SIMBRAS

XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

Os novos OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL em nível global

ANAIS DE PALESTRAS

Editores:

Rogério de Paula Lana
Geicimara Guimarães
Flávio Medeiros Vieites
Cleide Maria Ferreira Pinto
Cristina Mattos Veloso
Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto

ISBN: 978-65-00-80953-4

XI SIMBRAS

XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

OS NOVOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM NÍVEL GLOBAL

ANAIS DE PALESTRAS

ISBN: 978-65-00-80953-4

Editores
Rogério de Paula Lana
Geicimara Guimarães
Flávio Medeiros Vieites
Cleide Maria Ferreira Pinto
Cristina Mattos Veloso
Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto

05 a 07 de outubro de 2023.
Viçosa - MG

XI SIMBRAS

XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

OS NOVOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM NÍVEL GLOBAL

Os novos objetivos de desenvolvimento sustentável em nível global (livro eletrônico) / editor Rogério de Paula Lana. – 1. ed. –Viçosa, MG : Ed. do Autor, 2023.

PDF

ISBN: 978-65-00-80953-4

1. Agricultura. 2. Agropecuária. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Inovações tecnológicas. I. Lana, Rogério de Paula.

CDD – 6.30-23-173132

Índices para catálogo sistemático:

1. Agricultura 630

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

Realização

Universidade Federal de Viçosa – UFV

Departamento de Zootecnia – UFV

Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Global Gestão – Projetos e Parcerias

Apoio

Capes Fundação Facev Fundação Funarbe Reinvente-se

Diagramação: José Roberto da Silva Lana **Arte:** Márcio Teixeira Bravim

Contato: Global Gestão – Projetos e Parcerias - www.globalgestao.net.br

XI SIMBRAS

XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL
VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL
OS NOVOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM NÍVEL GLOBAL

PRESIDENTE

Rogério de Paula Lana - Universidade Federal de Viçosa.

COMISSÃO COORDENADORA E COMITE CIENTÍFICO

Ana Lídia Coutinho Galvão – Universidade Federal de Viçosa.

Ana Paula Moura Rezende – Universidade Federal de Juiz de Fora.

Anderson De Moura Zanine – Universidade Federal do Maranhão.

Carolina Viana Lima – Universidade Federal de Juiz de Fora.

Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto – Técnica em Leite e Derivados – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG – (1986 a maio de 2020).

Cleide Maria Ferreira Pinto – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/UFV.

Cristina Mattos Veloso – Universidade Federal de Viçosa.

Daniel Carneiro de Abreu – Universidade Federal do Mato Grosso.

Daniela de Melo Aguiar – Universidade Federal de Juiz de Fora.

Fabriccio de Pádua Viana – Desenvolvedor de TI.

Flávio Medeiros Vieites – Universidade Federal de Juiz de Fora.

Geicimara Guimarães – Global Gestão – Projetos e Parcerias.

Girlaine Pereira Oliveira-Centro Universitário Vértice- Univértix.

Gumercindo Souza Lima – Universidade Federal de Viçosa.

Gustavo Leonardo Simão – Universidade Federal do Espirito Santo.

Henrique Nunes Parente – Universidade Federal do Maranhão.

Jaime Fabián Cruz Uribe – Universidad Antonio Nariño, Colômbia.

Jorge Cunha Lima Muniz – Universidade Federal de Viçosa.

Júlia Vignoli Guzella Barbosa Leite – Universidade Federal de Juiz de Fora -

Luciano Saraiva Santos- Universidade Federal de Viçosa.

Marcelo Henrique Otenio – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Marcelo Ribeiro Da Silva – Universidade Federal de Juiz de Fora.

Maria Regina de Miranda Souza – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais.

Márcio Teixeira Bravim – Universidade Federal de Viçosa.

Maria da Penha Piccolo – Universidade Federal do Espírito Santo.

Mariana Vieira de Paula – Universidade Federal de Juiz de Fora.

Mario Villaquiran Penaranda – Oklahoma State University.

Micael Barreiros Ricato – Universidade Federal de Viçosa.

Milena Amorim dos Santos – Universidade Federal de Juiz de Fora.

Renata de Souza Reis – Universidade Federal de São João del-Rei.

Rogério de Paula Lana – Universidade Federal de Viçosa.

Rosane Claudia Rodrigues – Universidade Federal do Maranhão.

Sérgio Mauricio Lopes Donzeles – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais.

Tatiana Cristina da Rocha – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Taynah Cristina Ferreira Monteiro – Universidade Federal de Viçosa.

Urbano Dos Santos Ruiz – USP (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz).

Vanessa Aglaê Martins Teodoro – Universidade Federal de Juiz de Fora.

Wallace Emanuel de Lima Silva - Universidade Federal de Juiz de Fora.

Editorial

Este livro visa publicar os textos referentes às palestras e minicursos do XI Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável/VIII Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável, tendo como tema "Os novos objetivos de desenvolvimento sustentável em nível global".

As publicações abordam temas relevantes, tais como: gado bovino crioulo colombiano, técnicas sustentáveis na nutrição de suínos, planejamento das ações de extensão rural, zootecnia de precisão na sustentabilidade e ambiência, uso de antibióticos naturais na área de alimentos, uso de insetos para alimentação animal, perspectivas de produção de alimentos, boas práticas agrícolas no cultivo de hortaliças, boas práticas de fabricação na agroindústria familiar, manejo de dejetos e a sustentabilidade leiteira, importância da conservação da fauna silvestre, práticas sustentáveis na agropecuária com reuso de efluentes, tecnologia de fabricação de queijo Minas Frescal e bebidas lácteas, nutrição de animais não ruminantes e avicultura agroecológica.

Desejamos a todos uma ótima leitura!

Os editores.

