Research Council Washington, D.C. 256-257.
27. Nuernberg, K., Fischer, A., Nuernberg, G., Ender, K. & Nuernberg G. 2008. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate. *Small Ruminant Research*. 74: 279-283.
28. Ortiz, A., Elías, A. y Valdivié, M. 2007. Evaluación de la pollinaza de cascarilla de café como complemento alimenticio en la ceba de ovinos en pastoreo. *Pastos y Forrajes* 30 (2) 279-286. 191.

29. Santos-Silva, J., Mendes, I. & Bessa, R. 2002. The effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. 1. Grow, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*. 76:17-25.
30. Vázquez, M.I, Vargas, L.S, Zaragoza, R.J.L, Calderón, S.F, Rojas, A.J, & Casiano, V.M.A. 2009. Tipología de explotaciones ovinas en la sierra norte de Puebla. *Técnica Pecuaria en México*. 47(4) 357-369

“ Productive performance, carcass traits, meat quality and blood profile in rabbits fed with *Moringa oleifera*

■ Alma Delia **Hernández-Fuentes**
UAEH

■ Sergio **Soto-Simental**
UAEH1472

■ Armando **Zepeda-Bastida**
UAEH

■ Juan **Ocampo-López**
UAEH

■ Maricela **Ayala-Martínez**
UAEH

ABSTRACT

The *M. oleifera* plant has bioactive and nutritional compounds that could increase the productive performance of rabbits. The objective of this study was to determine the effects of different concentrations of *M. oleifera* meal on growth performance, morphometric characteristics, carcass quality, meat quality and hematological parameters in rabbits. Forty-eight weaned rabbits (35 days of age) were randomly assigned to four groups (n = 12 by treatment). Animals were fed *ad libitum* a control diet as well as three experimental diets incorporating different concentrations of *M. oleifera* leaf meal (10, 20 and 30 %). Rabbits were slaughtered after 63 days of age without fasting. Results indicate that live weight was similar among treatments, but the group fed with a 20% concentration shows the highest productive performance parameters. Furthermore, this group had the longest animal length measurements, heaviest skin and hot carcass, as well as the lowest L* value and highest b* value. The hematological parameters were similar for all groups. It is concluded that *M. oleifera* meal at a 20% concentration could be an alternative supplement for the preparation of rabbit feed during the fattening period.

Keywords: Carcass, Meals, Meat, Protein, Quality.

INTRODUCTION

The *Moringa oleifera* plant is widely distributed across several countries in Africa, America and Asia (Saalu et al., 2011). It is considered one of the most valuable tropical trees, as it is easy to propagate, as well as being a drought tolerant plant that needs a small amount of water and few nutrients to grow (Nouman et al., 2014). *M. oleifera* is cultivated for its high protein, vitamin and mineral content, is considered a medicinal plant (Gopalakrishnan et al., 2016) and is used to feed several livestock types (Valdivié-Navarro et al., 2020), including fish (Dorothy et al., 2018), poultry (Vinus et al., 2018; Modisaojang-Mojanaga et al., 2019), ruminants (Seidavi et al., 2018) and rabbits (Ogbuewu et al., 2017). The *M. oleifera* leaves are the most used part of the plant, as they contain compounds such as carotenoids, flavonoids, polyphenol and other molecules (Konmy et al., 2016). Furthermore, Sreelather and Padma (2009) reported that this plant prevents oxidative damage in animal cells.

Diet composition can influence growth performance, carcass traits, meat quality and hematological parameters. Several studies have demonstrated that different diets fed to rabbits exerted these productive parameters (Perez-Martínez et al., 2018; Zepeda-Bastida et al., 2019; Garcia-Vazquez et al., 2020), while other studies such as Gbore and Olatunbosun (2010) reported that hematology parameters in rabbits can be used to identify antinutritional dietary factors. The objective of this study was to determine the effects of different proportions of *M. oleifera* meal on growth performance, morphometric characteristics, carcass quality, meat quality and hematological parameters in rabbits.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in an experimental rabbit station in Tulancingo, Hidalgo, Mexico (Latitude 20°06' and Longitude 98°38'). The animals were managed according to the institutional committee guidelines on animal care, protocol number 002/18. In addition, the experimentation of these animals complied with the ARRIVE guidelines in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 as well as other associated guidelines, such as the EU Directive 2010/63/EU for animal experiments.

The experimental design used 48 weaned rabbits (age of 35 d) which were randomly assigned to four treatments (n=12 by group). Rabbits (n = 3 by cage) were housed in cages (90×60 cm) adapted with manual feeders and automatic drinkers. The rabbit breeds used were crosses of New Zealand, California, and English Pot (NZxCxEP) with an average weight of 854.6 ± 83.6 g. All feed was pelletized using a pellet machine model SKJ120 (Shandong, China). The experimental diets used in this trial were elaborated to be isoproteic

(16% of crude protein) and isoenergetic (2.5 Mcal.kg⁻¹ of digestible energy) according to NRC (1977) (Table 1).

Table 1. Ingredients of composition of the experimental diets

Ingredient	<i>oleifera</i> concentration (%)			
	0	10	20	30
	(Dry matter Kg ⁻¹)			
Alfalfa	3.85	2.91	1.96	0.98
Corn	1.61	1.52	1.53	1.53
Canola meal	0.18	0.29	0.29	0.29
Soybean meal	1.34	1.01	0.81	0.61
Sorghum	1.52	1.45	1.62	1.62
Molasse	0.35	0.35	0.35	0.49
Soybean husk	0.58	0.59	0.59	0.79
Bran wheat	0.10	0.61	0.76	0.76
Canola oil	0.24	0.17	0.08	0.04
Vitamins and minerals premix	0.22	0.23	0.23	0.23
<i>oleifera</i>	0.00	0.87	1.76	2.64
Calculated composition				
Crude protein (%)	17	17	17	17
Crude fiber (%)	14	14	14	14
DE (Mcal/kg MS ⁻¹)	2.6	2.6	2.6	2.6
Ca (%)	0.8	0.8	0.8	0.8
P (%)	0.5	0.5	0.5	0.5
Lys (%)	0.5	0.5	0.4	0.4
Met (%)	0.2	0.1	0.1	0.1
NDF(%)	17.0	17.2	17.5	18.3
ADF(%)	24.0	25.3	25.5	26.1

DE: Digestive energy, NDF: Neutral Detergent Fiber, ADF: Acid Detergent Fiber

The *M. oleifera* leaves were dried at room temperature for five days in shadow, and were then ground using a miller (Mexicana de Suministros Agropecuarios SA de CV, Tulancingo, Hidalgo, Mexico) and a 5-mm diameter sieve. Once ground, the flour was stored in a dark plastic container until use.

The performance parameters measured were, feed intake, daily and total weight gain, from which the feed conversion rate was calculated. Feed intake was determined by subtracting the left-over/unconsumed feed from the total feed offered to the animals using a digital scale. Live weight was determined on a weekly basis. Once data were acquired, average daily gain and weekly live weight gain were obtained. Finally, total weight gain, daily total weight gain, and the feed conversion rate were determined.

Once rabbit fattening was completed, the animals were transported to a meat lab and slaughtered without fasting, and were then processed according to national legislation (NOM-033-SAG/ZOO-2014). Upon arrival at the lab, the animals were weighed and their lengths were measured from the atlas to the first ischia vertebra using a measuring tape. The lumbar

and hip circumferences of the animals were also measured. After bleeding and skinning, the carcass lengths, lumbar and hip circumferences of the animals were measured.

The animals were dissected to obtain the weights of feet, hot carcasses, liver, kidney, digestive system (full and empty), bladder (full and empty), heart, lungs, spleen and skin. The empty body weight was calculated by subtracting the gastrointestinal and bladder content from the slaughter weight. Carcasses were then stored in refrigeration at 4 °C for 24 h.

The carcasses were sectioned after 24 h of refrigerated storage as indicated by Blasco and Ouhayoun (1993). The head was cut at the atlas level, the forequarter was obtained by cutting between the sixth and seventh ribs, and the thoracic cage was obtained by cutting the last rib. The loin was obtained in the sixth and seventh lumbar vertebra cutting the abdominal wall transversally to the vertebral column to eventually obtain the foreleg. All of these parts were weighed separately.

Meat color was measured on the loin surface at room temperature (22 °C) using a portable colorimeter i-Lab S560 (Microptix, Wilton, Maine, USA). The values were recorded in terms of CIELab color space using a D65 illuminant with 2° standard observers as indicated in American Meat Science Association meat color measurement guidelines (AMSA, 2012) using values of lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*). The pH was determined using a pH meter for meat, Hanna model HI99163 (Hanna instruments, Cluj-Napoca, Romania). Water holding capacity was measured according to the method described by Honikel (1987).

For the hematology analysis, blood samples (2 mL per animal) were collected from animals during bleeding in the slaughter process. Blood collection was performed using a tube containing EDTA as an anticoagulant. Afterwards, samples were processed in a BCvet hematology analyzer (Kontrol Lab, Roma, Italy). The following parameters were measured: red blood cells, hemoglobin, hematocrit, corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin concentration, platelets, white blood cells, neutrophil, lymphocytes, monocytes, lymphocyte count, monocyte count, segmented neutrophil and platelet values.

A one-way design was used to analyze the data from this study. For growth performance parameters (except total average daily weight gain), total weight gained and feed conversion rate were used for an analysis of variance with time repeated measurements as indicated in the following lineal model:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \beta_i + (t^*\beta)_j + \varepsilon_{ijk},$$

In which Y_{ijk} = dependent variable, μ = mean of the variable, t_i = day of the week is used to measure the growth performance variable, β_i = the fixed effect of i -th rabbit of the group, $(t^*\beta)_j$ = growth performance variable measured of the group of rabbits evaluated through day of the week, and ε_{ij} = experimental error associated with the observation Y_{ij} .

For all other variables, a General Lineal Model procedure was used. The statistical model used was:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \varepsilon_{ij},$$

Where Y_{ij} = dependent variable, μ = mean of the variable, β_i = the fixed effect of i -th rabbit of the group, and ε_{ij} = experimental error associated with the observation Y_{ij} . When statistical differences were found ($P < 0.05$) a Tukey comparison test was used. The SPSS software platform was used to analyze all procedures.

RESULTS

With regard to performance growth parameters (Table 2), weekly live weight measured during the fattening period was similar among the groups, but this value was different ($P < 0.008$) over the growth period as weight increased for all groups. Furthermore, parameters for interaction treatment as well as time were similar ($P > 0.482$). Live weight for the 20% *M. oleifera* group increased from an average of 434.3 g during the first week to 772.6 g for the last week of the fattening period, which was similar to control group. The daily weight gain was different between groups and time ($P < 0.03$ and $P < 0.009$, respectively). The 20% *M. oleifera* group was heavier during the second week (50.92 g. d⁻¹), however, in general, daily weight gain decreased during the fattening period in all treatments, except for the 20% *M. oleifera* group which recorded heavier weights. These observations can be seen in total average daily weight gain and total weight gained in fattening rabbits using *M. oleifera*, for which 20% *M. oleifera* group showed the highest values (42.9 g. d⁻¹ and 1201.4 g, respectively). However, the feed conversion rate was similar ($P > 0.05$) among the groups, but 20% *M. oleifera* group treatment recorded the lowest rate.

Table 2. Growth performance of rabbits during fattening period supplemented with *Moringa oleifera*.

	<i>oleifera</i> concentration (%)				SEM	T	t	Txt
	0%	10	20	30				
LWW1, g	529.66	617.00	434.33	502.33	68.77	0.75	0.008	0.482
LWW2, g	711.33	706.00	725.33	713.33	39.20			
LWW3, g	694.33	602.66	707.00	689.33	78.54			
LWW4, g	784.33	668.33	772.66	555.66	88.72			
WGD1, g.d ⁻¹	42.34	47.98	35.10	44.99	4.87	0.03	0.009	0.078
WGD2, g.d ⁻¹	41.62	42.14	50.92	43.57	3.88			
WGD3, g.d ⁻¹	31.62	30.83	38.88	25.59	2.56			
WGD4, g.d ⁻¹	32.47	33.29	46.73	22.49	1.32			
Total AWGD, g.d ⁻¹	37.01ab	38.56ab	42.91a	34.16b	2.73			
Total weight gained, g	1036.36ab	1079.67ab	1201.43a	956.66b	76.50			
FCR	2.65a	2.54a	2.23a	2.72a	0.26			

LWW = Live weight week, WGD = Weight gain daily, FCR = Feed conversion rate.

^{ab} Different letters within rows indicate a significant difference between treatments using a Tukey's test ($P<0.05$). T=treatment, t=time, Txt=treatment x time Animal length measurements were different among groups ($P<0.05$), with the longest rabbits belonging to control and groups with 10 % and 20% *M. oleifera* (31.3, 33.5 and 32.21 cm, respectively). Skin weight, carcass and lumbar circumferences as well as hot carcass weight were different ($P<0.05$) among the various treatments. The group with 10 % *M. oleifera* had the heaviest skin and hot carcass (308.0 g and 1098.3 g, respectively), but there no was difference among control and the 20% *M. oleifera* group. For all other variables, there was no difference ($P>0.05$) between the groups (Table 3).

Live weight and empty body weight were different among treatments ($P<0.05$), with the heaviest weights recorded for control and the groups with 10 % and 20% *M. oleifera* (1901.8, 1980.5 and 2076.4 g, respectively), with the 20% *M. oleifera* group recording the heaviest weight. Heart weight was different ($P<0.05$) among treatments, with the animals from the control group recording the lowest weight. All other variables were similar ($P>0.05$) between the groups (Table 4).

Table 3. Morphometric measurements in rabbits fed with *M. oleifera*

Item	<i>oleifera</i> concentration (%)				SEM
	0	10	20	30	
Animal length, cm	31.36ab	33.58a	32.21ab	30.33b	0.41
Live hip circumference, cm	25.54	26.25	26.28	26.66	0.45
Live lumbar circumference, cm	21.04	21.50	21.00	20.91	0.34
Carcass length, cm	32.31	31.66	32.57	31.50	0.25
Carcass circumference hip, cm	24.31	24.58	22.85	23.08	0.30
Carcass circumference lumbar, cm	16.22ab	16.75a	15.71ab	14.91b	0.18
Skin, g	280.94ab	308.00a	305.42a	258.50b	5.37
Feet, g	47.90	47.33	47.85	45.66	1.36
Hot carcass weight, g	1029.63ab	1098.33a	1110.71a	948.33b	17.19

^{ab} Different letters within rows indicate a significant difference between treatments using Tukey's test ($P<0.05$).

Table 4. Carcass quality of rabbits fed with *M. oleifera*

Item	<i>oleifera</i> concentration (%)				SEM
	0	10	20	30	
Live weight, g	1901.82ab	1980.50ab	2076.43a	1798.33b	58.62
Empty body weight, g	1733.27ab	1808.50ab	1884.71a	1602.83b	58.49
Viscera (g.kg ⁻¹ EBW)	243.69	235.72	259.61	273.10	11.78
Full gastrointestinal tract (g.kg ⁻¹ EBW)	95.25	91.83	97.37	121.48	9.25
Full bladder (g.kg ⁻¹ EBW)	2.48	3.43	4.57	4.48	1.61
Heart (g.kg ⁻¹ EBW)	2.78b	3.23ab	3.86a	3.46ab	0.25
Lungs (g.kg ⁻¹ EBW)	8.21	6.77	8.28	7.52	0.78
Spleen (g.kg ⁻¹ EBW)	0.58	0.65	0.62	0.64	0.05
Liver (g.kg ⁻¹ EBW)	36.19	29.86	43.11	32.88	3.45
Kidneys (g.kg ⁻¹ EBW)	6.93	6.89	7.26	7.65	0.29

Item	<i>oleifera</i> concentration (%)				SEM
	0	10	20	30	
Empty gastrointestinal tract (g.kg ⁻¹ EBW)	88.13	88.16	88.97	91.17	2.73
Empty bladder (g.kg ⁻¹ EBW)	2.37	2.56	2.69	2.76	0.36
Cold carcass weight (g.kg ⁻¹ EBW)	583.95	606.85	586.50	592.41	10.23
Kidney fat (g.kg ⁻¹ EBW)	11.56	10.54	12.08	8.22	1.43
Scapular fat (g.kg ⁻¹ EBW)	3.56	5.22	3.59	4.83	0.71
Head (g.kg ⁻¹ EBW)	62.69	65.10	59.77	65.60	2.05
Fore part carcass (g.kg ⁻¹ EBW)	139.47	139.26	137.43	145.29	5.80
Intermediate part carcass (g.kg ⁻¹ EBW)	66.55	74.48	70.58	64.10	4.88
Hind part carcass (g.kg ⁻¹ EBW)	104.04	103.97	107.85	107.44	5.22

^{a,b} Different letters within rows indicate a significant difference between treatments using Tukey's test (P<0.05).

Color parameters were different (P<0.05) between treatments (Table 5). Firstly, L* values were lowest in the group with 20% *M. oleifera* compared with the *M. oleifera* leaves groups (53.2, 56.6, and 54.5 for the groups with 20%, 10 % and 30% de *M. oleifera*, respectively), while b* values were highest in the treatment with 20% *M. oleifera*, which were similar to control groups. All other variables measured to determine meat quality were similar (P>0.05) among the treatments.

Table 5. Meat quality of rabbits fed with *Moringa oleifera*.

Item	<i>oleifera</i> concentration (%)				SEM
	0	10	20	30	
L*	51.59bc	56.68a	53.25b	54.55ab	0.78
a*	1.69a	0.19b	1.19ab	1.83a	0.51
b*	9.81a	8.11b	9.87a	9.03ab	0.52
pH	5.77	5.77	5.75	5.77	0.01
CRA (%)	20.58	23.32	21.07	21.65	1.50
Legs (g.kg ⁻¹ EBW)	198.11	207.11	198.55	204.95	6.85
Meat (g.kg ⁻¹ Legs)	716.14	745.59	650.02	741.44	39.62
Dissectable fat (g.kg ⁻¹ Legs)	257.25	232.04	317.21	248.89	32.86
Bone (g.kg ⁻¹ Legs)	11.33	7.03	7.95	7.54	1.99

^{a,b} Different letters within rows indicate a significant difference between treatments using Tukey's test (P<0.05).

The hematological values of the rabbits fed with *M. oleifera* can be seen in Table 6, with results revealing that all variables were similar (P>0.05) among groups. While data relating to hemoglobin hematocrit, corpuscular volume, neutrophils and segmented neutrophils were similar, it is noticeable that these values increased as proportions of *M. oleifera* increased (13.9, 14.21 14.5 and 15.2, respectively).

Table 6. Hematological values in rabbits fed with *Moringa oleifera*.

Item	<i>oleifera</i> concentration (%)				MEE
	0	10	20	30	
Red blood cells, cells $10^{12}.L^{-1}$	5.53	5.66	5.65	5.78	0.09
Hemoglobin, g.dL ⁻¹	13.98	14.27	14.53	15.20	0.66
Hematocrit, %	36.85	37.50	39.55	41.76	0.60
Corpuscular volume, fL	67.15	66.37	70.02	72.32	0.78
Mean corpuscular hemoglobin, Pg	25.33	25.17	25.65	26.24	0.19
Mean corpuscular hemoglobin concentration, g.dL ⁻¹	37.83	38.00	36.72	36.46	0.34
Platelets, cells $10^9.L^{-1}$	130.75	183.00	153.17	172.80	12.02
White blood cells, cells $10^9.L^{-1}$	4.00	3.27	4.53	6.00	0.39
Neutrophils, %	36.63	43.87	43.45	46.34	2.63
Lymphocytes, %	31.73	28.03	26.80	26.08	1.48
Monocytes, %	31.65	28.10	29.75	27.58	1.23
Lymphocytes number, cells $10^9.L^{-1}$	1.23	0.90	1.17	1.50	0.12
Monocytes number, cells $10^9.L^{-1}$	1.23	0.90	1.27	1.58	0.12
Segmented neutrophils, cells $10^9.L^{-1}$	1.55	1.47	2.10	2.92	0.24

^{a,b} Different letters within rows indicate a significant difference between treatments using Tukey's test (P<0.05).

DISCUSSION

The total weight gained for the 20% *M. oleifera* group, as daily weight gain on weeks 2 and 4 (50.9 and 46.7 g. d⁻¹, respectively) were higher when compared to other treatments. In similar trials, no change in feed conversion during the fattening period was observed when rabbit diets were supplemented with a 4% concentration of inulin (Volek et al., 2007), a 4 % concentration of barley with inulin (Bonai et al., 2010), a moringa leaf concentration of up to 10% (Zhai et al., 2019), and 0.5 and 1 g. kg⁻¹ of moringa leaf meal (Aljohani and Abduljawad (2018). However, Serem et al., (2017) supplemented diets with 3, 6 and 12 % concentrations of *M. oleifera* leaf meal and it was found that feed conversion increased in groups fed with 3 and 6 % concentrations.

Morphometric measurements such as animal length and hip and lumbar carcass circumferences were different among groups consuming *M. oleifera* flour. The animal length measurements obtained in this study were higher than those reported by Mousa-Balabel et al., (2017) in growing rabbits weighing 2.38 kg. In a similar study, Ologbose et al., (2017) indicated that animal length is affected by breed, sex and age of rabbits, while Zepeda et al., (2019) suggested live weight, skin and foot weight could be used to predict hot carcass weight because these variables have the highest correlation coefficients, while live animal length has a coefficient of 0.49. These authors indicated that feet and skin have a 0.79 and 0.67 correlation coefficient for predicting hot carcass weight.

Live weight and hot carcass weight were different ($P < 0.05$) among treatments. The results from this study are different to those reported by Sun et al., (2017) who, did not find any differences when substituting alfalfa with *M. oleifera* (1110.7 vs 1019.5, for 20 % of *M. oleifera*) with weights lower than those recorded for this study. Huque et al., (2017) found differences in chemical composition and degradability of different cultivars of Moringa, while Bashar et al., (2017) concluded that moringa composition depended on harvesting height and biomass yields. Furthermore, Sharaf-Eldin et al., (2018) found proximate composition was not affected by the moringa drying process, but there was a greater quantity of vitamins using the microwave drying method.

The average weights for lungs, spleen, liver, bladder and kidneys were not significant ($P > 0.05$), indicating that these organs function normally and are not affected by the treatments. However, heart weight was lower in control treatment, but the weight in all groups was similar to other studies. Garcia-Vazquez et al., (2020) reported weights of between 3.7 to 5.5 g. kg^{-1} , whereas Pius et al., (2019) found that *Gmelina arborea* leaves did not affect heart weight. According to Molina et al., (2017), there were no differences in organ weights for rabbits fed with *Amaranthus dubius*, while Shanti et al., (2017) reported differences in heart weight in rabbits fed with hydroponic barley.

All meat quality variables were similar, except for those relating to color. Dabbou et al., (2018) reported differences in L^* values due to the presence of flavonoids in alfalfa, while Dalle-Zotte et al., (2018) did not find any differences in lightness for the *Biceps femoris* of rabbits fed with chestnut hydrolysable tannin. Antioxidant or bioactive compounds from plants or extracts should change meat color, and it has been reported that the moringa plant has flavonoids and antioxidant activity (Sharaf-Eldin et al., 2018). However, Kone et al., (2016) reported that meat color did not change in fattening rabbits whose diets were supplement with different plant extracts.

Hematology parameters were similar which suggests that feeding *M. oleifera* to rabbits does not have any adverse effects on animals. Despite there being no differences between hemoglobin, hematocrit, white blood cells or neutrophils, these values increased as higher concentrations of *M. oleifera* were incorporated into the feed. Yeh et al., (2019) reported hemoglobin and hematocrit parameters were in line with the sex and age of rabbits (12.8 to 13.9 g.dL^{-1} and 34.9 to 36%, respectively). The results of this study were similar to Bakr et al., (2017) where rabbits were fed rosemary and marjoram, indicating that any addition of natural feed additives into rabbit diets affects hematology parameters. Gugolek et al., (2018) fed rabbits with diets containing rapeseed meal, white lupine or pea seeds, and no significant differences were found in the blood parameters analyzed.

CONCLUSION

This study has shown that incorporating *M. oleifera* at a concentration of 20% into the diets of fattening rabbits increases total weight gain, animal length, carcass circumference and empty body weight. Therefore, *M. oleifera* meal could be an alternative supplement for the preparation of rabbit feed during the fattening period.

■ REFERÊNCIAS

1. Aljohani, N.E. and Abduljawad, S.H. 2018. Efficacy of *M. oleifera* Leaf Supplementation for Enhanced Growth Performance, Haematology and Serum Biochemistry of Rabbits. Food Nutr. Sci. 9:1285-1298. <https://doi.org/10.4236/fns.2018.911092>.
2. American Meat Science Association (AMSA). 2012. Meat color measurement guidelines. Champaign, IL, USA.
3. Bakr, E.S.O.; Badawi, L.; Ghaffar, M.A.A.; Mousa, M.R. 2017. Effects of rosemary and marjoram supplementation on growth performance, digestibility and economic efficiency of growing rabbits. Egyptian J. Rabbit Sci. 27(2): 245-266. <https://doi.org/10.21608/EJRS.2017.46575>.
4. Bashar, M.K.; Huque, K.S.; Sarker, N.R.; Sultana, N.; Makkar, H.P.S. 2017. Study of different harvesting height on annual biomass yield, chemical composition and in-sacco dry matter degradability of moringa fodder. Int. J. Agric. Inn. Res. 6(1): 2319-1473. <https://ijair.org/index.php/issues?view=publication&task=show&id=992>.
5. Blasco, A.; Ouhayoun, J. and Masoero, G. 1993. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. World Rabbit Sci. 1: 3-10. <https://doi.org/10.4995/wrs.1993.189>.
6. Bónai, A.; Szendrő, Z.; Matics, Z.; Fébel, H.; Kametler, L.; Tornyos, G.; Horn, P. 2010. Effect of inulin supplementation and age on growth performance and digestive physiological parameters in weaned rabbits. World Rabbit Sci. 18(3): 121-129. <https://doi.org/10.4995/wrs.2010.5883>.
7. Dabbou S.; Gasco L.; Rotolo L.; Pozzo L.; Tong J. M.; Dong X.F.; Rubiolo P.; Schiavone A.; Gai, F. 2018. Effects of dietary alfalfa flavonoids on the performance, meat quality and lipid oxidation of growing rabbits. Asian Austral. J. Anim. Science. 31: 270–277. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0284>.
8. Dalle-Zotte, A.; Cullere, M.; Tasoniero, G.; Gerencsér, Z.; Szendrő, Z.; Novelli, E.; Matics, Z. 2018. Supplementing growing rabbit diets with chestnut hydrolyzable tannins: Effect on meat quality and oxidative status, nutrient digestibilities, and content of tannin metabolites. Meat Sci. 146: 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.007>.
9. Dorothy, M.; Sudhanshu, R.; Vipin, N.; Khushvir, S.; Yogananda, T.; Makamguang, M. 2018. Use of Potential Plant Leaves as Ingredient in Fish Feed-A Review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 7:112-125. doi. 10.20546/ijcmas.2018.707.014
10. García-Vázquez, L.M.; Zepeda-Bastida, A.; Ayala-Martínez, M.; Soto-Simental, S. 2020. Infusion of *Chenopodium ambrosioides* consumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. Food Science and Technology. (Accepted). <https://doi.org/10.1590/fst.32819>

11. Gbore, F. A.; Olatunbosun, A. 2010. Growth performance, haematology and serum biochemistry of female rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) fed dietary fumonisin. *Veterinarski Arhiv*, 80: 431-443.
12. Gopalakrishnan, L.; Devarai K.D.; Kumara, S. 2016. *M. oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Sci. Hum. Wellness*. 5(2): 49-5. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>.
13. Gugolek, A.; Juśkiewicz, J.; Kowalska, D.; Zwoliński, C.; Sobiech, P.; Strychalski, J. 2018. Physiological responses of rabbits fed with diets containing rapeseed meal, white lupine and pea seeds as soybean meal substitutes. *Cienc. Agrotecnol.* 42(3): 297-306. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018423003318>
14. Honikel, K. O. 1987. How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In: *Evaluation and control of meat quality in pigs. Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*, 38. Tarrant P. V.; Eikelenboom, G. and Monin, G., eds. Springer, Dordrecht, Germany.
15. Huque, K.S.; Bashar, M.K.; Sarker, N.R.; Sultana, N.; Roy, B.K.; Amhed, S.; Makkar, H.P.S. 2017. Annual Biomass Production, Chemical composition and In- sacco Degradability of Different Cultivars of *Moringa oleifera*. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.* 2(2): 864-873. <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.2.39>
16. Kone, A. P. ; Cinq-Mars, D. ; Desjardins, Y. ; Guay, F. ; Gosselin, A. and Saucier, L. 2015. Effects of plant extracts and essential oils as feed supplements on quality and microbial traits of rabbit meat. *World Rabbit Sci.* 24: 107-119. <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.3665>
17. Konmy, B.B.S.; Olounladé, P.A.; Doko Allou, S.; Azando, E.V.B.; Hounzangbé-Adoté, M.S. 2016. A review on phytochemistry and pharmacology of *M. oleifera* leaves (*Moringaceae*). *J. of Pharmacogn. Phytochem.* 5(5): 325-330. <http://www.phytojournal.com/archives/?year=2016&vol=5&issue=5&ArticleId=973>
18. Molina, E.; González-Redondo, P.; Moreno-Rojas, R.; Montero-Quintero, K.; Chirinos-Quintero, N.; Sánchez-Urdaneta, A. 2017. Evaluation of haematological, serum biochemical and histopathological parameters of growing rabbits fed *Amaranthus dubius*. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 102(2): 525-533. <https://doi.org/10.1111/jpn.12791>
19. Modisaojang-Mojanaga, M.; Ogbuewu, I.; Oguttu, J.; Mbajiorgu, C. 2019. Moringa leaf meal improves haemato-biochemical and production indices in broiler chickens: a review. *Comparative Clinical Pathology*. <https://doi.org/10.1007/s00580-019-02900-7>
20. Mousa-Balabel, T.M.; El-Sheikh, R.A.; El-Nenny, N.S. 2017. Prediction of Californian rabbits body weight from their body characteristics in Egypt. *Life Sci. J.* 14(11):52-56. <https://doi.org/10.7537/marslsj141117.09>
21. NOM-033-SAG/ZOO-2014. 2015. Norma Oficial Mexicana. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Available at: <<http://www.economia-noms.gob.mx/normas/noms/2010/033sagzoo2015.pdf>>. Accessed on: December 10, 2019
22. Nouman, W.; Basra, S.M.A.; Siddiqui, M.T.; Yasmeen, A.; Gull, T., Alcayde, M.A.C. 2014. Potential of *M. oleifera* L. as livestock fodder crop: a review. *Turkish J. Agric. For.* 38: 1-14. <https://doi.org/10.3906/tar-1211-66>
23. National Research Council (NRC). 1977. Nutrient requirements of rabbits. 2nd rev. ed. National Academic Press, Washington, DC, USA.

24. Ogbuewu, I.P.; Emenalom, O.O.; Okoli, I.C. 2017. Alternative feedstuffs and their effects on blood chemistry and haematology of rabbits and chickens: a review. *Comp. Clin. Pathol.* 26: 277–286. <https://doi.org/10.1007/s00580-015-2210-0>
25. Ologbose, F.I.; Ajayi, F.O. and Agaviezor, B. 2017. Effect of Breeds, Sex and Age on Interrelationship between Body Weight and Linear Body Measurement in Rabbits. *J. Fisheries Livest. Prod.* 5: 250-255. <http://doi.org/10.4172/2332-2608.1000250>
26. Pérez, M.; García, S.; Soto, S.; Zepeda, B.; Ayala, M. 2018. Parámetros productivos de conejos alimentados con diferentes partes de la planta *Tithonia tubaeformis*. 8(2): 108-114. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.10>
27. Pius, O.; Ahemen, T.; Addass, P.A. 2019. Effect of rations with fresh leaves of *Gmelina arborea* on growth performance and organ weights of rabbit bucks. *Agric. Sci. Technol.* 11(4): 317-322. DOI: 10.15547/ast.2019.04.053
28. Saalu, L. C.; Osinubi, A. A.; Akinbami, A. A.; Yama, O. E.; Oyewopo, A. O.; Enaibe, B. U., 2011: *M. oleifera* Lamarck (drumstick) leaf extract modulates the evidences of hydroxyurea-induced testicular derangement. *I. J. Appl. Res. Nat. Prod.* 4: 32–45. <http://www.oalib.com/paper/2589163#.XmGkaKhKhPY>
29. Seidavi, A.; Tavakoli, M.; Rasouli, B.; Corazzin, M.; Salem, A.Z.M. 2018. Application of some trees/shrubs in ruminant feeding: a review. *Agrofor. Syst.* <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0313-8>
30. Serem, J. K.; Wahome, R. G.; Gakuya, D. W.; Kiama, S. G.; Gitao, G. C.; Onyango, D. W. 2017. Growth performance, feed conversion efficiency and blood characteristics of growing pigs fed on different levels of *M. oleifera* leaf meal. *J. Vet. Med. Anim. Health*, 9(11): 327-333. <https://doi.org/10.5897/JVMAH2017.0570>
31. Shanti, H.; Omar, J.; Alwaheidi, I.; Abdallah, J.; Dbadran, E. 2017. Effect of substituting hydroponic barley for a commercial feed on performance and blood metabolites of growing Baladi rabbits. *J. New Sci, Agric. Biotech.* 39(5): 2131-2135. <http://www.jnsciences.org/agri-biotech/57-volume-39/305-effect-of-substituting-hydroponic-barley-for-a-commercial-feed-on-performance-and-blood-metabolites-of-growing-baladi-rabbits.html>
32. Sharaf-Eldin, M.A.; Alam, P.; Shereen F.; Elkholy, S.F.; Samad, A.; Alam, A.; Palada, M.C. 2018. Impact of Different Drying Methods on Nutritional Value, Flavonoid Content and Antioxidant Activity of *M. oleifera*. *Z Arznei- Gewurzpfla.* 23 (1): 22–27. <http://repository.psau.edu.sa/jspui/handle/123456789/6218>
33. Sreelather, S.; Padma, P. R. 2009. Antioxidant activity and total phenolic content of *M. oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Foods Hum. Nutr.* 64: 303–311. <http://www.doi.org/10.1007/s11130-009-0141-0>
34. Sun, B.; Zhang, Y.; Ding, M.; Xi, Q.; Liu, G.; Li, Y.; Liu, D.; Chen, X. 2017. Effects of *M. oleifera* leaves as a substitute for alfalfa meal on nutrient digestibility, growth performance, carcass trait, meat quality, antioxidant capacity and biochemical parameters of rabbits. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. 102(1):194-203. <http://www.doi.org/10.1111/jpn.12678>
35. Valdivié-Navarro, M.; Martínez-Aguilar, Y.; Mesa-Fleitas, O.; Botello-León, A.; Betancur-Hurtado, C.; Velázquez-Martí, B. 2020. Review of *M. oleifera* as forage meal (leaves plus stems) intended for the feeding of non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Technol.* 260: 114338. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114338>

36. Volek, Z.; Marounek, M. and Skrivanova', V. 2007. Effect of a starter diet supplementation with mannanoligosaccharide or inulin on health status, caecal metabolism, digestibility of nutrients and growth of early weaned rabbits. *Animal*. 1: 523–530. doi: 10.1017/S1751731107685012
37. Vinus, R.; Nancy, S.; Maan, N. and Tewatia, B. 2018. Potential benefits of herbal supplements in poultry.feed: A review. *The Pharma Innovation Journal*; 7(6): 651-656.
38. Yeh, S.Y.; Sung, C.H.; Lin, T.L.; Cheng, T.L.; Chou, C.C. 2019. The effects of crossbreeding, age, and sex on erythrocyte indices and biochemical variables in crossbred pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Vet. Clin. Pathol* 48:469–480. <http://www.doi.org/10.1111/vcp.12775>
39. Zhai, S.; Li, M.; Li, M.; Zhang, X.; Ye, H.; Lin, Z.; Wang, W.; Zhu, Y.; Yang, L. 2019. Effect of dietary Moringa stem meal level on growth performance, slaughter performance and serum biochemical parameters in geese. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 00:1–10. DOI: 10.1111/jpn.13209
40. Zepeda-Bastida, A.; Martínez, M.A.; Simental, S.S. 2019. Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. *Ver. Bras. Zootecn*.48; e20190074. Epub November 28, 2019. <https://doi.org/10.1590/rbz4820190074>

“

Propriedades físicas e químicas de blocos multinutricionais confeccionados com subprodutos agroindustriais e espécies forrageiras do semiárido

■ Jennifer Nandes Pereira da **Silva**
UFAL

■ Tassiano Feitosa de **Amorim**
IFAL

■ Marilea Batista **Gomes**
UFRPE

■ José Teodorico de **Araújo Filho**
UFAL

■ Pedro Henrique de Melo **Garcia**
UEPB

■ Patricia Mendes Guimarães **Beelen**
UFAL

■ Ariane Loudemila Silva de **Albuquerque**
UNEAL

■ Solon Ramos **Aguar**
IFAL

RESUMO

Objetivou-se avaliar as características físicas e a composição química de blocos multnutricionais (BM) confeccionados com subprodutos agroindustriais e espécies forrageiras do semiárido, em cinco tempos de armazenamento diferentes. Os ingredientes dos BM foram ureia, melaço, sal, suplemento mineral, cal hidratada, calcário, farelo de coco, casca de maracujá, farelo de mandioca e espécies forrageiras do semiárido: Malva Branca (MB), Marmeleiro (M), Mata-pasto (MP) e Flor-de-seda (FS). O efeito das diferentes misturas e do tempo de armazenamento na composição química dos BM foi analisado por um projeto experimental em parcelas subdivididas, com o tempo de armazenamento nas sub-parcelas e quatro repetições por tratamento. O efeito das diferentes misturas na densidade dos BM foi analisado por um design totalmente randomizado com quatro repetições. O período de armazenamento não influenciou a resistência dos blocos com M e FS. O armazenamento reduziu a força dos BM contendo MB. Os BM com MB perderam maior porcentagem de água em relação aos blocos com MP e FS. Os BM com MP e FS apresentaram maior densidade. As espécies forrageiras não influenciaram a composição em MS, MM, PB, FDA, EE, LIG e TC. O TC do BM foi baixo, mesmo com a concentração de TC elevada encontrada nas plantas MB e M. A composição em PB, FDN e FDA dos BM diminuiu durante o armazenamento. Os BM confeccionados com MB e M apresentaram boa composição química, mas de preferência deve ser consumido dentro de 45 dias para manter os valores nutricionais iniciais.

Palavras-chave: Resistência, Ruminantes, Subprodutos, Suplementação.

INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino enfrenta muitos problemas com prolongadas estiagens, acarretando deficiência na oferta e na qualidade nutricional dos pastos. Com essas condições, os animais encontram-se em desequilíbrio nutricional e o consumo de energia digestível se torna o principal limitante do desempenho animal.

Embasado nessa realidade, estudos são feitos para minimizar esse problema. A suplementação alimentar é uma importante alternativa para melhorar o desempenho animal. Ela pode ser feita de diversas formas: grãos e alimentos concentrados, sais proteinados ou energéticos, restolhos de cultura, plantas nativas da caatinga sob forma de feno ou silagem, subprodutos agroindustriais, ou pela junção de vários desses ingredientes em blocos multinutricionais. Este último tipo de suplemento, ao ser lambido pelo animal, permite o consumo restringido de uma mistura de ingredientes compactados, de modo a fornecer nutrientes ao longo do dia (nitrogênio, energia, macro e microminerais) (QUEIROZ; LEON; GALLO, 2012).

A tecnologia dos blocos multinutricionais já vem sendo estudada e utilizada em alguns países da África, Ásia e Europa mediterrânea (BEN SALEM; MAKKAR; NEFZAOU, 2004), que, assim como o semiárido brasileiro, enfrentam cíclicos problemas de seca.

No Brasil, os trabalhos com blocos multinutricionais estão sendo desenvolvidos em alguns estados, com ênfase no estado da Paraíba. O bloco multinutricional proposto pela Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) sugere a mistura de fontes proteicas (farelo de soja, algodão), fontes energéticas (milho, sorgo, mandioca), minerais feno de forrageiras, ureia, melaço e agente solidificante.

A mistura utilizada no bloco multinutricional para ruminantes tem que cumprir o objetivo nutricional, e também considerar as características físicas dos ingredientes e do bloco, já que tem que oferecer um consumo adequado a suas necessidades, e também suportar manipulação, armazenamento e transporte (BIRBE; HERRERA; COLMENARES, 2006). Além dos benefícios nutricionais, os blocos oferecem vantagens do ponto de vista logístico, devido à sua versatilidade, facilidade de manejo, transporte e armazenamento.

O milho e o farelo de soja são, tradicionalmente, os principais alimentos energéticos utilizados na formulação de ração, por não apresentarem restrição quanto à presença de fatores antinutricionais e, juntos, formarem uma excelente combinação de energia e proteína (GOES et al., 2008).

A ideia da utilização de alimentos não convencionais para ruminantes vem ganhando espaço nos últimos anos, principalmente com o objetivo de atender às dificuldades de pequenos produtores, para os quais muitas vezes o custo de alimentação dos animais é um impedimento para a criação.

Dentre os alimentos alternativos estão os subprodutos agroindustriais, de uma forma geral, sua utilização na alimentação animal atende duas demandas: baixar o custo de alimentação dos animais e reduzir o impacto ambiental no descarte destes resíduos (ALMEIDA et al., 2019; FAUSTINO et al., 2020; RIBEIRO et al., 2007).

Em Alagoas, a utilização de subprodutos de indústrias de suco, de casa de farinha (casca, farinha de varredura) e a parte aérea de mandioca, são alternativas para a alimentação dos ruminantes que, devido à adaptação fisiológica do rúmen, podem aproveitar alimentos que não podem ser digeridos por animais monogástricos.

Diante destas informações, objetivou-se com este estudo avaliar as características físicas e a composição bromatológica de blocos multinutricionais confeccionados com feno de plantas nativas da caatinga e subprodutos da agroindústria em diferentes períodos de armazenamento.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Núcleo de Produção e Melhoramento Genético Animal do Centro de Ciências Agrárias e no Laboratório de Estruturas e Materiais da UFAL.

Os blocos multinutricionais foram confeccionados segundo metodologia descrita pela EMEPA (2015), tendo como base da mistura de fontes protéicas (farelo de coco), fontes energéticas (farinha de varredura, e casca de maracujá desidratada) e quatro diferentes fenos de forrageiras nativas (Flor-de-seda (*Calotropisprocera* Ait. R. Br), Marmeleiro (*Crotonsonderianus* Muell. Arg), Mato Pasto (*Sena* spp) e Malva Branca (*Waltheria (indica) douradinha* A. St. - Hill)) além de NNP, melaço, minerais e agente solidificante (cal hidratada).

As diferentes misturas dos blocos foram avaliadas em diferentes tempos de armazenamento, 0 (72h após a confecção); 15; 30; 45 e 60 dias, com 4 repetições para cada tratamento nos diferentes tempos de armazenamento. As formulações utilizadas nos blocos multinutricionais encontram-se na Tabela 1 e a composição bromatológica na Tabela 2.

Tabela 1. Composição (%) para os blocos multinutricionais.

Ingredientes	(%)
Ureia pecuária	5
Melaço	30
Sal comum	10
Cal hidratada	10
Suplemento mineral	6
Calcário	3
Farelo de coco	10
Maracujá	5
Farinha de varredura	11
Forrageira do semiárido	10
Total	100

Fonte: Autor

Tabela 2. Composição bromatológica dos subprodutos e forrageiras do semiárido utilizadas na confecção dos blocos multinutricionais

Alimentos	%MS	%MM	%MO	%PB	%EE	%FDN	%FDA	%LIG	%TC
Casca de Maracujá	92,92	10,91	89,09	7,78	10,95	54,02	38,35	10,28	-
de V. de Mandioca	93,14	1,20	98,80	1,49	8,80	6,32	3,72	0,33	-
Farelo de Coco	93,60	3,60	96,40	22,33	46,38	36,48	22,68	6,90	-
Malva-branca	92,13	6,46	93,54	11,89	10,62	44,36	30,96	7,66	16,92
Marmeleiro	91,88	8,38	91,62	13,68	11,62	37,13	27,78	7,80	33,32
Mata-pasto	92,51	13,91	86,09	17,31	12,46	19,51	14,54	3,00	-
Flor de seda	93,18	17,01	82,99	15,30	15,10	27,56	21,31	6,03	-

Fonte: Autor

MS: matéria seca, MM: matéria mineral, MO: matéria orgânica, PB: proteína bruta, EE: extrato etéreo, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido e LIG: lignina, TAN: tanino condensado.

A primeira fase do projeto foi realizada em Santana de Ipanema-AL, onde foi feito o corte das forrageiras nativas em diferentes propriedades da região. Em seguida, todo o material coletado foi transportado até o CECA/UFAL para a fenação de todas as forragens por aproximadamente 7 dias. Após fenado o material foi moído em peneira de 3 milímetros e armazenado até o dia da confecção dos blocos.

A casca de maracujá, farelo de coco e farinha de varredura foram doados de diferentes agroindústrias de Alagoas. A casca de maracujá foi seca em estufa de ventilação forçada com aproximadamente 40°C por um período de 7 dias. Em seguida o material foi moído com peneira de 3 milímetros e armazenados até o dia da confecção dos blocos.

Para a confecção dos blocos foram utilizadas as formulações demonstradas na Tabela 1. Os ingredientes de cada tratamento foram pesados em uma balança digital com quatro casas decimais e misturados em uma betoneira com capacidade de 50 kg. Inicialmente foi misturado o melaço, a ureia e o sal comum por aproximadamente 10 minutos, até serem diluídos totalmente, em seguida os demais ingredientes foram sendo acrescentados

lentamente até a obtenção de uma mistura homogênea. Em função da baixa densidade de algumas plantas forrageiras, foi necessário o acréscimo de 3L de água a mistura, a fim de se obter a umidade necessária.

A mistura de cada bloco foi pesada em saquinhos, 20 repetições com 1,500 kg de cada tratamento, para serem prensados na máquina manual. Todos os blocos foram prensados pela mesma pessoa para garantir que fosse submetida à mesma pressão. Após a prensagem dos blocos foi feito o sorteio para a distribuição dos tratamentos nas prateleiras.

Após completar cada período de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias) os blocos de cada tratamento foram pesados para calcular a perda de água, através da diferença entre o peso do bloco no dia da confecção (1,500 kg) e o peso do bloco em cada um dos períodos.

Para o cálculo de resistência a esmagamento os BM, que inicialmente possuíam 20 cm de diâmetro, foram cortados até obter um diâmetro de aproximadamente 10 cm, a fim de terem sua resistência testada por ensaio de compressão em uma máquina de ensaios universal Shimadzu® com capacidade de 10 toneladas e regulada a uma velocidade de deslocamento de 0,9 mm/min e selecionada a opção “Tensão”. Os ensaios de compressão são parados automaticamente no momento da fratura dos corpos, mas devido ao tipo de material utilizado nos BM, semelhante a borracha, não foi possível ter o resultado automático, pois a máquina compactava os blocos e superestimava os valores, sendo assim, foi necessário interromper a máquina manualmente quando eram observadas rachaduras nos blocos. Após o fim do ensaio foi utilizado às medidas de Tensão (kgf/mm²), disponibilizada ao fim de cada ensaio, como medida de resistência. O cálculo de resistência ao esmagamento em kg/cm² foi realizado através da fórmula: Resistência ao esmagamento = Tensão/100.

A densidade foi calculada através da relação entre a massa e o volume, para isso foi usada à altura (h) e o peso dos blocos com 60 dias de armazenamento, sendo volume (V) = $\pi \cdot r^2 \cdot h$, r = diâmetro (20 cm)/2.

Para a análise bromatológica foram utilizadas as metodologias descritas por Detmann et al. (2012). Foram determinadas a porcentagem de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), e lignina (LIG).

Para a determinação da concentração de tanino solúvel (TS), tanino ligado ao resíduo sólido (TL) e tanino total (TT) foi utilizado o método butanol-HCl, descrito por Terrill et al. (1992).

O efeito das diferentes misturas sobre a densidade dos BM foi analisado por um delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. O efeito das diferentes misturas e do tempo de armazenamento (TA) sobre a resistência a esmagamento, perdas de água e composição bromatológica dos BM foi analisado por um delineamento em parcelas subdivididas, com os TA na subparcela e 4 repetições por tratamento. Os resultados obtidos foram

submetidos à análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey, utilizado o programa Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 observa-se os valores de resistência ao esmagamento dos BM, os que contém Malva Branca e Marmeleiro mostraram mais resistêntência, quando comparados com Mata pasto e Flor-de-seda no momento da confecção. O período de armazenamento não influenciou a resistência dos blocos confeccionados com Marmeleiro e Flor-de-seda. Os BM com Flor-de-seda demonstraram pouca resistência, independentemente do tempo de armazenamento. Os blocos confeccionados com Mata Pasto ganharam resistência com o armazenamento, mas somente após 30 dias de confeccionados alcançaram uma dureza próxima ao do BM com Marmeleiro. O armazenamento reduziu a resistência do BM com Malva Branca, contudo, sem comprometer a sua capacidade de ser utilizado, uma vez que os valores se mantiveram dentro da dureza esperada.

Tabela 3. Valores médios de resistência ao esmagamento kg/cm² de blocos multinutricionais confeccionados com subprodutos da agroindústria e forrageiras do semiárido

Plantas	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	15	30	45	60
Malva Branca	3,55 ^{aA}	2,12 ^{aB}	1,81 ^{aB}	2,41 ^{Ab}	2,75 ^{aAB}
Marmeleiro	2,15 ^{bA}	1,37 ^{abA}	1,64 ^{abA}	1,35 ^{bA}	1,42 ^{bA}
Mata Pasto	0,61 ^{cB}	0,87 ^{baB}	1,22 ^{abAB}	1,04 ^{bAB}	1,67 ^{bA}
Flor-de-seda	0,38 ^{cA}	0,71 ^{bA}	0,75 ^{bA}	0,98 ^{bA}	1,23 ^{bA}

Fonte: Autor

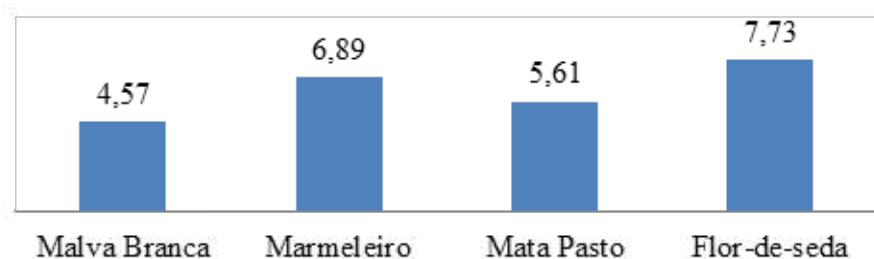
Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A dureza do bloco, medida por sua resistência ao esmagamento, é considerada a principal variável na determinação do consumo. Herrera et al. (2002) estudando consumo e resistência dos blocos com níveis (0; 13,5 e 27%) de caroço de algodão e folhagem de feijão-caupi descobriram uma redução do consumo, $0,18 \pm 0,24$; $0,11 \pm 0,17$ e $0,09 \pm 0,13$ kg/animal/dia, com o aumento da resistência ao penetrômetro, $2,68 \pm 0,68$; $3,75 \pm 0,44$ e $3,92 \pm 0,82$, dos blocos associada ao aumento do nível inclusão da folhagem de feijão-caupi nos blocos. Esses resultados reforçam os valores encontrados por Birbe et al. (1998 apud BIRBE et al., 2006) avaliando blocos com 30% de melaço e com diferentes forças de compactação encontraram resistência de 2,2; 2,8; 2,9; 3,9; 4,1 e 4,9 kg/cm² e um consumo de MS do bloco de 3320; 3018; 1800; 900; 680 e 110 g/dia, respectivamente.

A utilização de Mata Pasto e Flor-de-seda na composição dos BM parece ter comprometido a resistência dos blocos, o que pode levar a um consumo excessivo. Essa perda

de resistência pode ser explicada por características próprias das plantas, observadas no momento da preparação dos BM, notadamente uma maior densidade e ou a dificuldade em reduzir o tamanho das partículas. A Figura 1 apresenta o teor em umidade dos blocos logo após serem confeccionados.

Figura 1. Teor de umidade de blocos multinutricionais confeccionados com subprodutos da agroindústria e forrageiras do semiárido com zero dias.