Índice

Palestras	Página
1. El ganado bovino criollo colombiano como recurso para la adaptación al cambio climático y la sustentabilidad – Jaime Fabián Cruz Uribe, Flávio Medeiros Vieites, Christiane Silva Souza, Girlaine Pereira Oliveira	11
2. Herramientas sostenibles de nutrición porcina en línea de engorde y su impacto sobre el medio ambiente y productividad – Diego Rodríguez Saldaña, Flávio Medeiros Vieites, Jimmy Quisirumbay Gaibor, Andrés Haro Haro, Mateo Rodríguez Bravo[7], Juan Ramonez Cárdenas	22
3. Planejamento das ações de extensão rural para produtores e profissionais em Mato Grosso – Jordane Aparecida Vieira dos Reis, Aaron Kinyu Hoshide, John Robert Vreyens, André Soares de Oliveira, Vanessa Aparecida Moreira de Barros, Wininton Mendes da Silva, Luana Molossi, Jessica Lima Viana, Ronaldo Alves de Oliveira, Karolyne Vieira Bassetto, Sylvia Sanae Takishita e Daniel Carneiro de Abreu	60
4. Zootecnia de precisão na sustentabilidade e ambiência: conceitos, aplicações e tendências – Kécia Martins Bastos, Mateus Henrique Reis Coelho, Kelvin Rodrigues Kelles, Renata de Souza Reis, Lucas Josemar Bucholz Buettner dos Santos, Jardel Perrud Barcelos, Sheila Tavares Nascimento	99
5. Uso de antibióticos naturais na área de alimentos – João Paulo Natalino de Sá, Simone Mazzutti, Angelise Durigon	119

6. O uso de insetos para alimentação animal na agricultura familiar – Tatiana Cristina da Rocha, Elayna Cristina da Silva Maciel, Edmile da Silva Faria, Andreia Santos do Nascimento 129

7. Perspectivas de produção de alimentos frente às limitações de recursos naturais, poluição ambiental e crescimento populacional mundial – Rogério de Paula Lana 143

8. Boas práticas agrícolas no cultivo de hortaliças – Cleide Maria Ferreira Pinto, Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto, Geicimara Guimarães, Sérgio Maurício Lopes Donzeles, Wellington Souto Ribeiro, Maria Regina Miranda de Souza 151

9. Boas práticas de fabricação (BPF) na agroindústria familiar – Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto, Cleide Maria Ferreira Pinto, Sérgio Maurício Lopes Donzeles, Maria Regina de Miranda Souza, Michele Lopes Pereira, Geicimara Guimarães 191

10. Manejo de dejetos e a sustentabilidade da pecuária leiteira – Marcelo Henrique Otenio, Clérison Wagner Nascimento, Guilherme Henrique da Silva, Larice Aparecida Rezende Santana, Camila Souza Coelli, Felipe Ferreira Coelho 215

11. A importância da conservação da fauna silvestre para uma agropecuáriasustentável – Maria Eduarda Souza Silva, Felippe Augusto Silva Frigo, Laura Pereira Mattoso, Thiago José Santana Ferreira, Renata de Souza Reis 232

12. Práticas sustentáveis na agropecuária com reuso de efluentes, para garantia da segurança alimentar das famílias – Lucas Cardoso Lima, Ronaldo Fia, Mateus Pimentel de Matos, Fátima Resende Luiz Fia 241

13. Tecnologia de fabricação de queijo minas frescal e utilização do soro na elaboração de bebida láctea não fermentada e bebida láctea fermentada – Maria da Penha Piccolo, Julianne Soares Jardim Lacerda Batista, Ingrid Matiéli Lima, Alessandra de Fátima Ulisses, Michelle de Medeiros Carvalho 255

14. Nutrição de animais não-ruminantes: um compromisso real – Alerrandro Fernandes Silva, Beatriz Costa Pinheiro de Freitas, Pedro de Carvalho Gaio, Renata de Souza Reis, Alexandre de Oliveira Teixeira 269

15. Avicultura agroecológica – sustentabilidade e agregação de valor na cadeia produtiva de ovos – Christiane Silva Souza, Flávio Medeiros Vieites, Cibele Silva Minafra, Jaime Fabián Cruz Uribe, Girlaine Pereira Oliveira, Diogo Bispo de Souza 286

16. Desenvolvimento rural sustentável – Identificação das demandas e metodologias participativas na elaboração de políticas públicas – Rodrigo Lopes de Almeida 299

EL GANADO BOVINO CRIOLLO COLOMBIANO COMO RECURSO PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SUSTENTABILIDAD

Jaime Fabián Cruz Uribe[1], Flávio Medeiros Vieites[2], Christiane Silva Souza[3], Girlaine Pereira Oliveira[4]

RESUMEN - Colombia es el país de américa latina con mayor diversidad de razas bovinas criollas. Estas han sido fundamentales en la seguridad y soberanía alimentaria del país. A pesar de sus bondades de adaptación, rusticidad y fertilidad, las razas bovinas criollas colombianas han llegado al borde de su extinción mediante procesos de cruzamientos absorbentes. Hoy son un recurso invaluable para que los productores se adapten y afronten los procesos de cambio climático y que sus sistemas productivos sean sostenibles.

Palabras clave: bovinos criollos, resistencia, rusticidad, versatilidad.

COLOMBIAN CREOLE CATTLE AS A RESOURCE FOR ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE AND SUSTAINABILITY

ABSTRACT - Colombia is the Latin American country with the greatest diversity of Creole bovine breeds. These have been fundamental in the security and food sovereignty of the country. Despite their good adaptation, rusticity and fertility, Colombian Creole bovine breeds have reached the brink of extinction through absorbent crossbreeding processes. Today they are an invaluable resource for producers to

[1] Docente Universidad Antonio Nariño, Facultad de Medicina Veterinaria - Bogotá, Colombia.

[2] [2]Docente da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora-MG, Brasil.

[3] Zootecnista da Secretaria de Desenvolvimento Agrário – SEDA, Iguatu-CE, Brasil

[4] Docente do Centro Universitário Vértice- Univértix- Matipó-MG, Brasil.

adapt and face climate change processes and for their production systems to be sustainable.

Keywords: creole cattle, resistance, rusticity, versatility.

Introducción

Los bovinos criollos de hispanoamérica son descendientes directos de los animales que llegaron en el segundo viaje de Colón a la isla de La Española em 1493. Rouse (1977) afirmo que podrían provenir de animales de las razas Retinta, Berrenda, Cacereña y Andaluza Negra entre otras. Se estima que la raza criolla Caracú de Brasil, posee similitudes con las de hispanoamérica por la proximidad geográfica de sus orígenes, entre otras las razas Minhota, Barrosa, Arouquesa y Mirandesa de Portugal. Desde 1524 existen registros del proceso de dispersión de los bovinos por los diferentes sistemas ecológicos de América, convirtiéndose en el apoyo de la expansión colonizadora del sur del continente.

Durante dicho proceso, en las Colonias se popularizó el uso del término "Criollo", para referirse a los hijos nacidos en América cuyos padres eran europeos. Este término se aplicó también para reseñar plantas y animales incluyendo los bovinos (Parra-Cortés y Magaña-Magaña,2019). La selección generada por las condiciones ecológicas tropicales y subtropicales, fueron desarrollando durante casi 500 años una ganadería criolla adaptada las condiciones ecológicas particulares de cada región. Su capacidad para subsistir y reproducirse, fueron las principales bondades que permitieron el abastecimiento de las comunidades de entonces, convirtiéndose la rusticidad por tanto, en la principal característica de estas razas (Beteta, 1997).