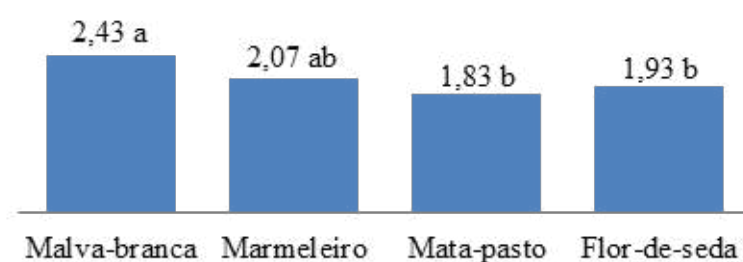
Fonte: Autor

Uma vez que foi incluído 3L de água no momento da confecção dos blocos, a fim de corrigir a umidade do Malva Branca, é possível que plantas mais densas tenham recebido uma quantidade de água além do necessário, comprometendo a resistência.

Na Figura 2 são apresentadas as porcentagens de perda de água em função da forragem utilizada. Os blocos confeccionados com Malva Branca perderam uma porcentagem maior de água (2,43%) quando comparado aos blocos confeccionados com Mata Pasto (1,83%) e Flor-de-seda (1,93%).

Figura 2. Perda de água em função da forragem utilizada no bloco multinutricional.

Fonte: Autor



Na Tabela 4, observa-se os valores médios de densidade dos blocos aos 60 dias. Os blocos confeccionados com Mata Pasto e Flor-de-seda não diferiram entre si e possuem uma densidade maior que os blocos confeccionados com Malva Branca e Marmeleiro, que da mesma forma não diferiram entre si. A diferença de densidade dos blocos, possivelmente, se deve a diferença de densidade das forrageiras. De modo geral os blocos com menor densidade obtiveram uma maior resistência e os blocos com maior densidade uma menor resistência.

Tabela 4. Valores médios de densidade de blocos multinutricionais confeccionados com subprodutos da agroindústria e forrageiras do semiárido, aos 60 dias de armazenamento

Forragem	Densidade média
Malva Branca	0,57997 ^b
Marmeleiro	0,58597 ^b
Mata Pasto	0,70667 ^a
Flor-de-seda	0,66941 ^a

Fonte: Autor

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Após o período de maturação dos BM notou-se a inviabilidade da utilização dos blocos confeccionados com Mata Pasto e Flor-de-seda. Estes blocos não apresentaram características físicas desejáveis em BM, notadamente a dureza/resistência ao esmagamento não permitiria um consumo lento, levando ao risco de intoxicação causada pela ureia, quando não há um consumo restringido. Por essa razão não foi avaliado a composição bromatológica dos blocos confeccionados com essas plantas, uma vez que não é recomendado o seu consumo.

A composição bromatológica dos blocos multinutricionais confeccionados com Malva Branca e Marmeleiro, em função do tempo de armazenamento está apresentada nas tabelas 5, 6 e 7. Não houve interação entre a espécie de planta utilizada e o tempo de armazenamento para as variáveis MS, MM, EE, FDN, FDA e LIG (Tabela 5). Os valores em MS, MM, EE, FDA e LIG não diferiram entre os blocos confeccionados com Malva Branca e Marmeleiro. A composição em FDN (Tabela 2) variou devido a diferença entre as duas plantas (44,36 e 37,13%, respectivamente).

O tempo de armazenamento não influenciou os valores de MM, EE e LIG. A MS oscilou um pouco durante o período de armazenamento, se mantendo próximo aos 94%, mas com uma queda significativa aos 30 dias de armazenamento. A umidade é uma importante característica ligada a resistência. Segundo Birbe et al. (2006), níveis crescentes de umidade, até 14%, aumentam gradativamente a resistência do bloco.

O tempo de armazenamento pode ter comprometido a qualidade da fibra nos BM ocorrendo uma redução da composição em FDN e FDA após 30 dias de armazenamento. As oscilações da MS podem comprometer a qualidade do material armazenado, o qual permite a contaminação por microrganismos.

Tabela 5. Teores em MS, MM, FDN, FDA, EE e LIG de blocos multinutricionais confeccionados com subprodutos da agroindústria e forrageiras do semiárido em diferentes tempos de armazenamento

Variável	Espécie utilizada no bloco		Tempo de armazenamento (dias)				
	Malva Branca	Marmeleiro	0	15	30	45	60
MS	94,74 ^a	94,67 ^a	94,93 ^{ab}	94,80 ^{ab}	93,72 ^b	95,41 ^a	94,66 ^{ab}
MM	36,11 ^a	37,05 ^a	38,33 ^a	34,29 ^a	37,35 ^a	35,68 ^a	37,24 ^a
EE	8,05 ^a	8,22 ^a	8,04 ^a	8,04 ^a	8,16 ^a	8,30 ^a	8,30 ^a
FDN	22,99 ^b	24,18 ^a	25,56 ^a	24,44 ^{ab}	23,60 ^{abc}	21,92 ^c	22,41 ^{bc}
FDA	7,14 ^a	7,33 ^a	7,63 ^a	7,52 ^{ab}	7,35 ^{ab}	6,84 ^b	6,85 ^b
LIG	2,19 ^a	2,34 ^a	2,50 ^a	2,18 ^a	2,37 ^a	2,23 ^a	2,08 ^a

Fonte: Autor

MS: matéria seca, MM: matéria mineral, EE: extrato etéreo, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido e LIG: lignina. Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente dentro de cada fator. Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os blocos das duas espécies reduziram os níveis de PB com o tempo. (Tabela 8) O BM confeccionado com Marmeleiro começou a perder gradativamente PB com 30 dias, enquanto o bloco confeccionado com Malva Branca manteve o valor inicial de PB até 45 dias. Os valores de PB foram inferiores ao encontrado por Cherdthong et al. (2018) avaliando raiz de mandioca na dieta de bovinos e blocos multinutricionais com alto teor de enxofre (2 e 4%) encontraram 30,6 e 30,2% de PB na MS.

Tabela 6. Teor de PB de blocos multinutricionais confeccionados com subprodutos da agroindústria e forrageiras do semiárido em diferentes tempos de armazenamento

Espécie utilizada no bloco	Tempo de armazenamento				
	0 dias	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
Malva Branca	18,87 ^{ba}	19,38 ^{aA}	19,23 ^{aA}	19,09 ^{aA}	18,00 ^{aB}
Marmeleiro	20,21 ^{aA}	19,43 ^{aA}	19,26 ^{aB}	19,03 ^{aB}	18,10 ^{aC}

Fonte: Autor

PB: proteína bruta. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente em função ao tempo de armazenamento. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente em função da composição forrageira dos blocos multinutricionais. Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O teor de tanino condensado dos BM confeccionados com Malva Branca e Marmeleiro (Tabela 7) foi inferior ao encontrado na composição das forragens (Tabela 2).

Tabela 7. Teor de Tanino Condensado de blocos multinutricionais confeccionados com subprodutos da agroindústria e forrageiras do semiárido em diferentes tempos de armazenamento

Espécie utilizada no bloco	Tempo de armazenamento				
	0 dias	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
Malva Branca	0,62	0,40	1,05	-	-
Marmeleiro	0,37	0,42	0,53	-	-

Fonte: Autor

Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente em função ao tempo de armazenamento. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente em função da composição forrageira dos blocos multinutricionais. Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Estudos mostram que o tratamento de plantas taníferas com fontes alcalinas diminui a concentração de tanino condensado. Nozella (2006) encontrou uma redução significativa de taninos condensado em 5 plantas taníferas com a utilização de cal ou cinzas. A utilização da cal hidratada, bem como outros ingredientes alcalinos dos blocos, pode ter sido responsável pela redução dos taninos presente nas plantas utilizadas. Aderao, Kumawat e Bhatt (2020) avaliando blocos multnutricionais com 3 plantas taníferas afirmam que blocos multnutricionais com plantas taníferas podem ser usados com segurança em um nível de até 30% de forragem sem quaisquer efeitos adversos na dieta de cordeiros desmamados.

CONCLUSÃO

Os BM confeccionados com Mata-pasto e Flor-de-seda não são recomendados, pois podem levar ao consumo excessivo. Os BM confeccionados com Malva Branca e Marmeleiro apresentaram boa composição química, mas de preferência deve ser consumido dentro de 45 dias após a produção para manter os valores nutricionais iniciais.

■ REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, G. H. O. A. **Utilização de blocos multnutricionais em diferentes sistemas de produção para cordeiros no semiárido brasileiro**. 2019. 19–99 f. Universidade Federal da Paraíba, 2019.
2. ADERAO, G. N.; S.; KUMAWAT, P. K.; BHATT, R. S. Effect of complete feed block with tree leaves rich in hydrolysable and condensed tannins on nutrient utilization, rumen fermentation and growth performance of lambs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 1, p. 101–108, 2020. <https://doi.org/10.1111/jpn.13261>.
3. BEN SALEM, H.; MAKAR, H. P. S.; NEFZAOU, A. Towards better utilization of non-conventional feed sources by sheep and goats in some African and Asian countries. **Options Méditerranéennes. Serie A, Seminaires Méditerranéens**, n. 59, p. 177–187, 2004.
4. BIRBE, Beatriz; HERRERA, Pablo; COLMENARES, Omar; MARTÍNEZ, Nelson. El consumo como variables en el uso de bloques multnutricionales. **X Semonario de Pastos y Forrajes**, 2006. Encontrado em: http://www.avpa.ula.ve/congresos/seminario_pasto_X/Conferencias/A5-Beatriz Birbe.pdf.
5. CHERDTHONG, A. et al. Effects of feeding fresh cassava root with high-sulfur feed block on feed utilization, rumen fermentation, and blood metabolites in Thai native cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 6, p. 1365–1371, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1569-8>.
6. DETMANN, E. et al. Métodos para análise de alimentos. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012. 214p.

7. EMEPA. Blocos multinutricionais: Tecnologia aplicada para amenizar o efeito das estiagens na produção de carne e leite no semiárido. Folder técnico. **EMEPA**, João Pessoa-PB. 2013.
8. FAUSTINO, T. F. et al. UTILIZAÇÃO DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO E CASCA DE USE OF REHYDRATED CORN GRAIN AND COFFEE HUSKS IN. **Revista Científica Rural**, v. 22, p. 259–275, 2020.
9. GOES, R. H. T. B. et al. Ruminal degradability of dry matter and crude protein of different by-products fed to steers. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 3, p. 715–725, 2008.
10. HERRERA, P. et al. Aceptabilidad y consumo de bloques multinutricionales con follaje de frijol bayo (*Vigna unguiculata*, Walp). **Revista Científica**, v. XII, p. 494–496, 2002.
11. NOZELLA, E. F. **Valor nutricional de espécies arbóreo-arbustivas nativas da caatinga e utilização de tratamentos físico-químicos para redução do teor de taninos**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Ciências. Área de concentração: Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo., 2006.
12. QUEIROZ, S.K.G ; LEON, O.A.; GALLO, S. B. **Comparação entre suplemento mineral e suplemento mineral protéico em forma sólida em novilhos da raça nelore a pasto no período das águas**. 2012.
13. RIBEIRO, et al. Composição bromatológica e degradabilidade in situ de folhas de árvores frutíferas para alimentação de ruminantes. **Boletim de Medicina Veterinária**. – Espírito Santo do Pinhal, v.3, n.3, p.17-23, jan./dez. 2007.
14. SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
15. TERRIL, T. H. et al. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 58, 1992.

“

Pesquisa de coliformes totais em mel de abelha uruçú (*Melipona scutellaris*) do município de Chã Preta – Alagoas

■ Tania Marta Carvalho dos **Santos**
UFAL

■ Crísea Cristina Nascimeto de **Cristo**
UFAL

■ Yamina Coentro **Montaldo**
UFAL

■ Livia Ribeiro da **Silva**
UFAL

■ Cícero Cerqueiraça **Cavacanti Neto**
UFAL

■ Bruna Brasil **Olivira**
UFAL

■ João Manoel da **Silva**
UFAL

■ Paula Cibelly Vilela da **Silva**
UFAL

RESUMO

O mel de abelha sem ferrão é um produto considerado nutritivo e medicinal, bastante valorizado economicamente no mercado informal do nordeste brasileiro, porém, as características físicas químicas ainda são pouco conhecidas. Desta forma, o presente trabalho, O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade microbiológica quanto à presença de coliformes a 30°C e termotolerantes em mel de abelha sem ferrão Uruçu (*Melipona scutellaris*) produzido em apiários do município de Chã Preta – Alagoas. As amostras de mel foram adquiridas diretamente dos apiários, e realizadas enumeração de coliformes totais e termotolerantes, por meio do Número Mais Provável (NMP) conforme metodologia descrita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1991). As amostras estudadas apresentaram contagens abaixo de 3NMP⁻¹g de mel, sugerindo uma observância às boas práticas de manipulação em relação à colheita, processamento e manipulação do produto.

Palavras-chave: Chã Preta, Apiário, Termotolerantes, *Melipona Scutellaris*.

INTRODUÇÃO

A criação racional de abelhas sem ferrão é chamada de meliponicultura (AQUINO, 2006). As abelhas sem ferrão têm grande importância na manutenção da diversidade vegetal da flora nativa e das florestas brasileiras, pois vêm cumprindo seu papel de polinizadoras ao visitar as flores de plantas nativas.

Assim como as abelhas *Apis mellifera*, as abelhas sem ferrão, também chamadas de abelhas nativas ou indígenas, são produtoras de mel. As abelhas sem ferrão são encontradas em condições naturais de campo, distribuídas em regiões de clima temperado e subtropical do planeta e em todas as regiões do Brasil (AQUINO, 2006; NOGUEIRA-NETO, 1997). Segundo Silveira et al. (2002), estima-se que no Brasil exista cerca de 192 espécies de abelhas sem ferrão, algumas destas muito populares e criadas especialmente para produção de mel, sobretudo na região Nordeste.

O mel produzido pelas abelhas sem ferrão é um alimento que contém nutrientes básicos necessários a nutrição humana, como carboidratos, proteínas, minerais e vitaminas. Esse mel possui, também, uma elevada atividade antibacteriana e antioxidante; devido a isso, é tradicionalmente utilizado contra várias enfermidades (DRUMOND, 2010).

As pesquisas de análises microbiológicas em méis são realizadas com objetivo de verificar a presença ou ausência de microorganismos, capazes de diminuir sua vida útil e oferecer prejuízos a saúde dos seus consumidores. Estas contaminações podem ocorrer através de fontes primárias a exemplo das próprias abelhas durante as operações de coleta do néctar e pólen, ou por fontes secundárias, através de contaminação cruzada, manipuladores e equipamentos.

As bactérias mais pesquisadas em mel são as do grupo coliformes, pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *klebsiella*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Erwinia*, e *Enterobacter*. Outra bactéria importante investigada em mel é o *Clostridium botulinum*, causador de uma severa intoxicação alimentar. A presença destes micro-organismos no mel indica falhas no uso das boas práticas de produção, com provável contaminação durante as etapas de produção, beneficiamento e armazenamento.

Diante desta realidade, conduziu-se este trabalho com objetivo de pesquisar a presença de coliformes no mel da abelha Uruçu (*Melipona scutellaris*) produzidos no Município de Chã Preta Alagoas.

REVISÃO DE LITERATURA

Meliponicultura

Entende-se por meliponicultura a arte de manejar as abelhas indígenas sem ferrão, sendo a obtenção de mel um dos objetivos dessa atividade (NOGUEIRA-NETO, 1997; VILLAS-BÔAS; MALASPINA, 2005). O desenvolvimento da meliponicultura é formalmente atribuído à civilização mesoamericana dos Mayas, especialmente pelo manejo da espécie *Melipona beecheii* (WEAVER ; WEAVER, 1981; CRANE, 1992).

A meliponicultura é uma prática bastante antiga. Inicialmente desenvolvida pelos índios, a meliponicultura brasileira, foi ao longo do tempo sendo praticada de forma tradicional por pequenos e médios produtores, principalmente por aqueles que usavam mão de obra familiar nas atividades agropecuárias, sendo considerada uma atividade econômica complementar (coletto-silva2005). Ainda hoje no Brasil está prática ainda é muito comum, sendo especialmente mantida por povos indígenas, mas também por comunidades tradicionais e camponesas, em diversas regiões do Brasil (Alves *et al.* 2007).

Os meliponíneos, também conhecidos como abelhas sem ferrão, possuem um ferrão atrofiado, sendo assim, incapazes de ferroar (Silveira *et al.* 2002). Também são conhecidas como “abelhas indígenas” ou “abelhas nativas” em virtude da criação dos indígenas, realizada por muitos séculos (Rodrigues 2005). Sendo por este motivo, a razão com que muitas das denominações científicas desse grupo de abelhas sejam de origem linguística indígena, o tupi (Nogueira-Neto 1970).

Abelhas nativas no Brasil e no Nordeste

As regiões norte e nordeste se sobressaem como grandes berços para o sucesso da meliponicultura de mercado, fato relacionado ao clima, às espécies existentes e disponibilidade de recursos florais. Entre as abelhas manejadas se destacam no nordeste a Uruçu Nordestina (*Melipona scutellaris*), principalmente nos estados Pernambuco, Paraíba e Ceará; a Jandaíra (*Melipona subnitida*) no Rio Grande do Norte; Mandaçaia (*Melipona mandaçaia*) e *Melipona asilvai* na Bahia; e Tiúba (*Melipona compressipes*) no Piauí e Maranhão. Variedades da *Melipona compressipes* também ocorrem na região Norte, onde é conhecida como Jupará, principalmente no estado do Amazonas. A Uruçu- Boca-de-Renda, como é conhecida a espécie *Melipona seminigra* neste estado, tem se mostrado como grande alternativa para o manejo de abelhas sem ferrão na região, atingindo grandes taxas de produção e ótimas respostas às iniciativas de manejo (esta espécie também é conhecida como Jandaíra-Amarela-Grande) (VILLAS-BÔAS; MALASPINA, 2005)..

Referindo-se especialmente ao Nordeste, No nordeste do Brasil, algumas abelhas nativas são criadas com maior destaque, como é o caso da Uruçu (*Melipona scutellaris*) e da Jandaíra (*Melipona subnitida*). Enquanto que a Canudo (*Scaptotrigona aff. depilis*), a Marmelada ou Zamboque ou Moça Branca (*Frieseomelitta varia*) e a Amarela (*Frieseomelitta doederline*) são mais raras (CORTOPASSI-LAURINO, 2002; LISBOA, 2003). Na microrregião do Seridó do Rio Grande do Norte, por exemplo, tem-se a abelha zamboque (*Frieseomelitta varia*) que como defesa deposita pelotas de própolis pegajoso sobre quem a importuna. Atualmente, a criação de meliponíneos tem alcançado um importante desenvolvimento, tanto em nível de espaço, quanto em tecnologia inovadora e investimentos para uma criação racional mais produtiva.

No entanto, apesar do desenvolvido e do crescimento desta atividade, a meliponicultura no Brasil ainda é carente de outras práticas tecnológicas que aprimorem o processo de extração dos produtos, tornando-os mais valorativos, e, principalmente, pela ausência de uma legislação condizente com as suas necessidades (Coletto-Silva 2005).

No Brasil, um país que predominantemente tropical, supõem-se que as abelhas sem ferrão devem possuir um papel central na polinização da flora nativa (Kerr 1997). Alguns estudos em desenvolvimento em formações florestais vêm indicando esse caráter de importância dos meliponíneos, especialmente porque, em busca de recursos florais, as abelhas visitam um espectro diversificado de flores, transportando involuntariamente grãos de pólen, garantindo assim a reprodução das espécies vegetais.

O mel da abelha Uruçu

Segundo Bezerra;Souza (2002), de modo geral, o mel produzido pelas abelhas sem ferrão apresenta diferenças em alguns parâmetros físico-químicos quando comparados ao mel produzido por *A. mellifera*, principalmente com relação à umidade, que é bastante elevada em de mel meliponíneos, tornando-o menos denso que o mel das abelhas africanizadas. Sua cor varia do quase transparente ao âmbar, e o gosto e níveis de açúcares dependem do paladar, da espécie, da época, da região e, principalmente, da florada.

A composição do mel depende, basicamente, da composição do néctar da espécie vegetal produtora e da espécie de abelha que o produz, conferindo-lhe características específicas enquanto que as condições edafo-climáticas e o manejo do apicultor têm menor influência nesta composição (WHITE JÚNIOR, 1978; ANACLETO, 2009).

Embora produza mel em menor quantidade, os meliponíneos fornecem um produto diferenciado do mel de *Apis mellifera*, pela doçura e aroma inigualáveis, possuindo consumidores distintos, dispostos a pagar altos preços pelo produto no mercado (CARVALHO et al., 2005; ANACLETO, 2009).

No Brasil, é a Instrução Normativa 11, de 20 de outubro/2000 (BRASIL, 2000) que regulamenta a padronização do mel para fins de comercialização. Esta regulamentação, baseada em legislações europeias, só atende às características do mel de *mellifera*, não contemplando o mel das abelhas sem ferrão nativas do País, que apresentam diferenças em alguns parâmetros físico-químicos. A umidade é o principal destes, sendo bastante elevada, tornando-o menos denso que o mel das abelhas africanizadas (AZEREDO et al., 2000; ANACLETO, 2009) e exigindo maiores cuidados quanto a sua conservação.

Características Microbiológicas do Mel

As características microbiológicas do mel estão relacionadas à qualidade e a segurança deste alimento. Mesmo se tratando de um alimento que possui características físico-químicas capazes de inibir o desenvolvimento de microrganismos, comparado a outros produtos de origem animal, o mel, não é considerado um alimento improlífero, estando susceptível a contaminações microbiológicas (SILVA, 2007).

A microbiota do mel pode ser dividida em dois grupos, os inerentes ao mel e os de contaminação secundária, diretamente relacionados à extração e ao beneficiamento. Dentre os primeiros, encontram-se os bolores e leveduras, que em condições normais de umidade, não interferem na qualidade do mel e não são patogênicos. Os coliformes a 35°C e os bolores e leveduras são indicativos de higiene associada à manipulação, e os coliformes a 45°C avaliam as condições higiênico-sanitárias, podendo ser causadores de enfermidades (MURATORI ; SOUZA, 2002).

O crescimento de mofos encontrados em alguns méis, pertence ao gênero *Penicillium* e *Mucor*. Têm-se reportado casos de contaminação com *Bettsya alvei* ou mofo do pólen, o qual é problemático apenas quando o mel absorve umidade em sua superfície, em função de armazenamento inadequado. E as leveduras são do tipo osmófilas, responsáveis pela fermentação do mel, quando as condições de umidade permitem. Também é possível encontrar leveduras pertencentes à própria flora do mel, as quais são introduzidas na colméia pelas abelhas através do néctar, pólen ou melato, ou pelas próprias abelhas durante as operações de limpeza, ao veicular estes micro-organismos sobre ou dentro de seus organismos (SALAMANCA, 2002; MENDES et al, 2009).

Os micro-organismos indicadores podem ser utilizados para refletir a qualidade microbiológica dos alimentos em relação à vida de prateleira ou à segurança, neste último caso, devido à presença de patógenos alimentares. A maioria dos indicadores confiáveis de qualidade de alimentos tende a ser produto – específico (JAY, 2005).

A presença de coliformes totais indica condições higiênicas insatisfatórias, com provável contaminação pós - processamento; deficiência nos processos de limpeza, sanitização e

tratamento térmico; e multiplicação durante o processamento ou estocagem (SILVA JUNIOR et al., 2001; MENDES et al, 2009).

Visto que a *Escherichia coli* é o melhor indicador de contaminação fecal que os outros gêneros, é desejável a determinação de sua incidência em uma população de coliformes (JAY, 2005).

Ainda com relação às bactérias têm se dado importância ao *Clostridium botulinum* causador do botulismo infantil, que é forma especial de doença de origem alimentar, a qual afeta quase exclusivamente as crianças com idade inferior a um ano, que são susceptíveis ao desenvolvimento da doença devido à imaturidade da microbiota intestinal, ao ingerir alimento contendo esporos, permite a germinação, multiplicação e produção de neurotoxina botulínica no intestino infantil (SOLOMON; LILLY, 2001; ARNON et al., 1981). O mel é a única fonte registrada de alimento veiculador do agente causador do botulismo infantil (RAGAZANI et al., 2008; MENDES et al, 2009).

A quantidade de bactérias presentes no mel pode variar com o tipo de mel (néctar ou “honeydew”), tipo da amostra (mel verde ou maduro), tempo e colheita, armazenamento e técnica de análise utilizada (SNOWDON, 1999). A qualidade do mel não depende apenas das práticas higiênicas do produtor, mas também está relacionada com os hábitos higiênicos das abelhas, pois é conhecido que muitas espécies pousam em matéria fecal (NOGUEIRA-NETO, 1997).

A legislação brasileira e internacional vigente não exige realização de análises microbiológicas em mel, estabelecendo apenas que sejam seguidas práticas de higiene adequadas na manipulação do produto (SILVA et al, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Local de investigação

As presentes análises foram conduzidas no Laboratório de Microbiologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. As amostras foram coletadas no apiário localizado no município de Chã Preta, identificadas e encaminhadas ao laboratório de Microbiologia, para serem submetidas às análises microbiológicas.

Análises microbiológicas

Os procedimentos utilizados no preparo das amostras seguiram as recomendações descritas no Compendium of the Microbiological Examination of Foods (VANDERZANT; SPLITTSTOESSER, 1992) Todos os materiais e meios foram previamente esterilizados em autoclave a 121°C.

Determinação do NMP de coliformes

Para esta determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos, conforme metodologia descrita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1991). Foram utilizados 3 séries de 3 tubos contendo caldo Lauril Sulfato Triptona (LST) e tubos de Durham. As culturas foram incubadas em estufa a 37 °C por 24-48 horas. Após a incubação, a leitura foi executada, sendo considerado positivo, os que ocorrerem turbidez e evidente produção de gás identificada no tubo de Durham. Dos tubos positivos 1,0 mL transferido para o meio verde brilhante (coliformes totais incubado a 37 °C por 48 horas) e caldo EC (coliformes termotolerantes, 45 °C por 24 horas). Após a incubação, a presença de bactérias do grupo dos coliformes, deixando evidente a formação de bolhas no tubo de Durham.

Padrões microbiológicos

A Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000, do Ministério da Agricultura e Abastecimento, estabelece o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de mel, estabelecendo um valor tolerável de $1,0 \times 10^2$ UFC/g, para bolores e leveduras e ausência (<3,0 NMP/g) para coliformes totais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para número mais provável de coliformes a 35 °C e a 45 °C (NMP.g⁻¹), água das amostras são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Número mais provável de coliformes a 35 °C e a 45 °C (NMP.g⁻¹), determinados em amostras de mel de Uruçu (*Melipona scutellaris*) do Município de Chã Preta Estado de Alagoas.

Apiários	Coliformes NMP.g ⁻¹		
	Série LST 35 °C	Série VBB 35 °C	Série EC 44,5 °C
1	<3,0	<3,0	<3,0
2	<3,0	<3,0	<3,0
3	<3,0	<3,0	<3,0
4	<3,0	<3,0	<3,0
5	<3,0	<3,0	<3,0
6	<3,0	<3,0	<3,0
7	<3,0	<3,0	<3,0

*Caldo lauril sulfato (LST); caldo verde brilhante (VBB); escherichia coli (EC)

Em nenhuma das amostras foi verificada a presença de microrganismos do grupo coliforme, sugerindo uma observância às boas práticas de manipulação em relação à colheita, processamento e manipulação do produto.

Valores próximos aos obtidos no presente estudo foram verificados por: Oliveira et al. (2005) trabalhando com 20 amostras de méis de *M. compressipes fasciculata*, do Estado do Maranhão, não obtiveram nenhuma amostra positiva para o grupo coliforme. Duarte et al. (2006) realizando análise microbiológica de 19 amostras de méis de *A. mellifera*, oriundas do município de Pão de Açúcar-AL, verificaram que todas as amostras se apresentaram isentas de contaminação (<3NMP). Resultado semelhante foi encontrado por Pereira et al. (1997) analisando méis do cerrado de Minas Gerais. Sodré (2005) ainda trabalhando com méis de *A. mellifera*, provenientes dos Estados de Ceará e Piauí, também obteve <3nmp para presença de coliformes.

Trabalhos com análises microbiológicas de méis de meliponíneos, provenientes do Estado da Bahia, foram realizados por Souza et al. (2006 a,b,c,d) encontraram os resultados positivos para a presença de coliformes totais para méis de *M. mandacaiá*.

A ausência dos principais contaminantes característicos dos alimentos, tais como coliformes totais e termotolerantes provavelmente é decorrência do fato produto ser considerado antibacteriano. A acidez é um parâmetro que auxilia na avaliação do nível de deterioração do mel, além disso, a acidez contribui para minimizar o crescimento bacteriano no produto e realçar o sabor do mesmo. Em níveis normais é devida principalmente ao ácido glicônico, que é produzido durante a maturação do mel, e tende a reduzir com o amadurecimento e participação na conversão da sacarose em açúcar invertido (SCHLABITZ, 2010). Além disso, apresenta em sua composição a lisozima, uma enzima bacteriostática de caráter lítico sobre a maior parte das bactérias gram-positivas (FRAZIER ; WESTHOFF, 1978).

Por outro lado, a qualidade do mel não depende apenas das práticas higiênicas do produtor, mas também está relacionada com os hábitos higiênicos das abelhas, pois é conhecido que muitas espécies pousam em matéria fecal.

CONCLUSÕES

As amostras analisadas encontram-se próprias ao consumo humano, visto que após os testes microbiológicos realizados, os resultados encontrados, permaneceram dentro do limite estabelecido pela normativa virgente, para segurança alimentar.

■ REFERÊNCIAS

1. ALVES RMO, Souza BA, Sodre GS, Fonseca AAO (2007) Desumidificação: uma alternativa para a conservação do mel de abelhas sem ferrão.
2. AQUINO, I. S. **Abelhas Nativas da Paraíba**. João Pessoa: Universitária /UFPB. 2006.

3. BEZERRA, J. A.; SOUZA, E. A rainha do sertão. **Revista Globo Rural**, Rio de Janeiro, 2002.
4. Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Brasília; 2000
5. COLETTTO-SILVA (2005) **Implicações na implantação da meliponicultura e etnobiologia de abelhas sem ferrão em três comunidades indígenas no estado do Amazonas**. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Entomologia, Manaus, Universidade Federal do Amazonas (UFAM).
6. DRUMOND, P. **Abelhas indígenas sem ferrão**. 2010. Disponível em: [http://www.ambiente-brasil.com.br/natural/abelhas/abelhas sem ferrão html](http://www.ambiente-brasil.com.br/natural/abelhas/abelhas%20sem%20ferrao.html).
7. JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
8. KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. **Abelha uruçu: biologia, manejo e conservação**. Belo Horizonte : Acangaú, 1996.
9. KERR WE (1997) A importância da meliponicultura para o país. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** 1: 42-44.
10. LAMARTINE, O. **Sertões do Seridó**. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, 1980.
11. NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997. 445p.
12. NOGUEIRA-NETO, P (1970) **A criação das abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo, Tecnapis.
13. SEBRAE (2006) **Informações de mercado sobre mel e derivados da colméia: relatório completo**. Série Mercado, Brasília, DF.
14. SILVEIRA, F. A.; G. A. R. MELO, E. A. B. A. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte, IDMAR, 2002.
15. VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4ed. Washington: APHA, 1992. 1.219p

“ Respostas fisiológicas de ovinos alimentados com feno da parte aérea da mandioca em substituição total ou parcial ao feno de tifton 85

▮ Leandro Santos e **Silva**
UESB

▮ Marianna Suellen Bispo **Vieira**
UFAL

▮ Mariah Tenório de Carvalho **Souza**
CESMAC

▮ Dorgival Moraes de **Lima Júnior**
UFAL

▮ Erika Bruna de Araújo **Silva**
UFAL

▮ Greicy Mitzi Bezerra **Moreno**
UFAL

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar as repostas fisiológicas de ovinos alimentados com feno da parte aérea da mandioca em substituição total ou parcial ao feno de tifton 85. Foram utilizados 35 cordeiros mestiços, não castrados, com idade média de 140 dias, e com peso médio inicial de 16 kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 7 repetições. Os animais foram submetidos aos seguintes tratamentos: FT = 70% de feno de Tifton 85 + 30% de concentrado; FPAM = 70% de feno da parte aérea de mandioca + 30% concentrado; FT+FPAM = 35% de feno de tifton 85 + 35% de feno da parte aérea de mandioca + 30% de concentrado; FT+PAL = 35% de feno de tifton 85 + 35% de palma forrageira + 30% de concentrado; FPAM+PAL = 35% de feno da parte aérea da mandioca + 35% de palma forrageira + 30% de concentrado. Foi obtido os dados da caracterização do ambiente térmico e variáveis fisiológicas. Os animais não sofreram estresse por calor, com valores variando entre 25,70 a 32,50 °C para Tar, 42,50 a 71% para UR e 76,18 a 86,18 para ITGU. Não houve influência das dietas experimentais ($P>0,05$) sobre as respostas fisiológicas, com exceção da FC no período da tarde, que apresentou média de 124,78 bat/min em animais alimentados com FPAM+PAL. O fornecimento de feno da parte aérea da mandioca na dieta de ovinos não altera suas respostas fisiológicas, com exceção da FC, quando fornecido em associação com palma forrageira.

Palavras-chave: Alimento Alternativo, Cordeiros, Fisiologia Animal, Nutrição de Ruminantes, Palma Forrageira.

INTRODUÇÃO

A criação de ovinos para produção de carne no Brasil vem se expandindo de forma expressiva, com destaque para a região Nordeste, que possui cerca de 67% do rebanho nacional (IBGE, 2018). No entanto, a produção e consumo de carne ovina no país ainda é incipiente, com média de 93 mil toneladas, sendo necessária a importação de mais 7 mil toneladas para atender um consumo médio interno de 0,6 kg/pessoa/ano (ESTURRARI, 2017; EMBRAPA, 2019). Um dos fatores limitantes da cadeia produtiva ovina no Brasil é o manejo nutricional, que muitas vezes é dependente de pastagem sazonal, com alterações na composição morfológica ao longo do ano e menor oferta de nutrientes durante o período seco.

Dentre as estratégias adotadas o confinamento se destaca por apresentar maior controle sobre o manejo alimentar, variáveis ambientais e por aumentar a eficiência produtiva, resultando em produtividade e lucro. No entanto, o custo de implantação pode tornar essa prática inviável. Dessa forma a utilização de alimentos alternativos que atendam às necessidades dos animais e reduzam o custo de produção torna-se importante para a viabilidade e desenvolvimento da criação de ovinos confinados.

Diante desse cenário, o feno da parte aérea da mandioca torna-se uma alternativa de alimentação volumosa para o rebanho ovino, uma vez que o Brasil é o quarto maior produtor de mandioca (CONAB, 2018) e apenas 10% da parte aérea é aproveitada para o replantio, sendo o restante descartado, além de apresentar alto valor nutricional. A oferta na forma de feno pode substituir a alimentação volumosa tradicional, como o feno de tifton, que na época seca tem sua produção reduzida e valor nutricional reduzido.

O fornecimento de alimentos alternativos pode alterar a resposta fisiológica dos animais, uma vez que a ingestão alimentar é influenciada pelo tipo de alimento, além das condições climáticas (OLIVEIRA et al., 2011). Desta forma, objetivou-se com o presente estudo, avaliar as respostas fisiológicas de ovinos alimentados com parte aérea da mandioca em substituição total ou parcial ao feno de tifton 85.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento, animais e alimentação

O experimento foi conduzido na região agreste, (latitude 9° 69'S, longitude 36° 66'W e altitude média de 305m), município de Arapiraca, Alagoas. O clima do município de Arapiraca é tropical, segundo a classificação climática de Köppen, do tipo Aw com temperatura média de 23,7 °C e pluviosidade média de 752mm.

Foram utilizados 35 cordeiros mestiços ½ Dorper/ ½ Santa Inês, não castrados, com idade média de 140 dias, e com peso inicial de 16±1,87 kg, todos acomodados em baias individuais, de piso cimentado, medindo 1m de largura por 1,20m de comprimento, todas providas de comedouros e bebedouros e dispostas no sentido leste/oeste.

O período experimental teve duração de 90 dias, quinze dos quais foram direcionados para adaptação às instalações e ao manejo. Antes do período experimental todos os animais foram tratados contra endo e ectoparasitas, vacinados contra clostridioses e arranjados em delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 7 repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco dietas formuladas conforme o NRC (2007), para atender à exigência de ganho de 200 g/dia para ovinos em crescimento (Tabela 1), sendo: FT = 70% de feno de Tifton 85 + 30% de concentrado; FPAM = 70% de feno da parte aérea de mandioca + 30% concentrado; FT+FPAM = 35% de feno de tifton 85 + 35% de feno da parte aérea de mandioca + 30% de concentrado; FT+PAL = 35% de feno de tifton 85 + 35% de palma forrageira + 30% de concentrado; FPAM+PAL = 35% de feno da parte aérea da mandioca + 35% de palma forrageira + 30% de concentrado.

Para obter a composição químico-bromatológica das dietas (Tabela 1 e Tabela 2), as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C, durante 72 horas, moída em moinho de facas tipo Wiley, utilizando-se peneira com crivos de 1 mm. Sendo analisados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB) de acordo com AOAC, (1990). As frações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram analisadas de acordo com métodos descritos por Van Soest et al. (1991).

Tabela 1. Proporções e composição químico-bromatológica das dietas

Ingredientes	Proporções das dietas				
	FT	FPAM	FT+FPAM	FT+PAL	FPAM+PAL
Tifton 85, feno	70		35	35	
Parte aérea da mandioca, feno		70	35		35
Palma forrageira				35	35
Milho, grão	22,5	24	22,8	16,5	18,5
Soja, farelo	5	4	5,2	11	9
Ureia	1	0,5	0,5	1	1
Sal comum	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sal mineral	1	1	1	1	1
Composição químico-bromatológica					
Matéria seca ¹	897,1	891,8	894,2	644,9	642,4
Matéria mineral ²	68,4	52,1	60,6	81,6	72,7
Matéria orgânica ²	931,6	947,9	939,4	918,4	927,3
Proteína bruta ²	152,9	159,8	152,3	152,8	157,3
Fibra em detergente neutro ²	559,3	381,2	470,7	401,4	311,8
Fibra em detergente ácido ²	265,2	257,9	261,7	198,9	195,2

¹g/kg de matéria natural; ²g/kg de matéria seca.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica dos ingredientes

Ingredientes	MS ¹	MM ²	MO ²	PB ²	FDN ²	FDA ²
Tifton 85, feno	901,4	66,6	933,3	116,0	741,2	362,7
Parte aérea da mandioca, feno	894,9	43,9	956,0	150,9	486,1	352,0
Palma forrageira	178,6	96,6	903,3	48,9	287,3	173,4
Milho, grão	874,6	16,5	983,5	87,8	144,0	41,3
Soja, farelo	887,9	61,6	938,4	478,1	161,2	41,3
Ureia	999,9	-	-	2819,0 ³	-	-
Sal comum	999,9	390,0	-	-	-	-
Sal mineral	999,9	999,9	-	-	-	-

¹g/kg de matéria natural; ²g/kg de matéria seca; ³equivalente proteico.

As dietas foram ofertadas na forma de mistura completa, distribuída em duas refeições diárias (8 e 16 h). A oferta de alimento foi ajustada a cada três dias com base nas sobras pesadas diariamente admitindo-se 10% de sobras.

Variáveis ambientais e respostas fisiológicas

Para a obtenção dos dados da caracterização do ambiente térmico foi instalado na área experimental, no centro de uma das 35 baias, um abrigo meteorológico contendo termômetro e termômetro de globo negro, em que foi obtida a leitura das temperaturas de bulbos seco, úmido e temperatura de globo negro. Estes dados foram coletados em um dia de cada período de coleta, de hora em hora (7 às 18 h), totalizando 3 dias, necessários para obtenção da temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU).

A determinação da eficiência térmica pelo índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), conforme Silva (2000), foi obtida pela equação: $ITGU = tg + 0,36 \cdot tpo + 41,5$ (expresso em kPa), em que: tg = temperatura do termômetro de globo negro, °C; tpo = temperatura do ponto de orvalho, °C; 41,5 = constante. As avaliações de frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e temperatura retal (TR) foram realizadas em dois turnos: manhã (7 às 11 h); e tarde (13 às 17 h), durante um dia de cada período de coleta, totalizando 3 dias. Para o cálculo do coeficiente de tolerância ao calor (CTC), foi utilizado o teste de Benezra (1964), modificado por Muller (1989), com a seguinte fórmula: $CTC = TR/39,1 + FR/19$, em que: TR = temperatura retal; FR = frequência respiratória.

Para determinação da FR, quantificada em número de respirações por minutos, foi obtida pela contagem da movimentação do flanco dos ovinos durante 15 segundos e multiplicando por quatro, obtendo-se a frequência por minuto. Já a FC foi obtida com auxílio de um estetoscópio posicionado diretamente na região torácica esquerda, contando-se o número de batimentos cardíacos durante 15 segundos e multiplicando por quatro, obtendo-se

os batimentos por minuto. Para determinação da TR, utilizou-se termômetro clínico digital, introduzido a 10 cm no reto de cada animal.

Análise estatística

O modelo utilizado para análise de variância dos dados, foi:

$$Y_{ijk} = m + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = variável dependente; m = média das observações; A_i = efeito dos tratamentos; B_j = efeito dos turnos; $(AB)_{ij}$ = efeito da interação entre tratamentos e turnos; e_{ijk} = erro experimental associado a cada observação.

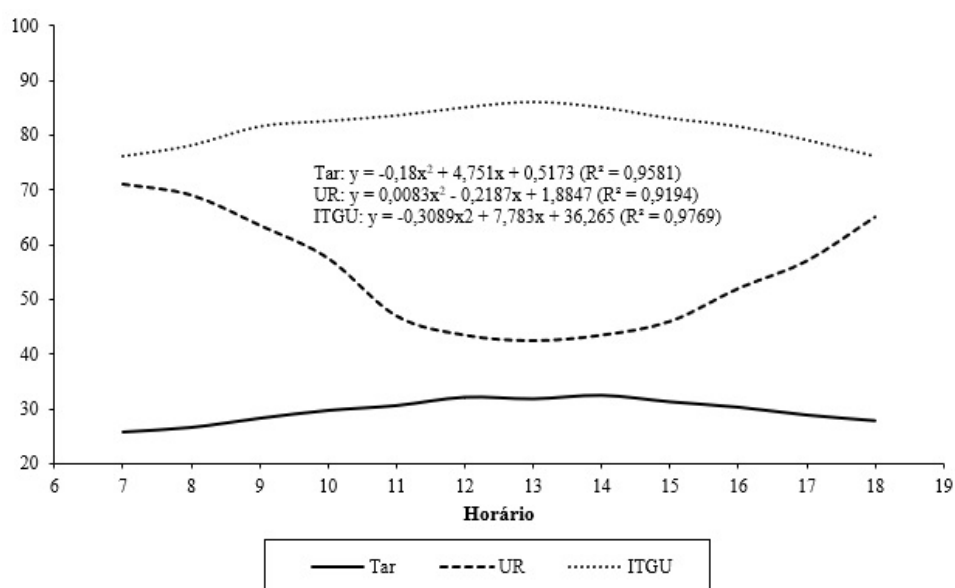
As variáveis ambientais foram submetidas à análise de regressão e os parâmetros fisiológicos foram avaliados utilizando o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5 x 2 (cinco tratamentos x 2 turnos), com 7 repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à teste de interação e análise de variância pelo programa SAS versão 9.1 (SAS, 2004) e os valores médios comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Variáveis ambientais

Os valores meteorológicos de temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), observados durante o ensaio bioclimatológico, nos horários das 7 às 18 h, encontram-se na Figura 1.

Figura 1. Temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) das 7 às 18 h.



Respostas fisiológicas

De acordo com o exposto na Tabela 3 sobre os parâmetros fisiológicos, apenas a FC no período da tarde e o CTC apresentaram diferença entre os tratamentos ($P < 0,05$), em que os animais alimentados com FPAM+PAL apresentaram médias significativamente maiores (124,78 bat/min e 4,70, respectivamente) do que os outros tratamentos. A frequência respiratória, temperatura retal e frequência cardíaca no período da manhã não foram influenciadas pelas dietas experimentais ($P < 0,05$).

Tabela 3. Frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura retal (TR) e coeficiente de tolerância ao calor (CTC) de ovinos alimentados com feno da parte aérea de mandioca em substituição total ou parcial ao feno de tifton 85

Horário	Dietas					CV	<i>p-value</i>
	FT	FPAM	FT+FPAM	FT+PAL	FPAM+PAL		
	Frequência respiratória (mov/min)						
Manhã	52,95	47,52	47,71	53,90	57,22	22,16	0,4890
Tarde	75,62	67,14	62,67	78,19	84,80	20,70	0,1156
Frequência cardíaca (bat/min)							
Manhã	115,24	111,14	117,90	117,33	121,78	7,86	0,3376
Tarde	113,71 ^{ab}	107,71 ^a	114,67 ^{ab}	122,00 ^{ab}	124,78 ^b	9,23	0,0500
Temperatura retal (°C)							
Manhã	38,96	38,81	38,80	38,93	39,00	0,69	0,5458
Tarde	39,21	38,88	39,15	39,20	39,30	0,80	0,1629
Coeficiente de tolerância ao calor							
CTC	4,38 ^{ab}	4,01 ^{ab}	3,90 ^a	4,47 ^{ab}	4,70 ^b	16,70	0,0319

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

DISCUSSÃO

Variáveis ambientais

Ao avaliar a Tar ao longo do dia de período experimental, observa-se que os valores foram às 7 h de 25,70 °C e às 18 h de 27,80 °C, com máxima de 32,50 °C obtida às 14 h. De acordo com Baêta e Souza (2010), os valores observados no presente estudo demonstram uma situação de conforto térmico, estando na faixa permitida de 15 a 30 °C e abaixo da temperatura crítica de 35 °C para ovinos adultos.

Os valores de Tar diferem dos observados na literatura (SANTOS et al., 2005; SOUZA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011) para respostas fisiológicas de ovinos no semiárido, que identificaram conforto térmico no período da manhã e estresse por calor no período da tarde, o que não aconteceu no presente estudo.

Para UR, os valores foram às 7 h de 71% e às 18 h de 65%, com mínima de 42,50% às 13 h. Apesar do valor identificado às 7h, a UR ao longo do dia (8 às 18h) está de acordo com os valores estabelecidos como adequados por Baêta e Souza (2010), que são de 40

a 70%. Valores semelhantes foram identificados por Silva Neto (2019) que observou valor médio para UR de 65,13% em trabalho com ovinos confinados no semiárido pernambucano.

Os valores de ITGU observados foram de 76,18 às 7 e 18 h, com o máximo de 86,18, atingido às 13 h. Embora não exista classificação definitiva para ovinos, os resultados de ITGU do presente estudo demonstram uma condição de conforto térmico ao longo do dia, com exceção apenas para o início da tarde (13 h). Os resultados foram inferiores aos observados por Oliveira et al. (2011), que foi de 86,90 às 9 h e 89,39 às 17 h, com máxima de 101,26 às 13 h. Os autores ainda ressaltam que valores acima de 85 para ITGU podem ser indicadores de estresse térmico.

Respostas Fisiológicas

Os resultados observados demonstram que não houve influência significativa ($P>0,05$) das dietas experimentais sobre a FR, com médias variando de 47,52 a 57,22 mov/min no período da manhã e de 62,67 a 84,80 mov/min no período da tarde para ovinos alimentados com FPAM, associado ou não com outro volumoso (FT ou PAL).

Os dados do presente estudo para FR são superiores aos reportados como basais para ovinos por Hales e Brown (1974), que é de 25 a 30 mov/min. No entanto, os animais não apresentaram condição de estresse severo, estando de acordo com relatos de Silanikove (2000) de que a FR pode quantificar o nível de estresse pelo calor, em que frequências de 40-60, 60-80 e 80-120 mov/min caracterizam estresse baixo, médio-alto e alto, respectivamente, em ruminantes. Desta forma, os animais permaneceram em estresse baixo no período matutino e variaram de médio-alto a alto no período da vespertino.

Para FC não houve efeito significativo ($P>0,05$) entre os tratamentos no período da manhã, variando de 111,14 a 121,78 bat/min. No período da tarde a FC foi influenciada ($P<0,05$) pelos tratamentos, em que os ovinos alimentados com FPAM+PAL apresentaram a maior média (124,78 bat/min). O fornecimento de feno da parte aérea da mandioca associado à palma forrageira possivelmente resultou em maior produção de calor, aumentando a FC para dissipá-lo. Resultados semelhantes foram observados por Silva Neto (2019), que identificou médias variando entre 117,97 a 124,00 bat/min em ovinos alimentados com palma forrageira.

A menor média para FC foi observada em ovinos alimentados com FPAM (107,1 bat/min). Apesar das condições ambientais demonstrarem que os animais do presente estudo não foram submetidos a estresse severo por calor, os resultados de FC foram superiores aos considerados como adequados para a espécie ovina, que é de 70 a 80 bat/min (QUEIROZ et al., 2015). Esse comportamento pode ser atribuído às dietas utilizadas neste experimento, que proporcionaram maior produção de calor e, conseqüentemente, maior FC para manter a homeotermia.

A TR não foi influenciada pelas dietas experimentais ($P>0,05$), variando de 38,80 a 39 °C no período matutino e de 38,88 a 39,30 °C no período vespertino. Os resultados de TR estão de acordo com Cunningham (2014), que relata que a TR normal em ovinos varia de 38,5 a 39,9 °C, e pode ser influenciada pela idade, o sexo, a estação do ano, o período do dia, o exercício e a digestão dos alimentos.

O CTC sofreu influência das dietas experimentais ($P<0,05$), em que os ovinos alimentados com FT+FPAM apresentaram a menor média, 3,90. De acordo com Gaughan et al. (2011), quanto menor o valor obtido para CTC, maior o grau de adaptabilidade do animal às condições submetidas. Desta forma, o tratamento FPAM+PAL apresentou o menor grau de tolerância (4,70).

Os resultados de CTC apresentados no presente trabalhos foram inferiores aos observados por Mascarenhas et al. (2017), que identificaram média de 5,58 para ovinos Santa Inês criados no semiárido brasileiro. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de os autores terem realizado o estudo em sistema extensivo.

CONCLUSÃO

Nas condições propostas no presente estudo, o fornecimento de feno da parte aérea da mandioca na dieta de ovinos não altera suas respostas fisiológicas, com exceção da FC, quando fornecido em associação com palma forrageira.

■ REFERÊNCIAS

1. AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). Official methods of analysis. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.
2. BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais - conforto animal: 2. ed. Viçosa: UFV, 2010, 269p.
3. BENEZRA, M. A. new index for measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. Journal of Animal Science, v. 13, p. 1015-1015, 1954.
4. CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Mandioca – Análise mensal – fevereiro de 2018. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agro-pecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/download/15104_87ab84e372faa534fa097d39adcb71c5>. Acesso em: 20 ago. 2020.
5. CUNNINGHAM, J. G. Tratado de fisiologia veterinária: 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koo- gan, 2014, 624p.

6. EMBRAPA. Atualização das demandas de pesquisa em ovinos de corte no Brasil central: Boletim do Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos. n. 8. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2019. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202196/1/CNPC-2019-Boletim-CI-n8.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2020.
7. ESTURRARI, E. F. Oferta e demanda do mercado de ovinos de corte: um panorama nacional de perspectivas, tendências e oportunidades. 2017. 31 f. Mestrado (Administração de Negócios; MBA em Gestão do Agronegócio) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
8. GAUGHAN, J. B.; MADER, T.L., HOLT, S. M.; LISLE, A. A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v.86, p.226-234, 2008.
9. HALES; J. R. S.; BROWN G. D. Net energetic and thermoregulatory efficiency during panting in the sheep. *Comparative Biochemical Physiology*, v. 49, p. 413-422, 1974.
10. IBGE – Instituto brasileiro de Geografia e Estatística – Produção da pecuária municipal 2018. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.
11. MASCARENHAS, N. M. H.; BATISTA, L. F.; SILVA, M. R.; RODRIGUES, L. H. S.; MACEDO, R. V.; SOUZA, B. B. Respostas fisiológicas e teste de avaliação de adaptação de caprinos e ovinos deslanados no semiárido brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, Ambiente, Comportamento e Bem-Estar Animal... Anais. 2017.
12. MULLER, P. B. Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos. Porto Alegre, Sulina, 1989, 262p.
13. NRC - National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007, 362p.
14. OLIVEIRA, P. T. L.; TURCO, S. H. N.; VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, G. G. L.; PEREIRA, L. G. R.; MISTURA, C.; MENEZES, D. R. Respostas fisiológicas e desempenho produtivo de ovinos em pasto suplementados com diferentes fontes proteicas. *Revista Ceres*, v. 58, p. 185-192, 2011.
15. QUEIROZ, E. O.; MACEDO, F. A. F.; BARBOSA, O. R.; ZANCANELA, V.; MORA, N. H. A. P.; BALISCEI, M. A. Parâmetros fisiológicos e desempenho para ovelhas Santa Inês e cordeiros ½ - Santa Inês nas estações verão e inverno. *Revista Brasileira de Saúde e produção Animal*, v 16, p. 199-209, 2015.
16. SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P.; CEZAR, M. F.; PIMENTA FILHO, E. C.; ACOSTA, A. A. A.; SANTOS, J. R. S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do nordeste brasileiro. *Ciência e Agrotécnologia*, v. 29, p. 142-149, 2005.
17. SAS - Statistical Analysis System. User's Guide, version 9, 1ed. North Caroline, SAS Institute INC., 2004. 5135p.
18. SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, v. 67, p. 1-18, 2000.
19. SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000, 450p.
20. SILVA NETO, J. F. Respostas fisiológicas de ovinos alimentados com palma forrageira. 2019. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

21. SOUZA, B. B.; SILVA, R. M. N.; MARINHO, M. L.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, A. P. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no Semi-árido paraibano. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 883-888, 2007.
22. 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*. [S.l.], v. 74, n. 10, p.3583-3597. 1991.