Colonos y misiones religiosas como los Jesuitas, contribuyeron a la expansión de los bovinos por el sur del continente. En Colombia, se forman 7 razas (Imagen 1). Las razas Costeño con Cuernos y Romosinuano en la región Caribe, las razas Blanco Orejinegro (BON), Hartón del Valle y Chino Santandereano en la región Andina, y las razas Casanareño y San Martinero en las sabanas orientales. En Ecuador y Perú, se formaron los grupos denominados Chuscos, Serranos y Criollo de las Sierras. En Bolivia se referencian los rebaños de Criollo Yacumeño. En Venezuela los núcleos de Limonero. En Brasil se

reconocen como raza a los animales Caracú desde 1909 y puede considerarse como una raza nacional. También a partir de vacunos sin cuernos, la raza Mocho Nacional se selecciona desde 1911 en este país. Otras razas criollas también se han trabajado, tales como la Curraleiro o Pie-duro (nordeste brasilero), la Pantaneiro en Mato Grosso, o el criollo Lageano de la región de Lages – Santa Catarina. En Argentina la raza Criollo Chaqueña (Primo, 1992).

Todas estas razas tienen en común su sobresaliente fertilidad, habilidad materna y longevidad. Su piel pigmentada y ombligo corto. Su desprendimiento alto de la cola. Su facilidad de parto y alta supervivencia de los terneros. Los machos tienen alta actividad sexual. Todas poseen cuernos con excepción de las razas Romosinuano, Mocho Nacional y Caracú (Variedad mocha). La capa predominante en ellas es de color amarillo claro a rojo cereza, excepto la BON, Criolla Lageana y las criollas de Argentina y Uruguay (Primo, 1992).

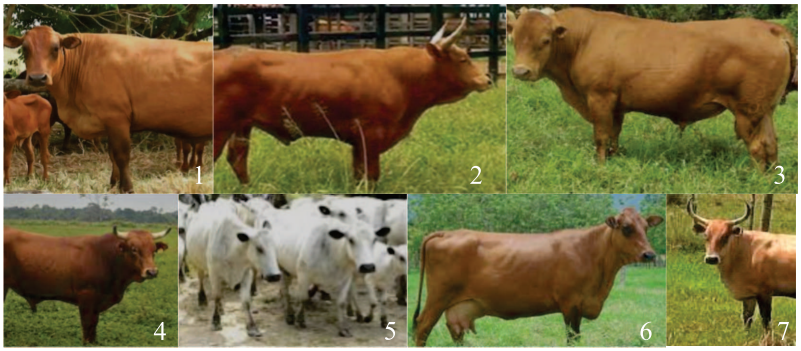


Imagen 1 - Razas bovinas criollas colombianas. (1. Chino santandereano; 2. Costeño con cuernos; 3. Romosinuano; 4. San martinero; 5. BON; 6. Hartón del Valle; 7. Casanareño).

Situación actual de las razas criollas en Colombia

Las razas criollas colombianas fueron hasta comienzos del siglo XX la base para la producción de carne y leche del país. Sin embargo,

este tesoro genético *Bos Taurus* ha ido decreciendo en su número de ejemplares, por los continuos cruzamientos absorbentes, a pesar de los esfuerzos para su preservación, No existe un censo oficial, pero Agrosavia (entidad responsable por el estado Colombiano para la conservación del germoplasma criollo) y otras entidades gremiales estiman en 25.000 el número de bovinos pertenecientes a estas razas en el país. La raza criolla con mayor número de ejemplares es la Blanco Orejinegro con un número estimado de 11.500 bovinos, seguida por la San Martinero con 5.500 bovinos y la Romosinuano con 3.700 bovinos. No existen datos confiables sobre el número de animales Hartón del Valle ni de la raza Chino Santandereano, y en otras razas como la Costeño con Cuernos y Casanareño no se superan los 1000 animales.

Este germoplasma, patrimonio de la nación, ha servido de base para la creación de razas como la Lucerna y la Velásquez, cuyo inventario se ha estimado en 4000 ejemplares. Sin embargo, la falta de estímulos para la investigación, la poca difusión de sus atributos y la implementación de políticas de largo plazo para el fomento para estas razas, han llevado a que los inventarios sean cada vez más reducidos.

Características zootécnicas de los bovinos criollos colombianos

Los bovinos criollos colombianos fueron sometidos durante 500 años a un proceso de selección natural, donde los animales mejor adaptados a sus entornos, lograron sobrevivir. Estas características adaptativas continuaron el proceso de selección por generaciones, logrando que características como la fertilidad, facilidad de parto, rusticidad, longevidad, tolerancia a enfermedades y parásitos, capacidad para utilizar forrajes fibrosos y habilidad para soportar condiciones extremas de temperatura y humedad, se convirtieran en atributos altamente destables en estos animales.

En general respecto al peso y tamaño, las razas criollas corresponden a animales de tamaño mediano, moldeados por las características ambientales del trópico, que determinan alta radiación solar, alta temperatura y humedad, limitaciones en la nutrición y abundantes ecto y endoparásitos. Producen terneros livianos al nacimiento (Hernández, 1981; Martínez *et al*., 1994), que en promedio

para BON y Romosinuano respectivamente están entre 27 y 29.6 kg y al destete hacia los 8 meses entre 177.8 y 188 kg (Hernández, 1981).

Martínez et al. (1998) analizaron, en vacas San Martinero, el efecto del tamaño, tomado como la altura al sacro, sobre la reproducción y encontraron que las vacas más pequeñas destetaron más kg de ternero con relación a su propio peso, 0.369 kg ternero/kg Vaca que las medianas 0.351 kg ternero/kg Vaca y altas 0.338 kg ternero/kg Vaca, corroborando otros estudios que indican mayor eficiencia reproductiva de vacas de menor tamaño (Laborde et al., 1998).

Las novillas de las razas criollas, obtienen la pubertad a menor edad y peso que las novillas de las razas Cebuínas y su comportamiento reproductivo es mejor. Estudios realizados en el CI La Libertad mostraron que las vacas San Martínero entraron en calor antes de los 70 dias posparto y quedaron preñadas antes de los 98 dias. La proporción de vacas en anestro posparto fue inferior al 5% (Velásquez et al., 2000).