“ Teor de gordura do leite em diferentes propriedades localizadas na região norte do Rio Grande do Sul

■ Karen Dal magro **Frigeri**
UTFPR

■ Thais Paula **Santin**
UFSM/PM

■ Alessandra **Agostine**
UFSM/PM

■ Bruna Moura **Quevedo**
UFSM/PM

■ Maicon **Farias**
UFSM/PM

■ Karise Fernanda **Nogara**
UFPR

■ Ketlin Dal Magro **Frigeri**
UFFS

■ Naiane Zoldan **Kalles**
UFFS

■ Graciela **Tonello**

■ Elson Martins **Coelho**
UFSM/PM

RESUMO

O teor de gordura do leite é o componente que possui o maior potencial de alteração na composição, variando entre raças, balanceamento de dietas, condições de instalações, conforto animal, entre outros. O menor teor de gordura verificado entre as propriedades foi no ano de 2014 (3.63%), na qual o outono caracterizou-se por apresentar o maior percentual entre as estações climáticas (4,0%), enquanto que entre as propriedades, o maior percentual de gordura resultou de animais da raça Jersey (4,21). Já em relação a Instrução Normativa vigente (IN 62/2011), ambas as propriedades, estações climáticas e anos estavam dentro do parâmetro estabelecido (3,0%).

Palavras-chave: Composição do Leite, Instrução Normativa, Fazendas Leiteiras, Holandês, Jersey.

INTRODUÇÃO

Os mercados nacional e internacional estimulam as indústrias lácteas a pagarem por qualidade e composição do leite, Taffarel *et al.*, (2015). O Brasil vem se destacando nos últimos 50 anos no crescimento da cadeia láctea, na qual segundo Vilela *et al.*, (2017), a produção de leite neste mesmo período apresentou expansão de 673%.

O leite resulta da combinação de elementos sólidos diluídos em água, sendo eles carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e sais minerais. A gordura do leite é o componente que representa a maior alteração na composição, isto porque, a mesma é diretamente influenciada por fatores genéticos, nutricionais, fisiológicos, temperatura do ambiente, espaço e lotação do cocho, entre outros.

De acordo com a Instrução Normativa 62 de 2011 (IN 62/2011) e posteriormente com a homologação da Instrução Normativa 76 de 2018 (IN 76/2018), a gordura presente no leite deve apresentar teor mínimo de 3,0%, resultando em maior rendimento industrial de produtos lácteos, além disso, a mesma determina a quantidade de energia líquida que será direcionada para a produção de leite, Santos e Fonseca (2019).

Objetivou-se avaliar o teor de gordura no leite produzido, em função das diferentes propriedades, juntamente com efeito do ano (quatro anos consecutivos) e da estação climática (primavera, verão, outono e inverno), suas interações e a comparação com a Instrução normativa vigente.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado a partir da elaboração de um banco de dados confeccionado a partir dos registros cedidos por quatro propriedades leiteiras localizadas na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. As amostras foram coletadas por um representante da empresa no tanque de resfriamento das propriedades durante os meses de janeiro de 2014 a dezembro de 2017. Os tanques de resfriamento das propriedades eram mantidos à temperatura de 4°C, seguindo as recomendações da legislação vigente durante período avaliado (IN 62/2011).

O banco de dados formado totalizou 192 observações. As análises laboratoriais foram realizadas pelo Laboratório de Serviços de Rebanhos Leiteiros (SARLE) da Universidade de Passo Fundo (UPF), sendo o mesmo credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

- Propriedade 1: rebanho constituído por animais predominantemente da raça Holandês. Alimentação a base de pasto, sendo no verão predominantemente pastagem anual de verão, formada por milheto (*Pennisetum americanum* L.), no outono, inverno e primavera foram

utilizadas pastagens anuais de inverno, sendo elas, aveia branca (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum*), além de silagem de milho e concentrado ofertado o ano todo.

- Propriedade 2: rebanho constituído por animais das raças Holandês e Jersey. Alimentação a base de pasto, no verão predominando pastagens anuais de verão, sendo utilizado capim-sudão (*Sorghum sudanense*) e sorgo (*Sorghum bicolor*), no outono, inverno e primavera foram utilizadas pastagens anuais de inverno, sendo elas, aveia preta (*Avena strigosa*), aveia branca (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum*), além de silagem de milho e concentrado ofertado o ano todo.

- Propriedade 3: rebanho com animais das raças Holandês e Jersey. Alimentação a base de pasto, no verão predominando pastagens anuais constituídas de milheto (*Pennisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor*), no outono, inverno e primavera foram utilizadas pastagens anuais de inverno, sendo elas, aveia branca (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum*), além de silagem de milho e concentrado ofertado o ano todo.

- Propriedade 4: rebanho com animais predominantemente da raça Jersey. Alimentação a base de pasto, no verão pastagem perene constituída de grama Tifton-85 (*Cynodon spp.*), no outono, inverno e primavera foram utilizadas pastagens anuais, sendo elas, aveia branca (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum*), além de silagem de milho e concentrado ofertado o ano todo.

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com medidas repetidas no tempo. Para os fatores Estação Climática, Ano e Propriedade utilizou o teste Scott Knott para a comparação das médias. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014) considerando um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificados efeitos das interações ($P > 0,05$) propriedade x ano, propriedade x estação climática, ano x estação climática, e propriedade x ano x estação climática (Tabela 1).

De acordo com os resultados observados os teores de gordura nas diferentes propriedades, anos e estações climáticas encontram-se dentro do preconizado pela IN 62/2011, a qual estava vigente durante o período estudado (Tabela 2).

Foi observada diferença ($P < 0,05$) no teor de gordura entre os anos, sendo que no ano de 2014 foi verificada o menor teor de gordura (3,63%) no leite (Tabela 2), tal situação pode estar relacionada a variações climáticas, balanço nutricional e enfermidades no rebanho

leiteiro como cetose pós-parto e acidose ruminal sub- aguda (Santos e Fonseca, 2019), além, do manejo em cada propriedade e das raças dos animais.

As estações climáticas interferem na gordura no leite ($P < 0,05$) uma vez que ocorrem alterações de temperatura e precipitação principalmente. Desta maneira o animal apresenta diferentes respostas fisiológicas a essas variações, que em muitos casos acarreta em variações nos teores dos componentes do leite. Neste trabalho essas alterações foram verificadas durante o outono, período este, em que o leite produzido apresentou maior teor de gordura (Tabela 2). Essas alterações podem ser explicadas em virtude da ocorrência do vazio forrageiro outonal, na qual, as pastagens apresentam menores teores de carboidratos não fibrosos e maior teor de fibra em detergente neutro, contribuindo desta maneira para o aumento da produção de acetato no rumem, sendo o mesmo, precursor da gordura no leite, Alessio *et al.* (2018). Além disso, Frigeri *et al.*, (2020), encontraram valores semelhantes no teor de gordura no leite no outono (4,16%).

Entre as propriedades, observou-se que os teores médios de gordura diferiram ($P < 0,05$), sendo verificados maiores teores na propriedade que possui rebanho formado exclusivamente por animais da raça Jersey (Tabela 2). Resultados semelhantes foram relatados por Deifenbech (2012) que comparou os teores de gordura do leite das raças Holandês e Jersey criados em pastagens de azevém anual. Segundo Felipe *et al.* (2017), o teor de gordura no leite provenientes de animais da raça Jersey devem estar próximos a 4,5%, enquanto que Frigeri *et al.*, (2020) ao estudarem por seis anos consecutivos um rebanho da raça Holandês e Jersey, identificaram teor médio de gordura no leite em 3,77%.

CONCLUSÃO

As estações climáticas influenciam na gordura do leite, tendo o outono com os maiores valores.

Os diferentes anos influenciam no teor de gordura no leite.

O sistema de produção, manejo, alimentação e fatores raciais influenciam na gordura do leite nas diferentes propriedades.

Ano, estações climáticas e diferentes propriedades, os teores de gordura estão de acordo com a Instrução Normativa nº 62, na qual estava vigente.

Tabela 1. Valor Probabilístico do teor de gordura do leite para os efeitos fixos e suas interações.

Efeito Fixo	P<f
Propriedade	0.0001
Ano	0.0035
Estação climática	0.0011
Propriedade x Ano	0.1208
Propriedade x Estação climática	0.4456
Ano x Estação climática	0.2212
Propriedade x Ano x Estação climática	0.7156

Tabela 2. variação nos teores médios de gordura do leite (%) em quatro propriedades rurais do norte do Rio Grande do Sul, em função do ano, estação climática e propriedade.

Ano			
2014	2015	2016	2017
3,63 b	3,92 a	3,84 a	3,85 a
Estação climática			
Primavera	Verão	Outono	Inverno
3,76 b	3,68 b	4,00 a	3,80 b
Propriedade			
1	2	3	4
3,48 c	3,61 c	3,94 b	4,21 a

Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste Scott Knott ($P < 0,05$)

■ REFERÊNCIAS

1. ALESSIO, D.R.M et al. 2018. Roughage sources for Holstein cows under experimental feeding conditions in Brazil - a meta- analysis. *Ciências Agrárias*, 39: 2749-2760.
2. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado, regulamento técnico de identidade e qualidade de leite pasteurizado, regulamento técnico de identidade e qualidade de leite pasteurizado tipo A. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 26 novembro de 2018.
3. DIEFENBACH, J. Produção e composição do leite de vacas das raças Holandês e Jersey, em pastagem de azevém anual. Tese (Doutorado em Produção Animal)- Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 94. 2012.
4. FELIPPE, E. W.; GOMES, I. P. O.; NETO, A. T. 2017. Comparação de vacas mestiças Holandês X Jersey com vacas puras quanto à eficiência produtiva e reprodutiva. *Archives of Veterinary Science*, 22:48-54.
5. FERREIRA, D.F. SISVAR- Sistemas de análise de variância. Versão 5.3. Lavras- MG: UFLA, 2014.
6. FRIGERI, D. M. K. et al. 2020. Variação da composição, qualidade, produção e preço do litro do leite nas estações do ano em uma propriedade leiteira no Norte do Estado do Rio Grande do Sul- Brasil. *Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO*, v.7, n.13. p. 65.
7. SANTOS, M. V; FONSECA, L. F. L. 2019. Síntese e Composição do Leite. *Controle da Mastite e Qualidade do Leite - Desafios e Soluções*. 1º ed. Pirassununga-SP. Copuright. p. 20-33.

8. TAFFAREL, L. E. et al. 2015. Change in composition and quality of milk as a function of volume of production, year period and milking systems and cooling. *Ciências Agrárias*, 36: 2287-2300.
9. VILELA, D. et al. 2017. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. *Revista de Política Agrícola*. 1: 5-24.

“

Uso de revestimentos proteicos: um novo método de preservação de ovos

■ Paula Gabriela da Silva **Pires**
UFRGS

■ Ines **Andretta**
UFRGS

RESUMO

Os ovos são uma excelente fonte de proteína de alto valor biológico, além de fornecer outros nutrientes. Entretanto, os ovos são produtos perecíveis e perdem qualidade rapidamente quando não são armazenados corretamente. A busca por tecnologias inovadoras que possam auxiliar na manutenção da qualidade interna dos ovos durante o armazenamento e trazer melhoria nas propriedades da casca é de grande interesse por parte da indústria avícola. As vantagens do uso de revestimentos podem ser justificadas pela capacidade de proteger o alimento mecanicamente e ainda diminuir a degradação do produto, aumentando assim seu tempo de prateleira. Diversas matérias-primas podem ser utilizadas na elaboração dos revestimentos. As proteínas podem ser empregadas para a elaboração de revestimentos para ovos e demonstraram efeitos satisfatórios na preservação dos alimentos e aumento do tempo de prateleira. Nesta revisão, são apresentados os efeitos do tempo sobre a qualidade dos ovos e como o uso de revestimentos proteicos pode auxiliar na manutenção da qualidade.

Palavras-chave: Avicultura, Estocagem, Qualidade de Ovos, Tempo de Prateleira.

INTRODUÇÃO

O ovo é uma importante fonte de proteína, devido ao seu balanço de aminoácidos, sendo considerado representativo do modelo de proteína ideal. Além de apresentar proteínas de alto valor biológico, o ovo contém ainda vitaminas do complexo B, A, E, K; minerais como ferro, fósforo, selênio e zinco; e carotenóides como a luteína e zeaxantina. Além de ser equilibrado em sua composição nutricional, é uma fonte acessível de proteína pelo baixo valor econômico (Figueiredo, 2012).

Ovos são produtos perecíveis e perdem a qualidade caso não sejam manipulados e armazenados corretamente. Estes, desde a oviposição, estão sujeito a alterações físico-químicas do albúmen e da gema que podem resultar em alterações do sabor, frescor e palatabilidade. Quanto maior for o tempo de estocagem, maior será a deterioração da qualidade interna, pela maior movimentação de dióxido de carbono através da casca, principalmente em temperatura ambiente (Oliveira & Oliveira, 2013).

Estratégias para manutenção da qualidade dos ovos devem ser aplicadas pelo setor de postura devido à ausência da refrigeração nos pontos de venda (Scatolini-Silva, 2013). Atualmente, há um crescente interesse no desenvolvimento de métodos eficazes para manter a qualidade interna e reduzir a porcentagem de quebra da casca (Wong, 1996; Xie, 2002). A utilização de revestimentos proteicos é uma tecnologia simples e já demonstra resultados favoráveis como revestimentos à base de concentrado proteico de soro de leite (Caner & Yuceer, 2015), proteína isolada de soja (Biladeau & Keener, 2009) e proteína concentrada do arroz (Pires et al., 2019; Pires et al., 2020) foram eficazes em manter a qualidade interna dos ovos durante o armazenamento. O objetivo desta revisão é demonstrar os efeitos do tempo de armazenamento sobre a qualidade dos ovos e como o uso de revestimentos proteicos podem auxiliar na manutenção da qualidade aumentando o tempo de prateleira do produto.

QUALIDADE DE OVOS

A qualidade dos ovos é definida como o conjunto de características externas e internas que influenciam na aceitação do produto no mercado (Barbosa, 2008). A qualidade está diretamente relacionada às características da poedeira, como linhagem, idade, condição nutricional e sanitária; e do sistema produtivo, como clima e manejo. Além disso, também pode sofrer alterações de acordo com as condições de estocagem após a postura (Oliveira & Oliveira, 2013).

As características externas de qualidade dos ovos estão relacionadas à qualidade da casca, ao considerar sua estrutura, resistência e higiene. Já as características internas estão

relacionadas com aspectos do albúmen, gema, câmara de ar, cor, odor e sabor (Mendes, 2010). A legislação brasileira (BRASIL, 1997) determina condições mínimas de qualidade interna do ovo (câmaras de ar variando de 4 a 10 mm; gemas translúcidas, firmes, consistentes e sem germe desenvolvido; claras transparentes, consistentes, límpidas, sem manchas e com as calazas intactas). No entanto, somente o peso e as características da casca têm sido considerados na prática.

PERDA DA QUALIDADE DOS OVOS DURANTE O ARMAZENAMENTO

Durante o armazenamento, o ovo sofre contínuas alterações físico-químicas do albúmen e gema que podem resultar em modificações do sabor, frescor e palatabilidade. A perda de qualidade é um fenômeno inevitável e contínuo, e pode ser agravada por diversos fatores, como contaminação microbológica, além da alta umidade e temperatura durante o armazenamento (Barbosa et al., 2008). Quanto maior o tempo de estocagem, maior será a deterioração da qualidade interna, pela movimentação de dióxido de carbono através da casca do ovo, principalmente em condições ambientais favoráveis aos processos.

Ovos frescos são caracterizados por albúmen límpido, transparente, consistente, denso e alto, com pequena porção mais fluída (Solomon, 1997). Conforme há o aumento do tempo de estocagem, a proporção de albúmen líquido aumenta em detrimento da porção densa. A fluidificação e a perda da viscosidade do albúmen denso ocorrem em consequência da hidrólise das cadeias de aminoácidos, que ao serem degradadas liberam a água ligada a grandes moléculas de proteínas (Moreng & Avens, 1990). A liquefação do albúmen denso é evidenciada pela diminuição dos valores de unidade Haugh (UH). A legislação brasileira não utiliza a UH como parâmetro de avaliação da qualidade interna de ovos, entretanto países como Estados Unidos e México classificam ovos comerciais em diferentes classes de qualidade de acordo com a UH: excelente (AA ou México Extra), ovos com mais de 72 UH; boa (A ou México 1), entre 60 e 72 UH; e mediana (B ou México 2), entre 55 e 30 UH. Nos Estados Unidos, ovos com menos de 30 UH são classificados como de baixa qualidade (C), enquanto no México estes são considerados impróprios para o consumo *in natura* (USDA, 2000; IMNC, 2004).

A perda de peso dos ovos é uma das medidas mais importantes no monitoramento da mudança na qualidade dos ovos frescos durante o armazenamento (Caner, 2005). A perda de água depende da temperatura, fluxo de ar e umidade relativa durante o armazenamento. Quanto mais longo o período de armazenamento, mais críticos esses fatores se tornam, especialmente sob temperatura ambiente (Feddern, et al., 2017). Os ovos podem ser classificados por peso. Nesse caso, mais lucro poderia ser alcançado reduzindo a perda de água (Biladeau & Keener, 2009). A redução de peso durante a estocagem é uma medida importante para

monitorar as mudanças na qualidade da casca dos ovos frescos, uma vez que a diminuição ocorre devido à transferência de umidade do albúmen para o ambiente externo por meio da casca (Scott & Silversides, 2000). A diminuição do peso do ovo pode também ser causada pela provável perda de amônia, nitrogênio e sulfeto de hidrogênio que são produtos da degradação química de seus constituintes orgânicos (Solomon, 1997). De acordo com a FAO (2003), uma perda de 2- 3% do peso do ovo durante o armazenamento é aceitável. O conhecimento do conteúdo de sólidos totais dos ovos é importante, uma vez que essa variável determina o rendimento de ovos desidratados.

A densidade ou gravidade específica indica a qualidade da casca em relação aos demais componentes. Esta característica também pode ser alterada durante o armazenamento e está intimamente relacionada com a espessura de casca. A medida da gravidade específica é provavelmente uma das técnicas mais comumente utilizadas para determinar a qualidade da casca do ovo, devido a sua rapidez, praticidade e baixo custo. A densidade é obtida por imersão do ovo em diferentes concentrações salinas com densidades variando de 1,05 a 1,10. Quanto maior a densidade específica de um ovo maior é a sua qualidade (Haminton, 1982).

A perda de água que ocorre no ovo após a postura provoca um aumento progressivo da câmara de ar e conseqüentemente uma diminuição da gravidade específica do ovo (Santos, 2008). Quanto mais velho for o ovo, maior será a câmara de ar, devido à perda de vapor de água. Assim, ovos com pior qualidade de casca apresentam maior câmara de ar devido a maior perda de vapor de água. No Brasil, os regulamentos indicam variações de altura de no máximo 4 mm e até 10 mm em ovos de classe C. Ovos cuja altura da câmara de ar estejam acima de 10 mm são inviáveis para consumo (Oliveira & Oliveira, 2013).

O pH do albúmen e da gema podem sofrer alterações em decorrência das mudanças bioquímicas na gema e à transferência de água do albúmen. Silversides & Scott (2001), sugerem que o pH é mais adequado para a verificação da qualidade de ovos frescos do que a altura do albúmen ou UH, uma vez que esta medida é menos influenciada pela idade e linhagem da poedeira. O pH do albúmen de um ovo fresco pode variar de 7,6 até 8,5 podendo alcançar até 9,7 durante o período de estocagem (Oliveira & Oliveira, 2013). A perda de gás carbônico resulta em alteração no sabor do ovo em decorrência do aumento da alcalinidade (Moreng & Avens, 1990). O pH da gema sofre menos alterações durante a estocagem. Pires et al (2020) documentaram um aumento máximo no pH da gema de 6,27 a 7,0 em ovos armazenados em temperatura ambiente (20 °C). Poucas variações no pH da gema do ovo eram esperadas porque o pH do albúmen aumenta durante o armazenamento devido à perda de CO₂ e migrações de água do albúmen para a gema durante o armazenamento (Biladeau & Keener, 2009).

Durante o armazenamento do ovo, ocorre ainda a transformação da ovoalbumina em S-ovoalbumina e a dissociação do complexo ovomucina-lisoзима, com destruição do gel de ovomucina. A ovoalbumina está relacionada com a estabilidade da espuma do albúmen (popularmente conhecida como “clara em neve”). Estas reações são importantes para a indústria em decorrência da perda das propriedades gelificantes e espumantes (Oliveira & Oliveira, 2013). A capacidade de uma proteína formar espuma refere-se à expansão de volume da dispersão proteica com a incorporação de ar por batimento, aeração ou agitação (Sgabieri, 1996).

A gema também pode sofrer alterações durante o período de estocagem. A água liberada durante a reação de hidrólise dos aminoácidos do albúmen é transferida para a gema, que conseqüentemente aumenta de peso tornando-se descentralizada e menos densa (Ordóñez, 2005; Oliveira & Oliveira, 2013). A gema de ovos frescos deve ser translúcida, consistente, centralizada na clara e bem fixada pelas chalazas, que são pequenos cordões laterais oriundos da própria clara. Gemas de ovos velhos são achatadas e flácidas, podendo apresentar manchas escuras. Além disso, a membrana vitelina, que circunda a gema, rompe-se com facilidade, deixando escorrer o conteúdo, o que prejudica a sua utilização (Solomon, 1997).

O índice de gema é um critério utilizado para determinar a firmeza desta estrutura e é calculado através da largura e altura da gema (Sharp & Powell, 1930). Como consequência da degradação da albumina, a gema absorve a água oriunda da decomposição das proteínas, tornando-se mais achatada. A faixa padrão para o índice de gema estabelecida para ovos frescos oscila entre 0,30 a 0,50. Ovos com índice da gema inferior a 0,25 possuem alta fragilidade desta estrutura, o que torna difícil a realização de medições sem rompimentos (Biagi, 1982). É importante destacar que o índice de gema diminui significativamente com o aumento do período de armazenamento (Caner, 2005; Canner & Yuccer, 2015).

A coloração da gema também pode sofrer alterações durante o período de estocagem. A cor é influenciada pela dieta fornecida para a ave e é principalmente dependente do conteúdo de carotenóides (luteína, zeaxantina, β -criptoxantina e outros). Os carotenóides podem ser degradados pelo processo oxidativo, mudando de pigmentação durante o armazenamento (Caner, 2005). Redução linear na coloração de gemas de ovos com o aumento do tempo de armazenamento foi relatada em estudos prévios (Santos et al., 2009; Freitas et al., 2011). Além disso, ovos armazenados apresentam transferência de ferro da gema para o albúmen, ocasionando coloração rósea no albúmen e transferência de proteínas do albúmen para gema, ocasionando gema de coloração salmão (Sauveur, 1993).

A gema é rica em minerais, principalmente cálcio, cobre, ferro e manganês (Caner & Cansiz, 2007). Os minerais são geralmente estáveis, mas podem sofrer alterações devido às condições de armazenamento, além de reagirem com outros componentes alimentares,

tais como proteínas e carboidratos. Variações nas concentrações de minerais em gemas de ovos durante o armazenamento foram relatadas por Manson et al., (1993) e Caner & Cansiz, (2007). As alterações que ocorrem nos ovos durante o armazenamento podem ser vistas de forma resumida na Tabela 1.

Tabela 1. Principais fatores de qualidade afetados durante o armazenamento

Parâmetros	Causas
Perda de peso dos ovos	Perda de amônia, nitrogênio e sulfeto de hidrogênio, produtos da degradação química de seus constituintes orgânicos.
Diminuição da Unidade Haug	A fluidização e a perda de viscosidade do albúmen denso ocorrem como resultado da hidrólise das cadeias de aminoácidos, que, quando degradadas, liberam água ligada a grandes moléculas de proteína.
Aumento do pH do albumen e gema	Mudanças bioquímicas na gema e transferência de água do albumen.
Diminuição do índice da gema	A água liberada durante a reação de hidrólise dos aminoácidos da albumina é transferida para a gema, que consequentemente aumento de peso tornando-se descentralizada e menos densa.
S-Ovoalbumina	Transformação da albumina em S-ovoalbumina e dissociação do complexo ovomucina-lisozima, com destruição do gel de ovomucina.

FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS APLICADOS NA CONSERVAÇÃO DOS ALIMENTOS

O uso de filmes ou revestimentos comestíveis vem se tornando alvo de grande interesse, devido as suas características de biodegradabilidade e sua capacidade de evitar a deterioração dos alimentos (McHugh, 1996). As vantagens da utilização dos filmes e revestimentos podem ser justificadas pela capacidade de proteger os alimentos mecanicamente, já que atuam principalmente como barreira a gases e vapor de água, diminuindo a degradação e aumentando a vida de prateleira dos alimentos, além de atuarem como carreadores de compostos antimicrobianos, antioxidantes, entre outros (Maia et al., 2000).

Embora o emprego de filmes e revestimentos comestíveis em alimentos não seja um conceito novo, pesquisas nesta área têm se intensificado recentemente. Dentre os fatores que contribuem para a retomada de interesse nos revestimentos comestíveis incluem-se: demanda dos consumidores por alimentos de alta qualidade, necessidade de novas técnicas de armazenamento por parte das indústrias de alimentos, preocupações ambientais sobre a eliminação das embalagens produzidas a partir de matérias-primas não-renováveis

e oportunidade para a criação de novos produtos através do uso de resíduos agrícolas (Gennadios, 2007).