Respecto del parto, las hembras bovinas de las razas criollas se caracterizan por su facilidad de parto. Esto está relacionado con el pequeño tamaño de sus crías al nacer, factor que favorece una más rápida involución uterina, una rápida recuperación posparto y permite, en consecuencia, una acelerada reconcepción y menor intervalo entre partos (Martínez, 1999). Las crías se ponen de pie y amamantan usualmente antes de la hora. Las hembras tienen una buena habilidad materna, lo que garantiza mayor supervivencia de sus crías.

Por su parte los toros criollos presentan una mayor fertilidad que los toros Cebuínos o de otras razas taurinas, relacionado con las pruebas de calidad seminal en cuanto volumen, motilidad y concentración (Jiménez et al., 1996). La Tabla 1 presenta algunas de las principales características reportadas en razas criollas bovinas colombianas.

Tabla 1 - Algunos parámetros productivos presentes en razas criollas bovinas colombianas

	BON	Romosinuano	Hartón del Valle	Chino Santandereano	Costeño con cuernos
Peso nacimiento (kg)	28 – 34	29 – 31	28 – 35	29,30	28,76
Peso destete (kg)	170 – 230	165-216	180 – 200	165 – 185	174,94
Edad destete (meses)	8	8	8	8	8
Peso adulto machos (kg)	650 – 950	518 – 686	750 – 980	658	532 – 690
Peso adulto hembras (kg)	380 – 550	383 – 450	430 – 500	487	380 – 450
Producción leche (kg/dia)	2,5 – 6		3,6 – 6,6		2,8 – 5,2
IEP (Dias)	420 – 487	415 – 434	410 – 475	430-497	435 – 509

Adaptación de Buitrago y Gutiérrez; Vargas; Ossa; Álvarez; Triviño citados por Anzola (2001) y Pinzón (1991).

A pesar de sus bondades, el desconocimiento de las leyes de la herencia por parte de los ganaderos, permitió que durante el siglo XX se produjera una disminución del número de animales de las razas criollas por los cruzamientos absorbentes que se generaron con animales cebuínos. Esto debido a que el mejor comportamiento productivo de los híbridos F1 obtenidos con los toros de las razas cebuínas introducidas, fuera atribuido, al aporte genético de los cebú y no a la combinación favorable de genes no aditivos y a la habilidad combinatoria que se generó al cruzar estas razas distantes genéticamente.

Su importancia como recurso para la adaptación al cambio climático y la sustentabilidad

El medio ambiente ha sido un agente seleccionador de los organismos capaces de vivir con sus condiciones. Por tanto, es el punto de partida que determina el comportamiento fisiológico de los animales. Las condiciones agroecológicas de un lugar (temperatura, humedad, relieve, luminosidad, vientos, radiación, características físicas y químicas de los suelos, etc…) y el manejo que el humano hace del mismo, son la base sobre la cual se debe planificar un sistema productivo.

Es un hecho biológico que los organismos son el reflejo del medio ambiente que lo ha formado y por tanto están adaptados a sus condiciones de climáticas, de alimentación y a otros factores relacionados con la salud como la presencia de parásitos. Así por ejemplo, Hernández et al (2014) encuentran en una investigación relacionada con la infección natural con Leucosis bovina, que la raza Hartón del Valle presentaron menor tasa de infección con el virus, comparado con otros de raza Lucerna y Holsteín explicado por el polimorfismo en su gen DRB3.

Martínez (1991) mostró que 45% de los sistemas de pastoreo con razas criollas son extensivos continuos mientras que los sistemas rotacionales apenas se dan en el 24% de las explotaciones. Estos se dan

en suelos generalmente ácidos, con baja disponibilidad de fósforo y de algunos oligominerales, los cuales se han adaptado estos animales.

En ese sentido, las razas bovinas criollas han sido el fruto de la selección natural, donde la intervención humana fue muy pequeña. Por tanto, sus cualidades relacionadas con la adaptabilidad, rusticidad y fertilidad entre otras, son el reflejo biológico de la interacción de su estructura genética y el medio ambiente. Así, es conocido que la temperatura es una variable que afecta directamente el comportamiento de los animales y su producción. El color de la capa es un factor que se relaciona con su capacidad de absorber mayor o menor radiación solar, de manera que pelajes oscuros tienen mayor absorción que los claros. Velásquez et al (1998b) comparó las temperaturas del color de la capa de novillas San Martinero (SM), Cebú y Holstein mantenidas bajo sol en el Piedemonte Llanero Colombiano, y observaron que la temperatura fue menor en el Cebú (36.4 °C), intermedia en el San Martinero (41.7 °C) y mayor en Holstein (44.7 °C) (Velásquez et al., 1998b).

La tolerancia al calor de las razas criollas colombianas, les permite pastoreo a temperaturas donde otras razas taurinas sufren de estrés por calor. Bajo el estrés por calor, novillas y vacas mantienen la temperatura rectal cercana a 39 °C (temperatura normal), nivel de tolerancia similar al del ganado *Bos indicus* y mayor que el de razas *Bos taurus* como el Holstein y el Angus como lo demostró Velásquez et al (1996a, 1998b, 1998a). con vacas SM. Durante el proceso, la frecuencia respiratoria aumenta como mecanismo fisiológico para perder calor. Velásquez et al (1998b) también demostraron que en novillas SM la frecuencia promedió 48 resp/min, mientras que en novillas Cebú eran de 36 resp/min, cifras muy inferiores a las de novillas Holstein en dichas condiciones que promediaron 111 resp/min o en Angus 69 resp/min.

La adaptación al medio es un proceso que demanda muchas generaciones, hasta que los procesos de selección permitan que los mecanismos reguladores de la homeostasis tengan la eficiencia necesaria para equilibrar las exigencias orgánicas del animal con las condiciones medioambientales. Por tanto, la denominada "aclimatación" propuesta por algunos ganaderos, es más una expresión del anhelo de pasar sin problemas un animal de un ambiente templado a uno tropical o viceversa sin problemas. Este cambio, en el corto plazo, supone un ajuste fisiológico entre el organismo y el nuevo medio, que es más intenso mientras mayor sea la diferencia entre el ambiente de

origen y el nuevo (Pinzón, 1991; Parra_Cortés, 2020). La puesta en marcha de los sistemas homeostáticos, demanda un esfuerzo que normalmente va en contra de la producción de leche, la ganancia de peso o la reproducción. En muchos casos, hay animales que no logran dichos ajustes fisiológicos y son víctimas del nuevo medio.

Es más fácil y más barato cambiar la raza de un animal de un sistema productivo, que hacer un cambio en el medio ambiente. De esta manera, las razas locales se convierten en recursos biológicos fundamentales en los procesos de adaptación al cambio climático y en la sustentabilidad de los sistemas de producción. Los cambios en el medio ambiente de las razas selectas utilizadas en Colombia, constituyen generalmente un desmejoramiento en las condiciones, que se traducen en mayor utilización de insumos externos como compensación y mayores costos para mantener la productividad o de no hacerlo sufrir el impacto de la menor producción. Los cambios en el ambiente para las razas criollas, constituyen una condición igual o mejor a la que tenían. Por tanto, son animales de alta versatilidad, por su adaptación a las diversas condiciones agroecológicas del país.

Conclusiones

La agrobiodiversidad es un recurso vital para la seguridad y soberanía alimentaria de un país. Su conservación es un seguro para sus pobladores que les permite afrontar los cambios del entorno, tales como los vividos en la actualidad con el calentamiento global y sus efectos sobre el clima. El privilegio que tiene Colombia al tener 7 razas bovinas criollas (Costeño con cuernos, Romosinuano, Chino Santandereano, San Martinero, Casanareño, Blancoorejinegro, Hartón del Valle y otra de más reciente formación como la criolla caqueteña) hace indispensable realizar esfuerzos por investigar más acerca de sus bondades y por generar estrategias que promuevan el aprovechamiento de su valor genético. Su adaptación a las condiciones agroecológicas son un elemento que contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Literatura citada

Anzola, H. 2001. Los animales domésticos criollos y colombianos en la producción pecuaria nacional. ICA. Produmedios. 99p.

Beteta Ortiz, M. 1997. Las razas autóctonas españolas y su participación en los bovinos criollos iberoamericanos. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(4). Recuperado a partir de

https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/218

Hernández, B. G. 1981. Las razas criollas colombianas para la producción de carne. Recursos Genéticos animales en América Latina. Ganado Criollo y especies de altura. Roma, Italia, FAO 22:52.

Hernández D., Álvarez L., Muñoz J. 2014. Evaluación de la resistencia genética del ganado criollo hartón del valle al virus de la leucosis bovina en infección natural. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal (4): 3-5

Jiménez L. J., Bejarano M., y Martínez, C. G. 1996. Circunferencia escrotal y su relación con edad, peso y características seminales de bovinos criollos SMs. En: Memorias del III Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas. Santafé de Bogotá. 25 a 29 de noviembre de 1996.

Laborde, D., Holmes, C. y Garcia, J. 1998. Eficiencia reproductiva de dos líneas de vacas Holstein Friesian que difieren genéticamente por peso. Proc.NZ. Soc. Anim. Prod., 58:73.

Martínez, G. 1991. Censo y caracterización de los sistemas de producción del ganado criollo y colombiano. Fedegan – ICA- Pronatta – Asobon. 155p.

Martínez C. G, Frahm, R. R., Buchanan, D. S. 1994. Caracterización de la raza criolla Blanco Orejinegro (BON). IV. Heterosis del crecimiento predestete de BON, Cebú y sus cruces con Charolais y Santa Gertrudis. Rev. ICA. 29(2):135150.

Martínez, C. G., Arenas, E. y Rincón, G. 1998. Relación del Tamaño y la eficiencia reproductiva de vacas criollas Sanmartinero. Memorias. IV Congreso Iberoamericano de razas autóctonas y criollas. Tampico, Tamaulipas – México.

Martínez C. G. 1999. Potencial genético del ganado SM en sistemas de carne y doble propósito. Memorias. Seminario Internacional Caracterización Genética y Potencial Productivo del Ganado SM. Villavicencio, 28 de mayo de 1999. P 3142

Parra Cortés, R.I, Magaña Magaña, M.A, PiñeiroVázquez, A.T. 2019. Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. Revisión Bibliográfica. ITEA Inf Tec. Econ. Ag. 115(4): 342359. Recuperado a partir de https://doi.org/10.12706/itea.2019.003

Parra Cortés, R.I., Martínez, G., Valderrama, M. 2020. Situación actual y perspectivas de la ganadería de bovinos Criollos en América Latina. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 2021. 29 (34). www.doi.org/10.53588/alpa.293401

Pinzón, E. 1979. Historia de la ganadería bovina en Colombia. Suplemento ganadero. Volumen 8. Número 1. 222p.

Primo. A. 1992. El ganado ibérico en las américas 500 años después. Arch.Zoot (41) extra: 421-432.

Rouse, J. E. 1977. The criollo: Spanish cattle in the Americas. Norman, USA. University of Oklahoma Press. 303 pp.

Velásquez, J. G., Flórez, D. H., Cardozo, J. 1996a. Respuesta fisiológica al estrés por calor en vacas criollo SM. Memorias del tercer congreso iberoamericano de razas autóctonas y criollas. Santafé de Bogotá, Colombia.

Velásquez, J. G., Flórez, D. H., Cardozo, J., González, G. 1998a. Termoregulación de terneros criollo SM bajo condiciones tropicales en Colombia. Memorias del Cuarto congreso iberoamericano de razas nativas y criollas. Tampico, Tamaulipas, México.

Velásquez, J. G., Flórez, D. H., Cardozo, J., Castro, A., Parra, J. L., Velásquez, H., Onofre, G., Jiménez, H. R., Villar, C., Góngora, A. 1998b. Tolerancia al estrés por calor en ganado criollo SM, Cebú, Holstein y SM×C en Colombia. Memorias del Cuarto congreso iberoamericano de razas nativas y criollas. Tampico, Tamaulipas, México.

Velásquez; J. G. Góngora, A., Vanegas, O., Parra, J. L., Flórez, H., Cardozo, J. 2000. Perfiles endocrinos, hemoglobina, y hematocrito durante el postparto de vacas SM. Rev. Orinoquia – Unillanos. 4(4): 109 123. ISBN – 0123 – 0212.