Embora os termos sejam frequentemente utilizados como sinônimos, filmes e revestimentos comestíveis possuem diferentes apresentações. Filmes são pré-formados separadamente do alimento e posteriormente aplicada sobre ele. Os revestimentos comestíveis ou coberturas podem ser aplicadas diretamente sobre os alimentos em métodos de imersão ou aspersão, ocorrendo a formação de uma fina película sobre o alimento após a secagem (Gennadios & Weller, 1990).

REVESTIMENTOS PROTEICOS

As proteínas são comumente usadas como materiais formadores de filmes e são macromoléculas com sequências de aminoácidos específicas e estruturas moleculares. As estruturas das proteínas podem ser facilmente modificadas para alcançar as propriedades desejáveis do filme (Han, 2014). As proteínas são boas formadoras de filme, apresentando excelentes propriedades de barreira a oxigênio, dióxido de carbono e lipídios, particularmente em baixas umidades relativas (Lacroix, 2014).

Filmes formados à base de proteínas são extremamente frágeis e de baixa aderência. Nestas formulações, é indicado o uso de plastificantes para favorecer a adesão ao alimento (Assis & Britto, 2014). Plastificantes são substâncias não-voláteis que, ao serem adicionadas a um material alteram suas propriedades mecânicas e/ou físicas (Alleoni, 2006). Na preparação de filmes ou revestimentos comestíveis, um plastificante é frequentemente incorporado para induzir a flexibilidade (Wan et al., 2005). Plastificantes como glicerol, sorbitol e polietilenoglicol são comumente empregados nas formulações devido a sua capacidade de reduzir a fragilidade dos filmes.

USO DE REVESTIMENTOS EM OVOS

Por se tratar de um produto de origem animal e, portanto, um produto perecível os ovos devem ser mantidos refrigerados desde a produção até o consumo. No Brasil, 92% dos ovos comercializados in natura estão expostos a temperatura ambiente e resfriado apenas na casa do consumidor (Oliveira e Oliveira, 2013), uma vez que a refrigeração dos ovos não é exigida, apenas sugerida durante sua estocagem doméstica, imediatamente após a aquisição, conforme Resolução RDC n. 35 de 17 de junho de 2009. Portanto, o prazo de validade dos ovos em relação ao seu estado físico-químico e qualidade microbiológica dependerá de fatores como as condições ambientais de produção, armazenamento, manuseio e processamento.

A perda de qualidade é um fenômeno inevitável e contínuo e pode ser agravada por diversos fatores, como a alta umidade e temperatura durante o armazenamento. Quanto maior for o tempo de estocagem, maior é a deterioração da qualidade interna, pela maior movimentação de dióxido de carbono através da casca, principalmente em temperatura ambiente (Oliveira & Oliveira, 2013).

A casca do ovo possui de 7 a 17 mil poros em sua superfície, que permitem o movimento de umidade e carbono dióxido para o exterior. Esses poros possuem diâmetros variados, podendo ser encontrados poros de 0,22 até 0,054 mm (Oliveira & Oliveira, 2013). Essa porosidade encurta o período de vida útil do produto em decorrência da perda de água e degradação de proteínas. Assim, os poros na casca do ovo precisam ser selados não só para impedir a evaporação de dióxido de carbono (Caner, 2005), mas também para aumentar sua resistência (Wong, 1996; Caner, 2005).

A penetração de microrganismos através da casca depende de vários fatores, como a qualidade e integridade da casca e da cutícula, além das condições e da duração do armazenamento (EMBRAPA, 2004). A lavagem dos ovos pode acarretar na remoção da cutícula que protege os poros da casca, permitindo assim a entrada de microrganismos e consequentemente contaminação e deterioração do produto. A higienização é um assunto ainda polêmico em se tratando de qualidade de ovos, pois alguns autores questionam o seu efeito e a ação dos desinfetantes sobre a casca do ovo, que se torna mais frágil e susceptível à recontaminação após esta etapa (Almeida, 2013).

A Portaria Nº 01 de 21 de fevereiro de 1990 do Ministério da Agricultura Pecuária e Desenvolvimento recomenda a lavagem dos ovos previamente à quebra e adverte que a lavagem e secagem devem ser feitas por meios mecânicos com procedimentos que impeçam a penetração microbiana para o interior do ovo (MAPA, 1990). Os Estados Unidos da América, o Japão e a Austrália também adotam procedimentos de lavagem de ovos, enquanto muitos países - incluindo o Reino Unido e a União Europeia - têm resistido à prática (Jones, 2018). Liu et al. (2016) observaram através do método de microscopia eletrônica de varredura, que as cascas de ovos submetidos ao processo de lavagem e desinfecção sofreram alterações significativas em sua estrutura, como a remoção da cutícula protetora que envolve a casca do ovo.

Pesquisas têm sido conduzidas avaliando técnicas que permitam prolongar o tempo de prateleira de ovos (Almeida, 2013). O uso de revestimentos em alimentos evita a perda de compostos voláteis e retarda a taxa de deterioração por controlar a transferência de umidade e oxigênio (Maia et al., 2000), o que pode causar mudanças indesejáveis no alimento. Diversos estudos relatam melhorias na manutenção da qualidade interior e a redução de quebra da casca do ovo após a aplicação revestimentos (Xie, 2002; Caner, 2005; Câncer

& Cansiz, 2008). Reduzir a quebra de ovos é um importante fator, uma vez que o aumento da resistência da casca irá diminuir potencialmente o número de ovos rachados e resultar em economia significativa para a indústria (Caner, 2015).

Caner & Yuceer (2015), observaram que os ovos revestidos com proteína do soro do leite tiveram uma redução significativa na perda de peso dos ovos em comparação com os ovos sem nenhum tipo de revestimento (6,71 x 4,60, respectivamente) e observaram que o pH do albumen dos ovos revestidos era menor do que em ovos não revestidos até 5 semanas (9,33 vs 9,56) após armazenamento a 24 °C por 6 semanas. Vários estudos têm mostrado os efeitos do uso de revestimentos na manutenção da qualidade dos ovos durante o armazenamento. Esses efeitos foram associados ao uso de revestimentos à base de proteína, como isolado de proteína de soja (Biladeau e Keener, 2009), isolado ou concentrado de proteína de soro de leite (Caner, 2005; Caner & Yuceer, 2015), zeína (Caner & Yuceer, 2015) e proteína concentrada de arroz (Pires et al., 2019). Apesar da diversidade de matérias-primas já disponíveis, o desenvolvimento de revestimentos a partir de subprodutos é uma alternativa economicamente interessante para a indústria.

CONCLUSÃO

Os ovos são produtos de origem animal e perdem qualidade rapidamente logo após o momento da postura, sendo seu prazo de validade limitado de cerca de 3 a 4 semanas. Novas tecnologias de preservação são uma opção interessante para gerar produtos alimentícios de alta qualidade com uma vida útil prolongada, especialmente em países onde a refrigeração não é obrigatória. Existe sim necessidade de desenvolver um método capaz de prolongar a qualidade interna dos ovos durante o armazenamento em temperatura ambiente. A vida útil dos ovos pode ser aumentada com o uso de revestimentos, o que beneficiaria a indústria, os produtores e os consumidores.

■ REFERÊNCIAS

1. ALLEONI, A. C. C.; JACOMINO, A. P.; ROSA, A. S. Recobrimento de laranja 'Pêra' com filme de concentrado protéico de soro de leite associado a plastificantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41 n.8, p.1221-1226, 2006.
2. ALMEIDA, D. S. **Qualidade físico-química de ovos comerciais submetidos a diferentes métodos de tratamento de casca e tempos de estocagem**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Faculdade de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2013.
3. ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.17, n.2, p. 87-97, 2014.

4. BARBOSA, N. A. A. *et al.* Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **ARS Veterinaria**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.127-133, 2008.
5. BIAGI, J. D. **Estudo sobre a variação da qualidade de ovos armazenados a várias temperaturas**. 1982. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas, SP, 1982.
6. BILADEAU A. M.; KEENER, K. M. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, n.6, p.1266-1274, 2009.
7. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inspeção de Produto Animal. Portaria nº 1, de 21 de fevereiro de 1990. Aprovar as Normas Gerais de Inspeção de Ovos e Derivados, propostas pela Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados
8. DICAR que serão divulgadas através de Ofício Circular da SIPA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 mar. 1990. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/arquivos/Portaria11990ovos.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.
9. BRASIL, Ministério da Saúde Agência Nacional de Vigilância Sanitária resolução nº 35, de 17 de junho de 2009. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instruções de conservação e consumo na rotulagem de ovos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jun. 2009, seção 1, página 47, 2009. Disponível em: <https://avisite.com.br/legislacao/anexos/nt_rdc35_20090618.pdf> Acesso em: 24 ago. 2020.
10. CANER, C. Whey protein isolate coating and concentration effects on egg shelf life. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.85, n.13, p.2143-2148, 2005.
11. CANER, C.; CANSIZ, O. Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.87, n.2, p.227-232, 2007.
12. CANER, C.; YUCEER, M. Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. **Poultry Science**, Champaign, v.94, n.7, p.1665- 1677, 2015.
13. EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de segurança e qualidade para avicultura de postura**. Brasília: Embrapa, 2004. 97p.
14. FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2003. Egg marketing - A guide for the production and sale of eggs. FAO Agricultural Services Bulletin 150.
15. FIGUEIREDO, T. C. **Influência das condições e do período de armazenamento nas características físico-químicas, microbiológicas e nos níveis de aminos bioativas em ovos para exportação**. 2012. 113 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2012.
16. FREITAS, L. W. *et al.* Aspectos qualitativos de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.11, p.66-72, 2011.
17. FEDDERN, V *et al.* Egg quality assessment at different storage conditions, seasons and laying hen strains. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.41, n.3, p.322-333, 2017.
18. GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria ananassa*) quality and stability. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, DC, v.46, n.9, p.3758-3767, 1998.

19. GENNADIOS, A.; HANNA, M. A.; KURTH, L. B. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. **Food Science and Technology**, London, v.30, n.4, p.337-350, 1997.
20. GENNADIOS, A.; WELLER, C. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. **Food Technology**, Chicago, v.44, n.10, p.63-69, 1990.
21. HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign, v.61, n.10, p.2022-2039, 1982.
22. HAN, J. H. Edible films and coatings: a review. In: Han J (ed) **Innovations in food packaging**, 2nd edn. Elsevier, Amsterdam, 2014. pp 231-255.
23. IMNC. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. 2004. Apéndices normativos: métodos de medición para determinar el grado de clasificación del huevo. Pp 25- 26. In: **Productos avícolas –huevo fresco de gallina– especificaciones y métodos de prueba. (NMX-FF-079-SCFI-2004)**. Secretaria de Economía. Ciudad de México. Disponível: http://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-FF-127-SCFI-2016_Huevo_fresco.pdf. Acesso dia: 26 de ago de 2020.
24. JONES, D. R.; WARD, G. E.; REGMI, P.; KARCHE, D. M. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. **Poultry Science**, Champaign, v.97, p.716-723, 2018.
25. LACROIX, M.; VU, K. D.; Edible coatings and films materials:proteins. In: Han J (ed) **Innovations in food packaging**, 2nd edn. Elsevier, Amsterdam, 2014. pp 277–304.
26. LIU, Y.; CHEN, T.; WU, Y.; LEE, Y.; TAN, F. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. **Food Chemistry**, Barking, v.211, p.687-693, 2016.
27. MAIA, L. H.; PORTE, A.; SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.18, n.1, p.105-128, 2000.
28. MANSON, J. M. *et al.* Variation among individual white-leghorn hens in the concentration of minerals in the albumen and yolk content of their eggs. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.34, n.5, p.899-909, 1993.
29. McHUGH, T. H.; HUXSOLL, C. C.; KROCHTA, J. M. Permeability properties of fruit puree edible films. **Journal of Food Science**, Chicago, v.61, n.1, p.88-91, 1996.
30. MENDES, F. R. **Quality physical, chemical and microbiological washed eggs stored under two temperatures and experimentally infected with *Pseudomonas aeruginosa***. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2010.
31. MORENG, R. E.; AVENS, J. S. Anatomia e fisiologia das aves. In: MORENG, R. E.; AVENS, J.S. **Ciência e produção de aves**. São Paulo: Roca, 1990. cap.3, p.43-75.
32. MOURA, A. M. A.; OLIVEIRA, N. T. E.; THIEBAUT, J. T. L. Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*). **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v.32, n.2, p.578-583, 2008.
33. OLIVEIRA, B. L.; OLIVEIRA, D. D. **Qualidade e tecnologia de ovos**. Lavras: UFLA, 2013.
34. ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2. 280 p.

35. PIRES, P. G. S. *et al.* Plasticizer types affect quality and shelf life of eggs coated with rice protein. **Journal of Food Science and Technology**, London, v.57, p.971-979, 2020.
36. PIRES, P. G. S. *et al.* Rice protein coating in extending the shelf-life of conventional eggs. **Poultry Science**, Champaign, v.98, n.4, p.1918-1924, 2019.
37. SANTOS, M. S. V. *et al.* Efeito da temperatura e estocagem em ovos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n. 3, p.513-517, 2009.
38. SAUVEUR, B. **El huevo para consumo: bases productivas**. Barcelona: Aedos Editorial, 1993. 377p.
39. SCATOLINI-SILVA, A. M. *et al.* Qualidade física de ovos armazenados em diferentes condições de embalagens sob temperatura ambiente. **Arquivos de Zootecnia**, Cordoba, v.62, n.238, p.247-254, 2013.
40. SCOTT, T. A.; SILVERSIDES, B. The effect of storage and strain of hen on egg quality. **Poultry Science**, Champaign, v.79, n.12, p.1725-1729, 2000.
41. SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 517 p.
42. SHARP, P. F.; POWELL, C. K. Decrease in internal quality of hen's eggs during storage as by the yolk. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, DC, v.22, n.8, p.909-910, 1930.
43. SILVERSIDES, F. G.; SCOTT, T. A. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. **Poultry Science**, Champaign, v.80, n.8, p.1240-1245, 2001.
44. SOLOMON, S. E. **Egg and eggshell quality**. Iowa: Iowa States University Press, 1997. 149 p.
45. USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Egg grading manual**. Washington, DC: USDA, 2000. (Agricultural Handbook, Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/publications/content/egg-grading-manual> Acesso em: 24 ago. 2020.
46. USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Grain: world markets and trade**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 2015.
47. XIE L, *et al.* Edible film coating to minimize eggshell breakage and reduce post-wash bacterial contamination measured by dye penetration in eggs. **Journal of Food Science**, Chicago, v.67, n.1, p.280-284, 2002.
48. WAN, V. C. H.; Kim, M. S.; Lee, S. Y. Water vapor permeability and mechanical properties of soy protein isolate edible films composed of different plasticizer combinations. **Journal of Food Science**, Chicago, v.70, p.387-391, 2005.
49. WONG, Y. C.; HERALD, T. J.; HACHMEISTER, K. A. Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. **Poultry Science**, Champaign, v.75, n.3, p.417-422, 1996.

“ Valor nutricional da silagem de genótipos de milho e sorgo cultivados em duas densidades de semeadura

▮ Pedro Henrique de Melo **Garcia**
CCA/UFPB

▮ Paulo Vanderlei **Ferreira**
UFAL/CECA

▮ Jair Tenório **Cavalcante**
UFAL/CECA

▮ Patricia Mendes Guimarães **Beelen**
UFAL/CECA

▮ Davi Francisco da **Silva**
UFAL - Campus Viçosa

▮ Moisés Tiodoso da **Silva**
UFAL/CECA

▮ Girlene Cordeiro de Lima **Santos**
CCA/UFPB

▮ Gaus Silvestre de Andrade **Lima**
UFAL/CECA

▮ Rosa Cavalcante **Lira**
UFAL/CECA

▮ Iasmin Myrele Santos Calaça de **Farias**
UNESP – Campus de Botucatu

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o valor nutricional da silagem de genótipos de milho e sorgo cultivados em duas densidades de semeadura. A pesquisa foi dividida em quatro experimentos, sendo um e três para os genótipos de milho e dois e quatro para os genótipos de sorgo. Os experimentos um e dois foram montados em delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial (2x2), sendo dois genótipos de milho (Branca e Jabotão) e sorgo (IPA-467 e SF15) em duas densidades de semeadura (0,70x0,14 m e 0,80x0,14; 0,70x0,07 e 0,80x0,07 m), com três repetições. A colheita foi realizada aos 100 dias. Os experimentos três e quatro foram efetuados em silos de PVC arranjados no delineamento inteiramente casualizado. Após 60 dias, obteve-se o valor nutricional da silagem. Foram avaliados: Rendimento de Massa Verde da Planta Inteira (RMVPI), Rendimento de Matéria Seca da Planta Inteira (RMSPI), Matéria Seca (MS), Matéria Mineral (MM), Proteína Bruta, Fibra em Detergente Neutro, Fibra em Detergente Ácido, Hemicelulose e Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS). O RMVPI e RMSPI, e a MS e DIVMS diferiram entre os genótipos de milho ($p<0,05$). Entre os genótipos de sorgo houve diferença para: RMVPI, RMSPI, MS e MM. O genótipo de milho Jabotão apresentou os melhores resultados para a produção de forragem e DIVMS. O genótipo de sorgo SF15 obteve os melhores resultados para a produção de forragem e apresentou mais nutrientes. As densidades de semeadura não afetaram no valor nutricional da silagem dos genótipos de milho e sorgo.

Palavras-chave: Composição Bromatológica, Digestibilidade *in Vitro*, Ruminantes.

INTRODUÇÃO

A principal fonte de nutrientes para a produção de ruminantes são as pastagens, que por muitas vezes apresentam-se degradadas, com baixo valor nutricional e secas devido ao regime de chuvas da região, inviabilizando seu consumo. Nesse período, uma das alternativas mais viáveis para a suplementação alimentar dos animais é a utilização de silagem (CORDEIRO; CEQUINE, 2008).

O processo de ensilagem tem sido amplamente estudado com o intuito de suprir as deficiências alimentares enfrentadas pelos animais no período de escassez de forragem. Quando bem executada a técnica, o valor nutritivo da silagem é semelhante ao da forragem original, isto é, a ensilagem não melhora a qualidade das forragens, apenas conserva sua qualidade original (CRUZ et al., 2012).

A silagem é o produto resultante do processo específico de anaerobiose por acidificação de material vegetal verde, por ação de bactérias epífitas ácido lácticas que vivem na planta hospedeira em simbiose natural, e que convertem carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico, o que resulta em queda do pH e a forragem é então conservada (KIM; ADESOGAN, 2006).

Entre as forrageiras mais utilizadas para produção de silagem destacam-se o milho, o sorgo, a cana de açúcar e por fim os capins. Embora existam várias plantas forrageiras, anuais e perenes que servem para a produção de silagem, a cultura do milho tem lugar de destaque e é considerado como uma referência, juntamente com a cultura do sorgo (MIRANDA et al., 2012).

O milho é considerado a cultura padrão para produção de silagem devido a seu alto valor nutritivo, o qual é caracterizado pela alta digestibilidade e alta densidade energética, sua elevada produtividade de matéria seca e por apresentar bons padrões de fermentação, desta forma qualifica a silagem desta forrageira como ótima opção aos sistemas de produção animal (ZOPOLLATO; SARTURI, 2009).

A cultura do sorgo para produção de silagem se destaca, por seu potencial de produção de massa seca e, principalmente, pela alta produtividade em condições adversas como deficiência hídrica, altas temperaturas e baixa fertilidade do solo. Do mesmo modo, o valor nutritivo da silagem de sorgo equivale a 85 a 90% da de milho (NEUMANN et al., 2004; TABOSA et al., 2008; AVELINO et al., 2011).

A qualidade do volumoso é dada pelo seu valor nutritivo, representado pela composição bromatológica do alimento e pela digestibilidade de seus constituintes. A eficiência na produção animal, utilizando material fresco ou conservado (silagem), não depende só do conteúdo de nutrientes digestíveis do alimento, mas também do consumo destes pelos animais (PILLAR et al., 1994; RESTLE et al., 2003; MAGALHÃES et al., 2005; CRUZ et al., 2012).

A qualidade e o valor nutritivo de uma silagem dependem, fundamentalmente, da aptidão da cultivar e manejo de plantio utilizados, do estágio de maturação no momento do corte e da natureza do processo fermentativo (AVELINO et al., 2011).

O aumento da densidade de semeadura através da redução do espaçamento entre linhas é uma técnica que proporciona melhor distribuição das plantas na área de uma mesma população. Sendo possível melhorar a eficiência da interceptação solar e da absorção de água e nutrientes, além de aprimorar o controle cultural das plantas invasoras, reduzindo as perdas de água por evaporação do solo (SANGOI et al., 2010; AVELINO et al., 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o valor nutricional da silagem de genótipos de milho e sorgo cultivados em duas densidades de semeadura.

REVISÃO DE LITERATURA

Importância da produção de silagem na alimentação animal

A maior parte da produção de leite e carne no Brasil é baseada em sistemas de produção a pasto. As condições climáticas não permitem que se consiga produção de forragem adequada durante todo o ano, gerando insuficiência quantitativa e qualitativa das mesmas. Esse comportamento promove impacto negativo sobre o potencial de lotação e, consequentemente, sobre a produtividade dos animais. Para enfrentar tal adversidade, a prática de ensilagem de forrageiras entra como alternativa na suplementação do rebanho durante o período seco, mantendo os animais com produção e peso satisfatório (OLIVEIRA et al., 2014).

Uma estratégia a fim de minimizar os impactos da sazonalidade sobre a produção de alimentos para os animais é a conservação de forragens via ensilagem, este processo se baseia em conservar a matéria seca de determinada forrageira verde mediante a fermentação em condições de anaerobiose, para que, as características nutricionais do alimento sejam mantidas até o momento da sua utilização (NEUMANN et al., 2014).

O armazenamento do excesso de forragem proveniente da época das chuvas para utilização no período seco constitui estratégia de grande impacto na viabilidade da atividade pecuária (CABRAL et al., 2002). Segundo Cruz et al. (2011), a necessidade de produzir alimento volumoso para os rebanhos, especialmente no período seco do ano, quando as pastagens naturais se tornam cada vez mais precárias, tem provocado o aumento da utilização da silagem.

Atualmente as silagens de milho e/ou sorgo constituem-se entre as principais fontes de volumosos de maior valor nutritivo e bons rendimentos por unidade de área, de boa aceitabilidade pelos ruminantes e de fácil processo operacional para colheita e armazenamento (NEUMANN et al., 2004; MARTINKOSKI; VOGEL, 2013).

A utilização de silagem na alimentação de ruminantes vem sendo bastante utilizada, de forma que esta pode favorecer elevando o potencial produtivo dos animais, e consequentemente, aumentando a rentabilidade dos sistemas produtivos (LOURENÇO JÚNIOR et al., 2004).

Na alimentação animal, uma das principais alternativas é a produção de silagem, por apresentar excelentes resultados de rendimento, qualidade de fermentação, manutenção do valor nutritivo e aceitabilidade por parte dos animais (SANTOS et al., 2015). A silagem é a forma mais antiga e tradicional de conservação de alimentos para alimentação animal.

Na produção de animais ruminantes, a alimentação é o componente mais oneroso nos custos de produção. Segundo Restle et al. (2007), verificando a estimativa econômica da terminação de novilhos em sistema de produção em confinamento, constataram que a alimentação foi elemento mais oneroso, representando 77,2%, na qual, do custo total da alimentação, o concentrado teve participação de 75,5% e o volumoso 24,5%. Os mesmos autores salientam que uma grande alternativa para diminuir custos com alimentação seria o uso contínuo de volumosos de qualidade (silagem de milho e sorgo) para substituir partes dos nutrientes fornecidos pelo concentrado na dieta.

Importância do valor nutricional do alimento

Quando se pensa em conservação de forrageiras úmidas, o milho é a forrageira mais tradicional. Este fato se deve às características inerentes da planta, por apresentar condições ideais para a produção de uma boa silagem, como o teor de matéria seca (MS) na faixa de 28 a 35%, mais de 3% de carboidratos solúveis na matéria original e baixo poder tampão (CRUZ et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

De modo geral, a qualidade de qualquer alimento é dada pelo seu valor nutritivo, representado pela sua composição química, pela digestibilidade dos seus constituintes, pelo consumo voluntário e pelo desempenho animal (VAN SOEST, 1994).

Segundo Van Soest (1994), a qualidade pode ser influenciada através do processo fermentativo da massa, uma vez que, durante a etapa de ensilagem, pode ocorrer redução do valor nutritivo pela respiração, fermentação aeróbia, processos de decomposição ou perdas de efluentes.

O teor de MS é considerado um dos mais importantes fatores que contribuem para a obtenção de uma silagem de qualidade. O conhecimento do percentual de MS contido na silagem é importante, pois é com base nele que se estabelece o cálculo da dieta, já que o consumo do alimento pelos animais é estabelecido em kg de MS/animal/dia (CRUZ et al., 2012).

A avaliação do teor de MS é muito importante, visto que na matéria seca estão contidos todos os nutrientes, como proteínas, carboidratos, gorduras, minerais e vitaminas. A estimativa

da produção de MS por hectare prediz de melhor forma a eficiência na produção de silagem, visto que altas produções de matéria verde por hectare com baixo teor de MS nem sempre são mais lucrativas (OLIVEIRA et al., 2014).

Conforme Mello (2004), sendo que os teores MS e carboidratos solúveis interferem diretamente no processo fermentativo, teores de MS entre 30 e 35% e de carboidratos solúveis acima de 6%, contribuem para a rápida fermentação láctica e produção de ácidos orgânicos.

O teor de MS tem grande efeito sobre a qualidade final do material ensilado. Um teor de MS inferior a 25% propicia maior perda por meio de efluentes (lixiviação) e intensa degradação de proteínas (aumento da proteólise), ocasionando baixa qualidade da silagem, além de reduzir a queda de pH causada pelos microrganismos anaeróbios, o que atrasa a fase de estabilidade da silagem, proporcionando maior perda de nutrientes (EVANGELISTA, 1986; OLIVEIRA et al., 2014).

Segundo Oliveira et al. (2014), o maior teor de umidade na silagem também favorece a multiplicação de clostrídios, o que aumenta a degradação de ácido láctico a ácido butírico e causa perdas na silagem. O conteúdo final de ácido butírico é um indicador negativo da qualidade do processo fermentativo (TOMICH, 2012).