HERRAMIENTAS SOSTENIBLES DE NUTRICIÓN PORCINA EN LÍNEA DE ENGORDE Y SU IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y PRODUCTIVIDAD[1]

Diego Rodríguez Saldaña[2,3], Flávio Medeiros Vieites[4], Jimmy Quisirumbay Gaibor[5], Andrés Haro Haro[6], Mateo Rodríguez Bravo[7], Juan Ramonez Cárdenas[6]

RESUMEN - Las proyecciones demográficas para las siguientes décadas y el subsecuente aumento en la demanda de alimentos para garantizar la seguridad alimentaria mundial, ha hecho que la industria porcícola apunte a una maximización en el aprovechamiento de recursos con una mejor eficiencia productiva y menores costos de producción; sin embargo, la aceleración productiva ha determinado impactos ambientales enfocados primordialmente en emisiones de gases de efecto invernadero como el metano y el óxido nitroso que son los directamente relacionados con la industria porcina, sin dejar de lado otros impactos como la emisión de amoníaco, fósforo, polvo, ruidos y olores. En este contexto, el sector de nutrición animal ha desarrollado herramientas y estrategias nutricionales que apuntan a optimizar la integridad intestinal, indicadores zootécnicos y costos de producción,

---

[1] Ponencia del XI Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável – SIMBRAS; VIII Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável, Viçosa-MG, Brasil.

[2] Profesor Titular, Universidad de Cuenca, Ecuador. Autor para correspondencia: diego.rodriguez@ucuenca.edu.ec.

[3] Nutricionista BalGran Cía. Ltda., Cuenca – Ecuador.

[4] Profesor Titular de la Universidad Federal de Juiz de Fora-MG, Brasil.

[5] Profesor Titular, Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador.

[6] Profesor Contratado, Universidad de Cuenca, Ecuador.

[7] Gerente Técnico Granja PorciGran, Ecuador.

conjuntamente las producciones pecuarias son cada vez más amigables con el medio ambiente, partiendo del hecho que muchas de estas herramientas permiten un mayor aprovechamiento de recursos, por ejemplo, la reducción en la excreción de nutrientes al ambiente. Entre las opciones de mejora se pueden mencionar el uso de dietas con menor proteína, aplicación de proteína ideal, uso de aminoácidos cristalinos, la nutrición de precisión, enzimas exógenas y la aplicación de la energía neta en nutrición porcina. En conclusión, todas estas herramientas y estrategias no funcionan de forma independiente, sino según el caso, serán sinérgicas o aditivas, y deberán ser aplicadas en los diferentes eslabones de la cadena productiva para lograr empresas porcinas sostenibles en términos ambientales y económicos.

Palabras clave: impacto ambiental, fitasas, industria porcícola, nutrición de precisión, nutrición porcina, proteína ideal.

SUSTAINABLE TOOLS OF SWINE NUTRITION AND THEIR IMPACTS ON ENVIRONMENT AND PRODUCTIVITY

ABSTRACT - The demographic projections for the following decades and the subsequent increase in the demand for food to guarantee world food security, has made the pork industry aim to maximize the use of resources with better productive efficiency and lower production costs; However, the productive acceleration has determined environmental impacts focused primarily on greenhouse gas emissions such as methane and nitrous oxide, which are directly related to the pork industry, without neglecting other impacts such as the emission of ammonia, phosphorus, dust, noise and smells. In this context, the animal nutrition sector has developed a range of nutritional tools and strategies that together aim in the first instance at optimizing intestinal integrity, zootechnical indicators and production costs; but at the same time, livestock productions have become more environmentally friendly, since many of these tools allow a better use of resources, for example nutrients, with less excretion of them into the environment. Improvement options include the use of diets with less protein, application of ideal protein, use of crystalline amino acids, precision nutrition, exogenous enzymes, and the application of net energy in swine nutrition. In conclusion, all these tools and strategies do not work independently, but depending on the case, they will be synergistic or

additive, and must be applied in the different links of the production chain to achieve sustainable swine companies in environmental and economic terms.

Keywords: environmental impact, ideal protein, phytases, precision nutrition, pork industry, swine nutrition.

Introducción

Actualmente, el cambio climático y el efecto invernadero son hechos comprobados, evidencia de ello es la gran cantidad de publicaciones científicas, entre las cuales se afirma que el calentamiento global afectará a la industria de proteína animal a lo largo de toda su cadena de suministro, desde la producción agrícola hasta el consumidor final (GODDE *et al.*, 2021). Es importante resaltar que el efecto invernadero es un mecanismo imprescindible para regular la temperatura en el planeta, caso contrario su temperatura ambiental no fuera del promedio de 15° C, sino de alrededor de -6º C, esto gracias a la energía solar junto con el flujo de calor en forma de radiación infrarroja que es capturada por los gases de efecto invernadero (GEI), los cuales en exceso pueden apuntar a un aumento de la temperatura ambiental entre 1,4 a 5,8° C para el año 2100, agravando el calentamiento global que será un detonante que cambiará los patrones meteorológicos, aumentando las precipitaciones globales y generando cambios en la intensidad o frecuencia de fenómenos atmosféricos tales como tormentas, inundaciones y sequías (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC], 2021). Es latente la preocupación en la comunidad científica sobre el aumento significativo en la acumulación y concentración de los GEI desde el comienzo de la revolución industrial. Los GEI que ocurren naturalmente, en orden de abundancia relativa, incluyen: vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y ozono (O_3), mientras que los GEI que no se producen de forma natural son sustancias que contienen flúor, cloro y bromo (MASSEY; ULMER, 2019) como es el caso de gases fluorinados, entre los que se mencionan: hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre y trifluoruro de nitrógeno (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [EPA], 2023).

De acuerdo con estos informes emitidos por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) la población actual y del futuro se enfrentarán a fuertes cambios en el clima (IPCC, 2023) , en este sentido, se han desarrollado iniciativas orientadas a mitigar el cambio climático global como es el caso del Protocolo de Kioto de 1997, el Acuerdo de París de 2016, el Paquete de Medidas de Katowice desarrollado en Polonia en 2018, la Bolsa Climática de Chicago (CCX: Chicago Climate Exchange), entre otros. Estos acuerdos y protocolos agrupan a diferentes naciones del mundo, las cuales, mediante políticas públicas y otras estrategias se comprometen a mitigar el impacto ambiental de sus industrias y a reducir el cambio climático junto con las emisiones de GEI (LEGGETT, 2020), por ejemplo, mediante la aplicación de incentivos tributarios a las empresas que alcancen metas determinadas en términos de mitigación del impacto ambiental o la generación de ingresos por la recuperación de gases como el CH_4.

Por otro lado, la creciente y progresiva demanda de alimentos en relación con el constante aumento demográfico mundial con una población actual de 8,04 billones de personas que se proyecta a 9,71 billones en 2050 (Figura N° 1; (ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS [OECD], 2023), se convierten en un importante desafío al que se enfrentarán las industrias de alimentos, de las que se destaca la producción de proteína animal, siendo el apartado de la nutrición y alimentación la de mayor relevancia económica y zootécnica, pero también ambiental ya que la innovación de técnicas nutricionales pueden mitigar drásticamente su impacto en el ambiente (ANDRETTA *et al.*, 2021). Esta demanda requiere una mayor cantidad de recursos, de los cuales se destaca el aumento gradual producido y consumido de alimentos de origen animal en la última década (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO], 2018), resaltando de ellos los productos cárnicos (Tabla N° 1). Estas condiciones actuales han ocasionado una fuerte adaptación por parte del sector productivo agropecuario apuntando a una mayor eficiencia, pero sin descuidar en salvaguardar los recursos de las generaciones futuras; en este sentido, cumplieron con normativas ambientales sostenibles como requisitos obligatorios que mitiguen su impacto ambiental (LEGGETT, 2020).

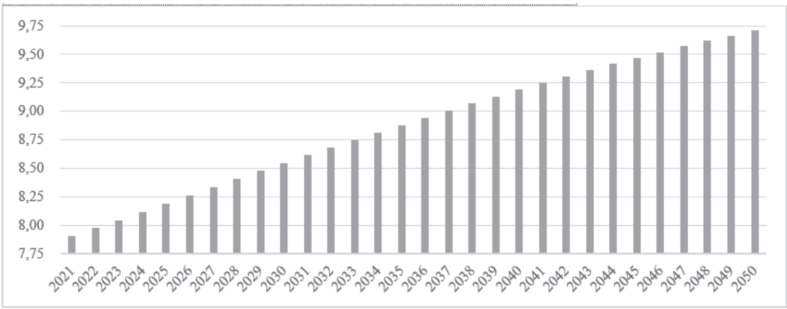


Figura 1 - Crecimiento y proyección demográfica mundial entre 2021 a 2050 (billones de habitantes ‘000.000).

Fuente: OECD, (2023).

No obstante, el cumplimiento de estas normativas no ha sido suficiente frente a la aceleración productiva de la industria de proteína animal, ya que, al incrementar el volumen en respuesta al crecimiento demográfico, se genera un aumento sobre la demanda de recursos y subsecuentemente en el impacto ambiental. Por ejemplo, en granjas porcinas, la producción de excretas o estiércol se ha constituido en un serio problema de polución sumado a otros contaminantes como las emisiones de: CO_2, CH_4, N_2O, amoníaco (NH_3) (WIEDEMANN; MCGAHAN; MURPHY, 2018), sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H_2S) como los más representativos de esta actividad, sin dejar de lado la huella hídrica propia de la industria. El CH_4 como resultado de la fermentación entérica, N_2O a razón del uso de fertilizantes nitrogenados, CH_4 y N_2O a partir de la fermentación entérica a nivel digestivo sumado a la generación y deposición de estiércol en los suelos, CO_2 a consecuencia del uso de combustibles fósiles y energía (O’MARA, 2011). El CO_2 junto con el CH_4 y el N_2O forman parte de los principales GEI, mientras que el NH_3 es un gas que contribuye a la acidificación del suelo y que puede contaminar mantos freáticos y afectar la calidad de los cultivos (STEINFELD *et al.*, 2009), mientras que el H_2S es un gas tóxico que puede llegar a ser letal cuando sobrepasa las 1000 ppm en el ambiente (HOLLIS, 1997), es uno de los que determina el olor característico de una granja porcina junto con otros compuestos orgánicos volátiles.

Con estos antecedentes, es evidente el impacto de la industria porcícola sobre el medio ambiente y sus diferentes aristas, sin embargo, en términos nutricionales existen disponibles una amplia gama de herramientas y estrategias de mitigación enfocadas en la reducción de la excreción de nitrógeno (N), NH_3 (WANG *et al.*, 2020) y fósforo (LAUTROU; CAPPELAERE; LÉTOURNEAU MONTMINY, 2022), a más del control de olores con ciertos aditivos especializados (JHA; BERROCOSO, 2016). Estas herramientas, también, tienen como finalidad optimizar los indicadores zootécnicos y los costos de producción por unidad de carne producida, de tal forma que la industria tenga el beneficio económico de ser más sustentable y también pueda responder a la creciente demanda de proteína animal para consumo humano.

Impacto ambiental de la industria porcina

El consumo mundial de proteína animal ha tenido un crecimiento sostenido en las últimas décadas, sin embargo, situaciones como el COVID-19, el conflicto bélico entre Ucrania y Rusia, las complicaciones logísticas de exportaciones, inflación mundial, entre otras condiciones, macro y microeconómicas, limitaron un crecimiento sostenido del consumo *per capita* de carnes (Tabla N° 1). Ahora, para el caso particular de la producción de cerdo, los brotes globales de PPA (peste porcina africana), especialmente en China (principal productor y consumidor de carne de cerdo en el mundo), afectaron gravemente el censo de cerdas reproductoras y cerdos para abasto en alrededor de 5 millones de animales (FAO, 2019). Por otro lado, de acuerdo con la más reciente proyección de la FAO, se pronosticó que la producción mundial de carne en el año 2023, sin tomar en cuenta al pescado ni mariscos, será de 350 millones de TM, lo que corresponde a una demanda mundial *per capita* aproximada de 43,56 kg, siendo los productos más consumidos el pollo y cerdo con un consumo *per capita* de 15,17 kg y 12,05 kg respectivamente, seguidos de la carne de res con 6,39 kg y carne ovina con 1,81 kg; por otro lado el consumo de huevos representan un consumo por habitante de 11,21 kg o 172 piezas de 65 g (OECD/FAO, 2023).