A ensilagem de forrageira com alto teor de MS (acima de 35%) no material ensilado, acaba dificultando a compactação e aumenta os níveis de oxigênio entra a massa de forragem, o que permite maior desenvolvimento de microrganismos aeróbios e perda de nutrientes da silagem. Para Tomich (2012), valores acima de 60% de MS não permitem compactação adequada.

Em estudo com silagem de milho, Tomich et al. (2006) encontraram valores de 27,3% de MS, 7,2% de PB, 51,5% de FDN, 32,4% de FDA e 4,0% de lignina e, para silagem de sorgo, valores de 31,7% de MS, 6,8% de PB, 59,1% de FDN, 35,9% de FDA e 4,9% de lignina. Oliveira et al. (2010), avaliando o valor nutritivo de silagens de diferentes forrageiras, encontrou valores de MS, PB, FDN e FDA para silagem de milho na faixa de 29,20%, 6,10%, 60,70% e 41,30%, respectivamente. Para a silagem de sorgo forrageiro foi observado 24,10% de MS, 6,10% de PB, 65,30% de FDN e 45,80% de FDA.

A fibra presente na planta representa a fração de carboidratos de digestão lenta ou indigestível e, dependendo de sua concentração e digestibilidade, impõe limitações ao consumo de matéria seca e energia (MACHADO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2014).

Conforme Cruz et al. (2012), a fibra é necessária para o funcionamento do rúmen, pois, o volumoso através da sua quantidade de fibra, tem como papel dar consistência ao bolo alimentar, regulando a velocidade de passagem pelo trato digestivo do animal.

Segundo Oliveira et al. (2014), teores de fibra na silagem de milho e sorgo são necessários para manter um mínimo da estimulação à atividade de ruminação. A ruminação auxilia

na redução da partícula do alimento a tamanho adequado que será selecionado no retículo e direcionado ao omaso/abomaso para sequência da digestão nos intestinos. A ruminação é necessária para que ocorra a secreção de saliva pelo ruminante, sendo que a saliva possui atividade tamponante e auxilia na manutenção de valores de pH adequados à atividade microbiana (ARCURI et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014).

Quando a silagem possui muita fibra, a passagem pelo trato digestivo é lenta, ocasionando baixa digestão e absorção dos nutrientes, bem como, quando a silagem possui pouca fibra, a passagem pelo trato digestivo é rápida, provocando fermentações indesejáveis, alterando o metabolismo do animal (PIONEER, 1993; CRUZ et al., 2012).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) engloba hemicelulose, celulose e lignina. Celulose e hemicelulose são carboidratos digestíveis no rúmen, porém, a lignina, que não é um carboidrato, não é digestível no rúmen e pode afetar negativamente a digestibilidade do alimento (CRUZ et al., 2012).

Os níveis de FDN variam conforme a espécie vegetal e o estágio vegetativo, na qual, alimentos com alto teor de FDN têm a capacidade de limitar a ingestão de MS, fazendo com que o animal se alimente aquém de suas necessidades, o que ocasionará perda no desempenho (OLIVEIRA et al., 2014). Cruz et al. (2012), descrevem que quanto menor o nível de FDN, maior o consumo de MS. Os níveis de FDN nas silagens de milho variam bastante, porém, é considerado um bom nível na faixa de 50%.

O teor de fibra em detergente ácido (FDA) também é considerado como fator importante na qualidade da silagem, pois indica a quantidade de fibra que não é digestível. A FDA é estimada através do resíduo obtido da FDN com extração da hemicelulose, onde a FDA contém celulose e lignina (OLIVEIRA et al., 2014). A lignina é um polímero de polidroxifenil propano altamente resistente a hidrólise, desta forma reduz a digestibilidade dos compostos a ela ligados, como a hemicelulose e celulose (OLIVEIRA et al., 2014).

A proporção entre os componentes hemicelulose, celulose e lignina definem o valor da digestibilidade final da FDN (MACHADO et al., 2009), que são menores com o aumento do teor de lignina na silagem. Para Cruz et al. (2012), um bom nível de FDA na silagem de milho fica na faixa de 30%.

Segundo Oliveira et al. (2010), a alta percentagem de FDA é uma característica indesejável, pois indica a presença de substâncias pouco aproveitadas pelo animal, como lignocelulose, que são um bom indicativo da qualidade da silagem, pois apresenta correlação negativa com a digestibilidade da matéria seca.

Rosa et al. (2004), avaliando características bromatológicas de diferentes híbridos de milho para silagem, encontraram teores de FDN na faixa de 55,76% a 57,99%, para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foram encontrados valores de 57,59% a

60,0%. Em um trabalho análogo, Pinto et al. (2010) avaliaram 12 cultivares de milho para produção de silagem. As cultivares avaliadas apresentaram teores de FDN variando de 49,10% a 56,20% e DIVMS na ordem de 71,20% a 80,70%. Já Valadares Filho et al. (2018), estimaram concentrações de FDN e FDA em silagens de milho em 55,24% e 30,75%, respectivamente.

Gomes et al. (2006), avaliando a composição químico-bromatológica do genótipo de sorgo IPA-467, obteve-se 26,69% de MS, 3,3% de PB, 43,13% de FDN e 26,12% de FDA. Segundo Rodrigues Filho et al. (2006), trabalhando com genótipos de sorgo forrageiro, encontrou valores de MS entre 22,86% a 31,51%, para PB entre 4,85% a 7,78%, FDN entre 47,27% a 53,05% e FDA entre 38,53% a 41,48%. Neumann et al. (2004), trabalhando com híbridos de sorgo forrageiro, encontraram teores de MS na faixa de 29,50% e 35,80%; MM de 6,57% e 8,45%; PB de 5,26% e 5,84%; FDN de 73,09% e 74,23% e para FDA foram de 34,57% e 35,80%.

É relevante conhecer o nível protéico da forragem ou da silagem de milho, que normalmente varia de 6 a 9%, com média ao redor de 7 a 7,5% (CRUZ et al., 2012). De acordo com Van Soest (1994), para o bom funcionamento ruminal é desejável teores de PB próximos a 7%.

De acordo com Oliveira et al. (2014), um dos fatores que afetam a qualidade da silagem de milho é a vitreosidade do grão de milho. O grão de milho é composto por três partes principais: pericarpo, que é a parte externa do grão que contém muita fibra e pouca proteína e amido; gérmen, parte do grão rica em proteína e lipídios e pobre em amido e; endosperma, muito rico em amido e que corresponde a 80% do peso do grão, além de conter proteínas, minerais e lipídeos (BITENCOURT, 2012). Existem evidências de que quanto maior a vitreosidade do grão do milho, menor a degradabilidade ruminal do amido.

Correa et al. (2002), observou em sua pesquisa que existe uma correlação negativa e alta entre a vitreosidade e a degradabilidade ruminal do amido. A vitreosidade parece ser um bom parâmetro para selecionar genótipos de milho com alta digestibilidade ruminal. Sendo que a grande deficiência das silagens de milho está relacionada com a baixa digestibilidade do amido no rúmen, resultado da dureza excessiva dos grãos (CORREA et al., 2002).

A digestibilidade pode ser definida como a relação da fração do alimento consumida e o que é eliminado nas fezes. A determinação da digestibilidade é reconhecidamente a primeira aproximação na obtenção das estimativas dos parâmetros do valor nutritivo dos alimentos (SILVA; LEÃO, 1979; CORREA et al, 2007).

A digestibilidade representa um dos vários fatores que podem estar relacionados ao consumo de MS pelos animais, pois sabe-se que a partir desta são obtidas as quantidades dos nutrientes aproveitados pelo animal para manutenção, crescimento, produção e saúde (MERTENS, 1994).

De acordo com Salman et al. (2010), a importância em se conhecer a composição bromatológica e a digestibilidade dos nutrientes contidos nos alimentos destinados a alimentação de ruminantes é essencial para conseguir formular rações mais eficientes, que supram todas as exigências dos animais.

A digestibilidade em ruminantes pode ser influenciada por vários fatores como a composição e o preparo dos alimentos da dieta, quantidade de energia na ração, quantidades elevadas de óleos nas rações, presença de fibras nas rações e também fatores relacionados aos animais como o pH ruminal e o estado nutricional (MARIN et al., 2003; SILVA et al., 2005).

Segundo Menezes (2014), fatores ligados ao animal, ao manejo da alimentação e ao ambiente podem afetar na digestibilidade do alimento determinado. As medidas de digestibilidade servem para qualificar os alimentos quanto ao seu valor nutritivo, expressa pelo coeficiente de digestibilidade, que indica a quantidade percentual de cada nutriente do alimento que o animal tem condição de utilizar (VAN SOEST, 1994).

Conforme Brito et al. (2000), obtiveram valores de DIVMS de genótipos de sorgo na faixa de 51,30% e 58,50%. Pires et al. (2013), avaliando as características das silagens de cinco genótipos de sorgo, encontraram valores de DIVMS variando de 51,38% a 56,46%.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e período de condução dos experimentos

O experimento foi conduzido no período de abril de 2016 a maio de 2017, na área experimental do Setor de Melhoramento Genético de Plantas (SMGP) (parte de campo) e no Laboratório de Nutrição Animal (LNA), ambos localizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL) – Campus Delza Gitaí, BR 104 Norte, km 85, situado no município de Rio Largo – AL, localizada a 9° 27' de latitude sul e 35° 27' de longitude oeste e 127 m de altitude. A região apresenta clima quente e úmido, totais pluviométricos anuais elevados (1.500 - 2.000 mm), com o período chuvoso concentrado no outono-inverno, onde a precipitação equivale a 70% do total anual, e o período seco na primavera-verão apresentando déficits hídricos elevados (SOUZA et al., 2004).

Tratamentos avaliados

Genótipos avaliados

Foi avaliado nesse experimento o valor nutricional da silagem de dois genótipos de milho: o genótipo Branca, desenvolvido pelo SMGP/CECA/UFAL e a variedade crioula Jabotão,

procedente do médio sertão alagoano (experimento 3) e duas variedades de sorgo: SF15 e IPA-467, amplamente cultivadas na região nordeste (experimento 4).

Densidades de semeadura

Foi avaliada duas densidades de semeadura. Nos genótipos de milho foram 102.041 plantas.ha⁻¹ e 89.286 plantas.ha⁻¹, referente aos espaçamentos 0,70 m x 0,14 m e 0,80 m x 0,14 m, respectivamente. Para os genótipos de sorgo foram 204.082 plantas.ha⁻¹ e 178.572 plantas.ha⁻¹, referente aos espaçamentos 0,70 m x 0,07 m e 0,80 m x 0,07 m, respectivamente.

Implantação e condução dos experimentos 1 e 2

Ambos os experimentos 1 e 2 foram montados utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados no esquema fatorial (2 x 2), sendo dois genótipos de milho (Branca e Jabotão) e sorgo (IPA-467 e SF15) em duas densidades de semeadura, (0,70 x 0,14 m e 0,80 x 0,14 m), e (0,70 x 0,07 m e 0,80 x 0,07 m), respectivamente, com três repetições.

Antes do plantio foi realizada uma amostragem de solo para análise das condições químicas, aonde foram enviadas para o Laboratório de Solo, Água e Planta do CECA/UFAL, cujos resultados foram os seguintes: pH – 5,8; Na – 20 ppm; P – 18 ppm; K – 48 ppm; Ca+mg 3,14 meq/100ml; Ca – 1,90 12 meq/100; Mg – 1,24 meq/100; Al 0,00 meq/100; H + Al – 3,78 meq/100; S.B. – 5,8 meq/100; CTC – 7,13 meq/100; V – 47,0%; m 0,0% e M.O. 22,09%.

O preparo do solo ocorreu através de duas gradagens cruzadas, com posterior abertura dos sulcos através de enxadas, esses apresentando cerca de 10 cm de profundidade, onde foi aplicado a adubação de fundação recomendada, N-P-K (60-100-20) no fundo do sulco e coberto com uma camada de 5 cm de solo. Como fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, utilizou-se ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A semeadura ocorreu em 14 de abril de 2016, de forma manual, utilizando-se três sementes por cova de cada genótipo, com profundidade de 3 a 4 cm. Após os 13 dias da semeadura foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por cova.

As parcelas foram compostas por cinco linhas de cinco metros. Por outro lado, foram consideradas como área útil as três fileiras centrais de cada parcela, desprezando as bordaduras. A colheita das plantas para a produção de silagem ocorreu aos 100 dias após o plantio (Figura 1), quando os grãos estavam no estágio farináceo. As plantas foram cortadas rente ao solo, sendo consideradas de forma aleatória 30 plantas competitivas de cada parcela de milho e 60 plantas de cada parcela de sorgo.

Figura 1. Corte (A) e trituração do material para a ensilagem (B)



Fonte: Autor (2016)

Após colhidas as plantas da área útil de cada parcela do experimento, as mesmas foram trituradas em máquina forrageira (Figura 1) e todo material triturado foi depositado em silo experimental, constituído de PVC com peso médio de 1,0 kg, 0,50 m de comprimento por 0,15 m de diâmetro e volume de 0,005298 m³. e compactado manualmente até completar sua capacidade. Em seguida o silo experimental foi vedado com tampa de PVC.

Descrição dos experimentos 3 e 4

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2 x 2, com três repetições, totalizando 12 parcelas experimentais, para ambos os experimentos (3 e 4). Cada parcela experimental foi representada por um silo experimental (Figura 2), constituído de um cano de PVC de 0,30 m de comprimento por 0,15 m de diâmetro e volume de 0,005298 m³.

Figura 2. Silos experimentais



Fonte: Autor (2016)

Após 60 dias, cada silo experimental foi aberto (Figura 3) e desprezaram-se as porções iniciais de cada extremidade do silo, em seguida foi retirada uma amostra de 400 g de cada tratamento da parte intermediária, a qual foi enviada ao Laboratório de Nutrição Animal (CECA/UFAL) para a determinação do valor nutricional (composição bromatológica e digestibilidade in vitro da matéria seca). As amostras foram pré-secas em estufa com circulação de ar forçada, a 55°C por 72 horas, e posteriormente trituradas em moinho com peneira de crivos de 1 mm.

Figura 3. Abertura dos silos experimentais após 60 dias vedados (A) e coleta de material (B)



Fonte: Autor (2016)

Variáveis avaliadas

As variáveis avaliadas no experimento 1 e 2 foram:

Rendimento de Massa Verde da Planta Inteira ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$): determinado com o auxílio de uma balança de precisão de marca Magna, onde foram pesadas as amostras das plantas da área útil aos 100 dias após a semeadura.

Rendimento de Matéria Seca da Planta Inteira ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$): determinado com o auxílio de uma balança de precisão de marca Magna, onde foram pesadas as amostras das plantas da área útil colhidas aos 100 dias após a semeadura, com posterior secagem em estufa a 105°C por 24 horas;

Matéria Seca (MS%), Matéria Mineral (MM%), Proteína Bruta (PB%), Fibra em Detergente Neutro (FDN%), Fibra em Detergente Ácido (FDA%), Hemicelulose (HEM%) e Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS%).

As análises bromatológicas foram determinadas conforme procedimentos descritos pelo INCT (2012), e a determinação da DIVMS% adotou-se a técnica descrita por Tilley & Terry (1963) (Figura 4).

Figura 4. Coleta de líquido ruminal (A) e incubação das amostras (B)



Fonte: Autor (2017)

Procedimentos estatísticos

As análises de variância dos experimentos foram realizadas seguindo as recomendações de Ferreira (2018) considerando cada cultura separadamente. As médias dos genótipos e das densidades de semeadura de milho e sorgo foram comparados pelo teste F a 5% de probabilidade utilizando o aplicativo Sisvar (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os resultados das análises de variância e coeficientes de variação dos experimentos (1 e 3) na avaliação do valor nutricional da silagem de genótipos de milho em dois espaçamentos de semeadura, para as seguintes variáveis: Rendimento de Massa Verde da Planta Inteira (RMVPI), Rendimento de Matéria Seca da Planta Inteira (RMSPI), Matéria Seca (MS), Matéria Mineral (MM), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente

Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Hemicelulose (HEM) e Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS).

De acordo com o teste F, a fonte de variação genótipos apresentou diferença significativa a 1% de probabilidade para a variável RMVPI. As variáveis RMSPI, MS e DIVMS apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade, enquanto que para as demais variáveis não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Conforme o teste F, a fonte de variação espaçamentos apresentou diferença significativa a 1% de probabilidade para a variável RMVPI, já a variável RMSPI apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade, ao mesmo tempo que, as demais variáveis não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Os coeficientes de variação das variáveis analisadas apresentaram valores entre 4,12% a 12,71, para respectivamente, FDA e RMSPI. Segundo Ferreira (2018), tais valores indicam ótima precisão experimental (RMVPI, MS, MM, PB, FDN, FDA, HEM e DIVMS) e boa precisão experimental (RMSPI).

Tabela 01. Média das variáveis avaliadas na silagem de genótipos de milho em dois espaçamentos e valores de F e de CV. Rio Largo – AL, 2018.

Genótipos	Variáveis								
	RMVPI (t.ha ⁻¹)	RMSPI (t.ha ⁻¹)	MS (%)	MM (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	HEM (%)	DIVMS (%)
Branca	35,87b	11,32b	33,33a	3,77a	6,77a	59,36a	36,34a	23,02a	63,46b
Jabotão	44,56a	13,76a	30,25b	3,91a	7,11a	59,43a	36,05a	23,39a	69,71a
Espaçamentos									
70 (cm)	44,00a	13,73a	32,54a	3,72a	7,06a	59,23a	36,01a	23,22a	66,90a
80 (cm)	36,42b	11,34b	31,04a	3,95a	6,82a	59,56a	36,37a	23,19a	66,27a
Teste F Genótipos	286,81**	17,86*	8,80*	1,02 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,21 ^{ns}	5,87*
Teste F Espaçamentos	172,29**	17,18*	2,08 ^{ns}	2,73 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,06 ^{ns}
CV (%)	9,32	12,71	5,66	6,34	9,40	4,64	4,12	5,83	6,71

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, dentro de genótipos e de espaçamentos, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. ns: Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. **: Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. *: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Nota: RMVPI: Rendimento de Massa Verde da Planta Inteira, RMSPI: Rendimento de Matéria Seca da Planta Inteira, MS: Matéria Seca, MM: Matéria Mineral, PB: Proteína Bruta, FDN: Fibra em Detergente Neutro, FDA: Fibra em Detergente Ácido, HEM: Hemicelulose, DIVMS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, CV: Coeficiente de Variação.

Quanto à variável RMVPI, a variedade crioula Jabotão obteve resultado superior aos rendimentos de massa verde da planta inteira, diferindo estatisticamente da variedade Branca.

Constata-se que os genótipos de milho estudados no presente trabalho apresentaram rendimento de massa verde da planta inteira variando de 35,87 a 44,56 t.ha⁻¹, respectivamente para Branca e Jabotão. Demonstrando boa produtividade de massa verde das variedades analisadas, quando comparados com os resultados obtidos por diversos autores (FERRARI JÚNIOR et al., 2005; MELLO et al., 2005; CANCELLIER et al., 2011; SILVA JÚNIOR et al., 2017).

Resultados inferiores foram detectados por Costa et al. (2017), quando trabalhando com desempenho e produtividade de diferentes variedades de milho, o qual encontraram médias de 9,28 t.ha⁻¹ de massa verde. Segundo Turco (2011), obteve resultados similares para a produção de massa verde.

O rendimento produtivo de massa verde da forragem é uma das principais variáveis a avaliar quando se busca informações sobre determinada cultivar, dando atenção as variáveis de qualidade do material para a produção de volumoso com finalidade da produção de silagem, sendo esta característica para o dimensionamento de silos (FERRARI JÚNIOR et al., 2005).

Apesar da variedade Jabotão apresentar o maior RMVPI em relação ao Branca, quando se observa os valores obtidos de matéria seca da silagem, nota-se que o genótipo Branca tem um teor de MS muito maior comparado ao Jabotão, constatando-se uma maior quantidade de nutrientes na sua composição.

No entanto, para o uso de silagem, é necessário observar a contribuição dos componentes estruturais da planta de cada genótipo (espigas, folhas e colmos), pois nem sempre o genótipo que tenha o maior RMVPI pode ser indicado para essa finalidade, visto que a qualidade da silagem depende do maior percentual de espigas (grãos) e do menor percentual de colmos presente na forragem.

Segundo Silva Junior (2015), avaliando os componentes estruturais da planta em diversos genótipos de milho, verificou que a variedade Jabotão obteve maior RMVPI, corroborando com o presente trabalho, porém, teve como resultado um menor percentual de espigas (35,37%) e maior percentual de colmo (47,61%), enquanto que a variedade Branca obteve um RMVPI inferior ao Jabotão, mas os percentuais de espigas e colmo foram na faixa de 50,82% e 32,67%, respectivamente.

Scapim et al. (2006), analisando produção de massa verde, constataram que há efeitos significativos na interação entre ambiente e genótipo, mostrando que os resultados dos genótipos são diferentes quando trabalhado com manejo e ambientes iguais.

O genótipo Jabotão obteve o maior rendimento de matéria seca diferindo estatisticamente da variedade Branca, respectivamente, 13,76 t.ha⁻¹ e 11,32 t.ha⁻¹, na qual, resultados intermediários ao encontrado por Fonseca et al., 2002; Vasconcelos et al., 2005 com rendimentos que variam entre 8,0 a 23,0 t.ha⁻¹. Os resultados obtidos por Neumann et al. (2017), são intermediários aos resultados obtidos neste experimento ao qual trabalharam com produção de forragem de milho em diferentes densidades de semeadura.

Tais resultados obtidos no presente trabalho são similares ao encontrado por Paziani et al. (2016), ao qual trabalhando com produtividade de milho e sorgo encontraram médias de 11,9 a 20,8 t.ha⁻¹, resultados semelhantes para Fernandes et al. (2004) e Jaremtchuk et al. (2005).

Segundo os resultados obtidos, o genótipo Jabotão apresentou bons resultados para os percentuais de massa verde e matéria seca quando comparado com outros autores (CORDEIRO; CEQUINE, 2008; TURCO, 2011), mostrando que tal genótipo apresenta bom potencial forrageiro, podendo trazer benefícios econômicos para o produtor com o aproveitamento da planta inteira.

Para a variável MS, houve diferença significativa entre os genótipos Branca e Jabotão, sendo encontrados os percentuais 33,33 e 30,25%, respectivamente. Os teores de MS de ambos os genótipos, foram acima dos 25% preconizados por McDonald et al. (1991), como necessária para que as perdas de efluentes dentro do silo sejam minimizadas e, consequentemente, ocorra a manutenção dos nutrientes do material ensilado.

O teor de MS tem grande efeito sobre a qualidade final do material ensilado. Um teor de MS inferior a 25% propicia maior perda por meio de lixiviação e intensa degradação de proteínas, ocasionando baixa qualidade da silagem, além de reduzir a queda de pH causada pelos microrganismos anaeróbios, o que atrasa a fase de estabilidade da silagem, proporcionando maior perda de nutrientes (EVANGELISTA, 1986; OLIVEIRA et al., 2014).

Os valores de MS encontrados no presente trabalho são superiores aos observados por Tomich et al. (2006) e Oliveira et al. (2010).

Lima et al. (2007), considera que o teor mínimo de matéria seca da silagem para que a fermentação se processe em condições adequadas é de 28%. Todos os genótipos avaliados no presente trabalho apresentaram médias para a variável MS acima do percentual sugerido pelo referido autor, indicando que tais genótipos apresentam condições adequadas para uma boa fermentação.

O teor de matéria seca é caracterizado por fazer grande relevância na composição bromatológica da planta, na qual, é a parte do alimento onde está concentrado todo seu valor nutritivo e a partir disso determina-se a produtividade dos nutrientes onde são importantes para o desenvolvimento animal (DUPONT, 2016).

Com relação a variável DIVMS houve diferença significativa entre os genótipos, os valores encontrados foram 63,46% e 69,71% para Branca e Jabotão, respectivamente. Um dos fatores que pode interferir na digestibilidade da matéria seca da silagem é a vitreosidade do grão, que consequentemente afeta a qualidade do volumoso. O valor nutricional de um alimento é reflexo de sua composição química, entretanto, no caso do milho, existem evidências de que o fator físico influencia sua qualidade nutricional, ocasionando um menor

aproveitamento por parte dos animais. Desta forma, o fator físico que pode limitar o valor nutricional está relacionado com a dureza do endosperma.

Existem evidências de que quanto maior a vitreosidade do grão do milho, menor a degradabilidade ruminal do amido da silagem. Correa et al. (2002), observou em sua pesquisa que existe uma correlação negativa e alta entre a vitreosidade e a degradabilidade ruminal do amido. A vitreosidade parecer ser um bom parâmetro para selecionar genótipos de milho com alta digestibilidade ruminal, sendo que a grande deficiência das silagens de milho está relacionada com a baixa digestibilidade do amido no rúmen, resultado da dureza excessiva dos grãos (CORREA et al., 2002).

Outro fator importante que pode estar relacionado com a redução da DIVMS da silagem é a presença elevada dos compostos lignocelulose. Oliveira et al. (2010), a alta percentagem de FDA é uma característica indesejável, pois indica a presença de substâncias pouco aproveitadas pelo animal, como lignocelulose, que são um bom indicativo da qualidade da silagem, pois apresenta correlação negativa com a digestibilidade da matéria seca.

Segundo Rosa et al. (2004), avaliando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de diferentes híbridos de milho para silagem, encontraram valores na faixa de 55,76% a 57,99%, valores inferiores ao encontrado no presente trabalho.

As demais variáveis analisadas (MM, PB, FDN, FDA e HEM) não apresentaram diferenças significativas entre os genótipos de milho. O genótipo Branca apresentou os teores de 3,77% (MM), 6,77% (PB), 59,36% (FDN), 36,34% (FDA) e 23,02% (HEM), no caso do Jabotão, obteve 3,91% (MM), 7,11% (PB), 59,43% (FDN), 36,05% (FDA) e 23,39% (HEM).

É importante conhecer o nível protéico da forragem ou da silagem de milho, que normalmente varia de 6 a 9%, com média ao redor de 7 a 7,5% (CRUZ et al., 2012). De acordo com Van Soest (1994), para o bom funcionamento ruminal é desejável teores de PB próximos a 7%. Contudo, os valores de PB encontrados nos genótipos avaliados, corroboram com Van Soest (1994), Zopollatto e Sarturi (2009) e Cruz et al. (2012).

Os valores encontrados de FDN e FDA nos genótipos de milho corroboram com Valadares Filho et al. (2013). O percentual de FDN é o que indica a quantidade total de fibra do volumoso, tendo relação direta com o consumo dos animais, por sua vez, a FDA está relacionada com digestibilidade do volumoso por evidenciar maior proporção de lignina na fração digestível (ROSA et al., 2004).

O tipo de espaçamento utilizado neste trabalho não influenciou no valor nutricional da silagem, não havendo diferenças significativas para a MS, MM, PB, FDN, FDA, HEM e DIVMS, apenas as variáveis RMVPI e RMSPI apresentaram diferenças significativas. Para a variável RMVPI, os espaçamentos 70 e 80 cm obtiveram-se resultados na faixa de 44,00 t.ha⁻¹ e 36,42 t.ha⁻¹, respectivamente. Já no caso da variável RMSPI, os espaçamentos 70

e 80 cm apresentaram valores de 13,73 t.ha⁻¹ e 11,34 t.ha⁻¹, respectivamente. Observa-se que o aumento da densidade de semeadura proporcionou um aumento no RMVPI e RMSPI, corroborando com Silva Júnior (2017).

Na Tabela 2, constam os resultados das análises de variâncias e coeficientes de variação dos experimentos (2 e 4) na avaliação do valor nutricional da silagem de genótipos de sorgo em dois espaçamentos de semeadura, para as seguintes variáveis: Rendimento de Massa Verde da Planta Inteira (RMVPI), Rendimento de Matéria Seca da Planta Inteira (RMSPI), Matéria Seca (MS), Matéria Mineral (MM), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Hemicelulose (HEM) e Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS).

De acordo com o teste F para a fonte de variação genótipos, observa-se diferenças significativas a 1% de probabilidade para as variáveis: RMVPI, RMSPI e MS, e a 5% de probabilidade para a variável MM, enquanto que as demais variáveis não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação a fonte de variação espaçamentos, o teste F não encontrou diferenças significativas a 5% de probabilidade para todas as variáveis estudadas.

Os coeficientes de variação das variáveis avaliadas apresentaram valores entre 3,83% a 15,23% para respectivamente, MS e PB. Segundo Ferreira (2018), tais valores indicam ótima (RMSPI, MS, FDN, FDA e DIVMS) e boa (RMVPI, MM, PB e HEM) precisão experimental.

Quanto a variável RMVPI, o genótipo SF15 obteve resultado superior aos rendimentos de massa verde da planta inteira e diferiu estatisticamente da variedade IPA-467 com produção de 69,10 e 55,18 t.ha⁻¹, respectivamente. Em relação a variável RMSPI, houve diferença significativa entre os genótipos, aonde o SF15 também obteve o melhor resultado comparado ao IPA-467, apresentaram produção de rendimento de matéria seca na faixa de 20,27 e 14,27 t.ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 02. Média das variáveis avaliadas na silagem de genótipos de sorgo em dois espaçamentos e valores de F e de CV. Rio Largo – AL, 2018.

Genótipos	Variáveis								
	RMVPI (t.ha ⁻¹)	RMSPI (t.ha ⁻¹)	MS (%)	MM (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	HEM (%)	DIVMS (%)
SF15	69,10a	20,27a	29,25a	2,85b	5,12a	71,40a	46,12a	25,28a	58,98a
IPA-467	55,18b	14,27b	27,02b	3,52a	4,28a	68,22a	45,19a	23,03a	59,65a
Espaçamentos									
70 (cm)	65,35a	17,76a	27,87a	3,25a	4,92a	69,67a	45,93a	23,74a	59,20a
80 (cm)	58,93a	16,76a	28,40a	3,12a	4,47a	69,95a	45,38a	24,57a	59,43a
Teste F Genótipos	581,16**	112,42**	12,89**	7,52*	4,15 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,37 ^{ns}	2,42 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Teste F Espaça-mentos	123,71 ^{ns}	2,39 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV (%)	10,25	9,92	3,83	13,12	15,23	6,68	5,87	10,36	9,84

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, dentro de genótipos e de espaçamentos, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. ns: Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. **: Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. *: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Nota: RMVPI: Rendimento de Massa Verde da Planta Inteira, RMSPI: Rendimento de Matéria Seca da Planta Inteira, MS: Matéria Seca, MM: Matéria Mineral, PB: Proteína Bruta, FDN: Fibra em Detergente Neutro, FDA: Fibra em Detergente Ácido, HEM: Hemice-lulose, DIVMS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, CV: Coeficiente de Variação.

Os resultados obtidos para as variáveis RMVPI e RMSPI encontrados neste trabalho foram superiores ao descrito por Silva et al. (2008), ao qual mostram a produtividade de 40 a 60 t.ha⁻¹ para a produção de massa verde e de 15 a 18 t.ha⁻¹ para produção de matéria seca para o genótipo SF15. Resultados também equivalentes ao encontrado por Souza et al. (2005) e Buso et al. (2011), e superior ao encontrado por Albuquerque et al. (2010) e Vale e Azevedo (2013).

Para os valores MS houve diferença significativa entre os genótipos de sorgo. O sor-go SF15 além de apresentar o maior rendimento de massa verde, também apresentou o maior teor de MS. Segundo Skonieski et al. (2010), porcentagem de MS do sorgo varia de acordo com a idade de corte e com a proporção dos diferentes constituintes dessa forra-geira. Os valores encontrados no presente trabalho estão de acordo com McDonald et al. (1991), aonde afirma que um teor de MS igual ou superior a 20% associado a um adequado teor de carboidratos solúveis seriam suficientes para se produzir silagem de boa qualidade.

O conhecimento sobre o teor de matéria seca (MS) nas forragens é de suma importân-cia, onde as dietas de ruminantes são formuladas com base na MS, onde exigem quantidades específicas dos nutrientes que se concentram na MS dos alimentos, para atender as suas exigências nutricionais para produção e manutenção (MCDONALD et al., 1991).

Para a variável MM, houve diferença significativa entre os genótipos, aonde o SF15 apresentou teor de 2,85% e o IPA-467 3,52%, sendo mais rico em minerais na sua com-posição. Não houve diferença significativa para as variáveis PB, FDN, FDA, HEM e DIVMS para os genótipos avaliados. Sendo que os valores observados neste experimento para PB, FDN, FDA e DIVMS são semelhantes ao encontrado por Rodrigues Filho et al. (2006) e Castro et al. (2008).

A ingestão de silagem é inversamente relacionada ao conteúdo de FDN. Mais especificamente, depende do conteúdo de parede celular indigestível. No trato gastrointestinal, essa fibra indigestível ocupa espaço, diminuindo desta forma a taxa de passagem e o consumo (ZANINE et al., 2006). Segundo Cruz et al. (2011), valores de FDN nas silagens inferiores a 50% são mais desejáveis.

O alto percentual de FDA é uma característica indesejável, pois indica a presença de compostos pouco aproveitáveis pelo animal, como lignocelulose, que acaba sendo um bom indicador da qualidade da silagem, pois apresenta correlação negativa com a digestibilidade da matéria seca (OLIVEIRA et al., 2010).

Os valores obtidos da DIVMS neste trabalho estão de acordo com os valores observados por Brito et al. (2000) e Pires et al. (2013). Para todas as variáveis avaliadas no presente trabalho, os tipos de espaçamentos entre linhas não diferiram estatisticamente para produção de massa verde e matéria seca, assim como na qualidade da silagem em nenhum dos genótipos, corroborando com o trabalho de Avelino et al. (2011), onde trabalharam com três tipos de espaçamentos (1,0; 0,75 e 0,5 m) e com os resultados de Dantas et al. (2016).

CONCLUSÕES

O genótipo de milho Jabotão apresentou os melhores resultados para a produção de forragem e elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca.

O genótipo de sorgo SF15 obteve os melhores resultados para a produção de forragem e apresenta mais nutrientes em sua composição.

As densidades de semeadura (0,70 e 0,80 m) não interferiram no valor nutricional da silagem dos genótipos de milho e sorgo.

■ REFERÊNCIAS

1. ALBUQUERQUE, C. J. B.; PARRELA, R. A. C.; TARDIN, F. D. Potencial Forrageiro de Cultivares de Sorgo Sacarino em Diferentes Arranjos de Plantas e Localidades de Minas Gerais. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1 CD-ROM, 2010.
2. ARCURI, P. B. et al. Microbiologia do rúmen. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (org.). **Nutrição de Ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Editora Funep, 2011. p. 115-116.
3. AVELINO, P. M. et al. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 208-215, 2011.

4. BITENCOURT, L. L. **Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melão de soja em vacas leiteiras**. 2012. 130 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
5. BRITO, A. F. et al. Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench). III. Valor nutritivo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, p. 498-505, 2000.
6. BUZO, W. H. D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, v. 5, n. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.
7. CABRAL, L. S. et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gases, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2332-2339, 2002.
8. CANCELLIER, L. L. et al. Potencial forrageiro de populações de milho no sul do Estado de Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 77-87, 2011.
9. CASTRO, O. P. C. M. et al. Composição bromatológica da silagem de sorgo com níveis crescentes de girassol. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008. Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2008.
10. CORDEIRO, L. A.; CEQUINE, L. Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem em área comercial em Unaí-MG. **Revista Factu Ciência**, v. 15, n. 8, p. 145, 2008.
11. CORREA, C. E. S. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.
12. CORREA, R. A. et al. Consumo e digestibilidade aparente de alguns componentes nutritivos da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) com ou sem aditivos, em ovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 152, 2007.
13. COSTA, M. N. F. et al. Desempenho e produtividade do milho em função do cultivar e da adubação de cobertura em regime de sequeiro no Cariri-CE. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 3, p. 310-319, 2017.
14. CRUZ, J. C. et al. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.
15. CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. GONTIJO NETO, M. M. **Milho para silagem**. Sete Lagoas, MG: Agencia Embrapa de Informação tecnológica, Embrapa Milho e Sorgo, 2012.
16. DANTAS, T. F.; FERRARI, J. V.; MATOSO, A. O. M.; CRUZ, L. T. Avaliação do sorgo forrageiro em diferentes épocas de colheita. In: VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO, 2016, São Paulo. **Anais...** Jales, 2016.
17. DUPONT. **Análise bromatológica da silagem**. Portal DuPont Pioneer, 2016. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/milho/silagem/analisebromatologica>>. Acesso em: 08 de dez. de 2018.
18. EVANGELISTA, A. R. **Consórcio milho-soja e sorgo-soja: rendimento forrageiro, qualidade e valor nutritivo das silagens**. 1986. 77 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de Viçosa, Viçosa, 1986.

19. FERNANDES, L. O. et al. Avaliação de cultivares de milho e sorgo para produção de silagem: desempenho animal, produção e composição química da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004.
20. FERRARI JUNIOR, E. et al. Características agronômicas, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. **Boletim Indústria Animal**, v. 62, n. 1, p. 19-27, 2005.
21. FERREIRA, D. F. **Programa SISVAR: sistema de análise de variância**, Versão 5.6 (Build 86), Lavras: DEX/UFLA, 2003.
22. FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada às ciências agrárias**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2018.
23. FONSECA, A. H. et al. Desempenho de cultivares de milho em relação às características agronômicas, químicas e degradabilidade da silagem. **Revista Ceres**, v. 49, n. 282, p. 109-122, 2002.
24. GOMES, S. O. et al. Comportamento agrônomo e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.
25. INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CIÊNCIA ANIMAL. **Métodos para análise de alimentos**. Viçosa, MG, 2012.
26. JAREMTCHUK, A. R. et al. Características agronômicas e bromatológica de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum of Animal Science**, v. 27, n. 2, p. 191-188, 2005.
27. KIM, S. C.; ADESOGAN, A. T. Influence of ensiling temperature, simulated rainfall, and delayed sealing on fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. **Journal Dairy Science**, v. 89, n. 8, p. 3122-3132, 2006.
28. LIMA, J. A. et al. Composição química da silagem de plantas de milho com e sem espigas. **Boletim Indústria Animal**, v. 64, n. 3, p. 207-212, 2007.
29. LOURENÇO JÚNIOR, J. B. et al. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA. 1., 2004, Belém. **Anais...** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004. p. 83- 100.
30. MACHADO, F. S. et al. Fibra na alimentação de gado de leite. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 152-183.
31. MAGALHÃES, R. T. et al. Estimativa da degradabilidade ruminal de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) utilizando a técnica *in situ*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 4, p. 483-490, 2005.
32. MARIN, C. M. et al. Fatores que podem influenciar a digestibilidade dos alimentos em ruminantes. **Ciências Agrárias e da Saúde**, v. 3, n. 1, p. 64-68, 2003.
33. MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F. Utilização de sorgo como alternativa na produção de silagem. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 177-187, 2013.
34. McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Pub, 1991. 40 p.

35. MELLO, R. Silage de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2004.
36. MELLO, R.; et al. Características produtivas e Qualitativas de Híbridos de Milho para Produção de Silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 79-94, 2005.
37. MENEZES, R. G. **Consumo alimentar residual, digestibilidade aparente e comportamento ingestivo de touros da raça nelore**. 2014. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
38. MENEZES, R. G. **Consumo alimentar residual, digestibilidade aparente e comportamento ingestivo de touros da raça nelore**. 2014. 42p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
39. MERTENS, D. R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES, 1994, Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin: Informational conference with dairy and forages industries, 1994. p. 81-92.
40. MIRANDA, A. R.; DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C. **Sistema de produção – Cultivo do milho**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.
41. NEUMANN, M. et al. Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 1, p. 120-133, 2004.
42. NEUMANN, M. et al. Cultura de sorgo: potencial dos materiais disponíveis para produção de silagem de qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5., 2014, Maringá. **Anais do V Simpósio: Produção e utilização de forragens conservadas**. Maringá: Nova Sthampa, 2014. p. 89 – 116.
43. NEUMANN, M. et al. Produção de forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e épocas de colheita. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 2, p. 204-216, 2017.
44. OLIVEIRA, L. B. et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n. 1, p. 61-67, 2010.
45. OLIVEIRA, P. C. S. et al. Qualidade na produção de silagem de milho. **PUBVET**, v. 8, n. 4, Ed. 253, Art. 1672, 2014.
46. PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, G. L. Transferência de tecnologia: produção de milho e sorgo para silagem na safra 2014/2015. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 13, n. 1, 2016.
47. PILAR, R. C. et al. Silagens de milho (*Zea mays*, L.) ou capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Napier para alimentação de terneiros de corte confinados. **Ciência Rural**, v. 24, n. 2, p. 387-392, 1994.
48. PIONEER. **Silagem de milho**. 2. ed. s.l., 1993. (Pioneer. Informe Técnico, 6).
49. PIRES, D. A. A. et al. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 12, n. 1, p. 68-77, 2013.
50. RESTLE, J. et al. Apreciação econômica da terminação em confinamento de novilhos Red Angus super jovens abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.4, p. 978-986, 2007.

51. RESTLE, J. et al. Avaliação da silagem de capim papuã (*Brachiaria plantaginea*) por meio do desempenho de bezerros de corte confinados. **Ciência Rural**, v.33, n. 4, p. 749-756, 2003.
52. RODRIGUES FILHO, O. et al. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L) Moench] submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 37-48, 2006.
53. ROSA, J. R. P. et al. Avaliação do comportamento agrônomo da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 302-312, 2004.
54. SALMAN, A. K. D. et al. **Metodologia para avaliação dos alimentos para ruminantes domésticos**. 1. ed. Porto Velho, RO: EMBRAPA, 2010. p. 9-10.
55. SANGOI, L. et al. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages, SC: Graphel, 2010. p. 64.
56. SANTOS, D. F. et al. Avaliação de genótipos de milho em sistema adensado de cultivo para produção de silagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 8., 2015, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2015.
57. SCAPIM, C. A. et al. Combining ability of white grain popcorn populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.6, p.136-143, 2006.
58. SILVA JUNIOR, A. B. **Desempenho de genótipos de milho sob diferentes espaçamentos entre linhas para múltipla aptidão**. 2015. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2015.
59. SILVA JÚNIOR, A. B. et al. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob diferentes arranjos espaciais para a produção de silagem. **Ciência Agrícola**, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2017.
60. SILVA, B. C. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes e ganho de peso de bovinos de corte alimentados com silagem de *Brachiaria brizantha* e concentrado em diferentes proporções. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 1060-1069, 2005.
61. SILVA, E. T. et al. Produção de milho (*Zea mays* L.) em consórcios com gramíneas forrageiras. **Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 29- 34, 2008.
62. SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos Ruminantes**. Piracicaba: Livrões, 1979.
63. SKONIESKI, F. R. et al. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 27-32, 2010.
64. SOUZA, C. C. et al. Produtividade do sorgo granífero cv. sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 512-517, 2005.
65. SOUZA, J. L. et al. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 2, p. 131-141, 2004.

66. TABOSA, J. N. et al. Potencial do Sorgo Granífero em Pernambuco e no Rio Grande do Norte – Resultados obtidos com e sem irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2008, Londrina. **Anais**. Londrina:SBZ, 2008.
67. TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Grass and Forage Science**. v.18, n. 2, p. 104-111, 1963.
68. TOMICH, T. R. et al. Valor nutricional de híbridos de sorgo com capim-Sudão em comparação ao det al. volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n. 6, p. 1249-1252, 2006.
69. TOMICH, T. R. Qualidade na produção de silagens. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 2012, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2012. p. 87-114.
70. TURCO, G. M. S. **Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio**. 2011. 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2011.
71. VALADARES FILHO, S. C. et al. CQBAL 3.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em: <www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 06 de dez. 2018.
72. VALE, M. B.; AZEVEDO, P. V. Avaliação da produtividade e qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador. **HOLOS**, v. 3, n. 29, p. 181-195, 2013.
73. VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994.
74. VASCONCELOS, R. C. et al. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 6, p. 1139-1145, 2005.
75. ZANINE, A. M.; MACEDO, J. G. L. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n. 4, p. 1-12, 2006.
76. ZOPOLLATO, M.; SARTURI, J. O. Optimization of the animal production system based on the selection of corn cultivars for silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 1., São Pedro, 2009. **Proceedings...** Piracicaba, 2009. p. 73-90.

SOBRE O ORGANIZADOR

Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke

Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2005), mestrado em Ciências Veterinárias (área de Produção Animal) pela Universidade Federal do Paraná (2007), e doutorado em Zootecnia (área de Produção Animal) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2016). Atualmente é professor adjunto (Nível II) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Uruguaiana. É Coordenador do Grupo de Pesquisa em Avicultura e Suinocultura (GPAS) da Unipampa, e participante do Grupo de Pesquisa e Extensão em Nutrição de Aves e Suínos (PENAS) (CNPq: dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/7225544038441245) da UTFPR, campus Dois Vizinhos, e do Grupo de Pesquisa em Suinocultura da Unipampa Itaquí (GPSUI) da Unipampa, campus Itaquí. Tem experiência na área de nutrição e produção de aves e suínos, e tratamento de dejetos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidificantes: 233, 234, 244, 246, 247, 248, 250

Adubação Orgânica: 63

Alimentação: 54, 133, 182, 231, 251, 317, 318

Alimento Alternativo: 305

Apiário: 295, 300

Aprovechamiento de Recursos: 156

Avicultura: 323, 332

Avicultura: 360

B

Biotecnologias: 149

Bovinos: 22, 132, 133, 149, 359

Bovinos de Corte: 52, 124, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 153, 358

Brachiaria Brizantha: 63, 64, 65, 121, 122, 358

Brycon: 223, 225, 230, 231

C

Calibração: 26

Carcass: 40, 104, 120, 202, 203, 256, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 280

Chã Preta: 294, 295, 296, 300, 301

Colossoma: 182, 183, 185, 223, 224, 225, 230, 231

Composição Bromatológica: 57, 285, 287, 290, 336, 337, 343, 346, 350, 358

Composição do Leite: 316, 317, 320

Confinamento: 59, 61, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 142, 230, 306, 339, 357

Consumo de Água: 97, 99, 101, 102

Consumo de Ração: 32, 89, 91, 92, 93, 97, 101, 216, 239, 240, 241

Conversão Alimentar: 27, 32, 97, 99, 101, 102, 216, 239

Cordeiros: 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 292, 305, 307, 313

D

Decision Support: 107

Desempenho: 8, 60, 96, 132, 133, 181, 201, 216, 231, 355, 356, 358

Digestibilidade: 27, 30, 31, 33, 40, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 135, 137, 142, 143, 144, 207, 214, 216, 220, 242, 243, 336, 337, 339, 340, 341, 342, 343, 346, 350, 351, 354, 355, 356, 357, 358

Digestibilidade in Vitro: 65, 66, 67, 71, 72, 75, 336, 341, 351, 355

Duplo Propósito: 54

E

Eficiência Produtiva: 81

Enzimas: 31, 138, 142, 215, 217, 233, 234, 237, 242, 243, 247, 248

Estocagem: 182, 184, 185, 300, 323, 324, 325, 326, 327, 329, 330, 331, 333, 334

F

Fazendas Leiteiras: 316

Fisiologia Animal: 305

Forage Management: 107

Forest Plot: 188, 190, 192, 195, 200

Forragicultura: 63

Frequência: 43, 46, 47, 48, 49, 145, 308, 310

Fungos: 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 137, 247

G

Gain: 107, 109, 110, 112, 119, 120, 203, 256, 271, 272, 273, 276, 278

Ganho de Peso: 32, 97, 99, 101, 102, 130, 183, 184, 195, 215, 216, 231, 239, 240, 241, 243, 358

Glutamina: 103, 105, 233, 234, 237, 238, 239

Grasslands: 119, 255, 256, 265, 266

Guaiacila: 63, 68, 71, 73, 74, 75, 76, 77

H

Heterotróficos: 181

Hidroxifenila: 63, 68, 71, 73, 74, 75

Holandês: 316, 317, 318, 319, 320

I

Imunidade: 89, 189, 206, 210, 240, 247

Indicadores de Sustentabilidade: 8, 155, 156, 163, 172, 174, 178

Índice de Durabilidade de Péletes: 26, 32

Instrução Normativa: 316

J

Jersey: 151, 316, 318, 319, 320

L

Lechería Especializada: 156, 157, 158, 163, 164, 167, 169, 172, 174, 175, 176, 178

Leitões Lactantes: 81

M

Manejo: 81, 86, 89, 122, 230

Meals: 269, 293

Meat: 202, 204, 219, 221, 249, 265, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 275, 277, 278, 279, 280, 281

Melipona Scutellaris: 10, 294, 295, 296, 297, 298, 301

Meta-Análise: 187, 188, 189, 190, 191, 192,

193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 206, 216, 217, 218, 219, 221, 232, 233, 235, 236, 238, 239, 243, 248

Meta-Análise: 21, 22, 23

Metabolismo: 137, 145, 202, 223, 266

MEVEZUG: 9, 255, 256, 260, 264

Microbiota: 146, 206, 207, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 219, 220, 234, 237, 244, 245, 246, 249, 250, 254, 299, 300

Milho: 30, 31, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 50, 51, 52, 54, 56, 65, 71, 98, 99, 125, 126, 128, 130, 137, 241, 242, 243, 284, 318, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 347, 348, 349, 350, 351, 354, 355, 356, 357, 358, 359

Modelos de Regresión: 156

Modelos Matemáticos: 26, 35, 37, 129

Morfologia: 54, 60, 61

Morfologia Intestinal: 206, 207, 217, 245

Multivariate Methods: 107

N

Native: 39, 255, 256, 266, 292

Nutrição: 33, 35, 66, 84, 97, 105, 134, 136, 141, 142, 144, 145, 146, 188, 189, 191, 199, 201, 202, 207, 229, 234, 236, 237, 249, 251, 296, 305, 358, 359

Nutrição: 360

Nutrição Animal: 33, 66, 97, 136, 141, 142, 144, 145

Nutrição de Ruminantes: 136, 305, 359

O

Ovinos: 54, 60, 259, 266, 313

P

Palma Forrageira: 305, 307, 311, 312, 313

Peso: 27, 32, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 84, 89, 90, 92, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 125, 128, 129, 130, 131, 142, 172, 181, 183, 184, 189, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 198, 199, 200, 215, 216, 217, 218, 231, 239, 240, 241, 243,

246, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 287, 305, 307, 325, 326, 327, 328, 331, 338, 342, 345, 358

Piaractus: 8, 180, 181, 182, 183, 185, 223, 224, 225, 230, 231

Polissacarídeos não Amiláceos: 135, 249

Porcas: 135, 138, 142, 143, 144, 146, 187, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 204, 213, 214, 237

PRISMA: 12, 18, 19, 21, 23

Protein: 94, 104, 121, 219, 231, 249, 252, 265, 269, 270, 271, 293, 332, 334

Q

Qualidade de Ovos: 323, 326, 330, 332

Quality: 37, 38, 39, 40, 108, 117, 119, 122, 185, 186, 202, 204, 219, 221, 231, 249, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 274, 275, 277, 278, 279, 280, 281, 321, 332, 333, 334

R

Reprodução Animal: 149

Resistência: 283, 287

Ruminantes: 40, 132, 136, 137, 138, 146, 147, 249, 251, 284, 285, 293, 305, 311, 336, 337, 338, 339, 343, 353, 356, 358, 359

Ruminantes: 219, 283, 354, 358

Ruminant Nutrition: 107

S

Sêmen: 149

Silagem de Milho: 42, 43, 48, 50, 51, 52, 318, 339, 340, 341, 342, 351, 355, 357

Siringila: 63, 68, 71, 73, 74, 75, 76, 77

Sistema: 33, 34, 35, 36, 55, 67, 81, 84, 85, 91, 92, 93, 98, 102, 103, 105, 126, 127, 141, 157, 158, 169, 170, 174, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 208, 209, 211, 212, 215, 230, 234, 237, 238, 239, 240, 244, 245, 257, 259, 312, 319, 324, 339, 356, 358

Subprodutos: 283

Suíños: 25, 26, 27, 29, 30, 31, 36, 81, 82, 83, 84, 85, 90, 95, 105, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 144, 145, 146, 147, 188, 191, 192, 201, 204, 208, 210, 214, 215, 234, 236, 237, 242, 243, 244, 246, 249, 250, 251

Suíños: 360

Suplementação: 104, 283

T

Tecnificación: 156

Tempo de Prateleira: 323, 324, 330

Termotolerantes: 295, 301, 302

V

Validação: 26, 36, 37

Vitamina C: 199, 233, 234, 240, 241

W

Weight: 39, 94, 110, 202, 221, 256, 266, 267, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279



editora científica



ISBN 978-658719642-8



9

786587

196428



editora científica