Tabla Nº 1 - Producción (millones de TM) y consumo *per capita* (kg) anual de alimentos de origen animal entre 2013 y 2022

Ítem	Var.		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TC anual	TC acum.
Carne de cerdo	Prod.	i	116,18	118,64	119,28	118,42	119,19	120,43	109,31	104,70	117,83	120,82	0,44%	4,00%
	C. *pc*	i	12,55	12,68	12,62	12,43	12,37	12,33	11,04	10,55	11,75	11,91	-0,57%	-5,10%
Carne de pollo	Prod.	i	108,66	111,42	114,98	118,47	123,87	127,41	131,00	132,43	134,00	135,93	2,79%	25,10%
	C. *pc*	i	13,18	13,36	13,57	13,86	14,28	14,53	14,75	14,85	14,95	15,12	1,64%	14,72%
Carne vacuna	Prod.	i	67,00	67,25	66,00	67,05	68,62	70,47	70,88	70,04	70,75	72,22	0,87%	7,79%
	C. *pc*	i	6,44	6,40	6,28	6,30	6,35	6,47	6,47	6,34	6,34	6,39	-0,09%	-0,78%
Carne de oveja	Prod.	i	13,58	13,94	14,29	14,54	14,94	15,12	15,36	15,68	15,88	16,20	2,14%	19,29%
	C. *pc*	i	1,68	1,69	1,72	1,73	1,75	1,76	1,77	1,79	1,78	1,80	0,79%	7,14%
Huevos	Prod.		73,26	74,86	77,13	79,57	83,48	85,59	88,79	91,18	91,57	93,68	3,10%	27,89%
	C. *pc*		9,66	9,74	9,92	10,12	10,43	10,55	10,83	11,02	10,94	11,12	1,68%	15,11%
Leche	Prod.	i	57,26	83,10	96,76	807,47	835,04	854,71	862,14	878,20	887,16	901,65	2,12%	19,07%

Prod: producción | C. *pc*: consumo *per capita* | TC: tasa de crecimiento | acum: acumulada.

Producción en millones de TM en peso a la canal. Consumo *per capita* expresado en peso al por menor (listo para cocinar). Factores de conversión de peso en canal a peso minorista de 0,7 para carne vacuna, 0,78 para carne de cerdo y 0,88 para carne de ovino y de pollo.

Fuente: OCDE; FAO (2018).

Es ampliamente reconocido que la producción y el consumo de alimentos contribuyen significativamente a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (STEINFELD *et al.*, 2009), siendo la producción de proteína animal para consumo humano una fuente importante que contribuye entre el 14,5 y el 18,0% de las emisiones de GEI (GERBER *et al.*, 2013; STEINFELD *et al.*, 2009) considerando un total de emisiones globales de GEI de 40 billones de TM (toneladas métricas) (STEINFELD *et al.*, 2009), cifra que puede llegar a 43,6 billones de TM de acuerdo a la Herramienta Indicadora de Análisis Climático (CAIT, Climate Analysis Indicator Tool) (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2015), lo que hace que los valores porcentuales puedan ser divergir según la fuente consultada. Se aclara que los valores de GEI en los datos relacionados a producción agrícola y ganadera se reportan como equivalentes de dióxido de carbono (CO_2 *Eq*), de ello, a partir de las estimaciones y proyecciones de la FAO en 2022 se puede calcular que las emisiones de CO_2 *Eq* de la industria de proteína animal relacionada con cerdo, pollo, huevo, res, oveja, huevos y leche (3,98 billones de TM de producto) corresponden al 66,43% del total generado por los sectores agrícola y pecuario; mientras que estas mismas emisiones de CO_2 *Eq* de la industria de proteína animal de las áreas mencionadas equivalen al 9,95% del total de las emisiones antropogénicas de GEI (porcentaje calculado sobre un total de 40 billones de CO_2 *Eq*; Tabla N° 2).

Entonces, la industria productora de proteína animal tiene su impacto ambiental sobre los recursos hídricos, suelo y aire, generando una problemática no solamente a causa de los GEI, sino también por polvo, ruidos y olores; sobre los cuales se debe apuntar como objetivos y prioridades de sus programas integrales de mitigación medio ambiental enfocados en el área de la nutrición y alimentación, pero también sobre los sistemas de alojamiento y manejo de excretas.

Tabla N° 2 - Emisiones directas de GEI en forma de CO_2 por parte de la industria productora de proteína animal (millones de TM de *CO_2 Eq*)

Ítem	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Media
Carne de cerdo	195,44	198,45	199,87	200,17	198,91	201,16	188,93	189,12	197,17	201,37	197,06
Carne de pollo	69,20	69,09	70,93	75,05	76,08	78,20	80,07	80,90	82,43	82,70	76,47
Carne vacuna	2.256,49	2.270,02	2.283,01	2.317,20	2.333,33	2.379,17	2.390,94	2.359,80	2.427,41	2.437,30	2.345,47
Carne de oveja	504,52	506,14	514,86	522,77	527,09	532,30	547,59	571,07	577,27	585,01	538,86
Huevos	44,53	45,29	45,90	46,50	47,14	47,11	48,66	49,82	50,05	51,20	47,62
Leche	627,77	633,17	637,25	637,66	632,90	609,63	607,52	613,26	617,74	623,85	624,08
Sumatoria	3.697,95	3.722,16	3.751,82	3.799,35	3.815,45	3.847,57	3.863,71	3.863,97	3.952,07	3.981,43	3.829,55

Fuente: OECD/FAO (2023).

La carne de cerdo, al ser la segunda más consumida en el mundo, va a tener un impacto ambiental cuantitativamente relevante, sin embargo, resulta una fuente proteica de alto valor biológico cuyo impacto por cada kg de proteína corresponde a una generación de 7,78 kg de *CO_2 Eq* (Tabla N° 3), valor que es 20 veces menor que la carne vacuna; mientras que, por el lado de la huella hídrica, que corresponde al volumen total de agua empleado a lo largo de toda la cadena productiva (VÁZQUEZ, 2017), un kg de carne de cerdo requiere de 4,8 m^3 de agua (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2011). En ambos casos, la carne de cerdo resulta ser la tercera fuente proteica animal que menor impacto genera después del pollo y huevo para plato dentro de este análisis.

Tabla N° 3 - Producción anual de carnes y huevos, generación de *CO_2 Eq* y huella hídrica

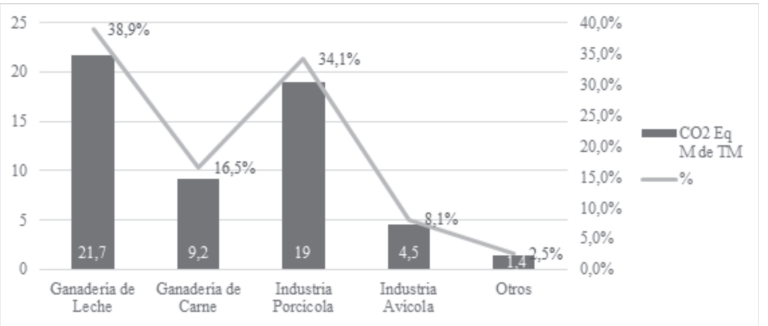
Alimento	Producción Anual, Millones de TM	Generación de CO_2, Millones de TM	CO_2 generado, kg /kg de producto	% de Proteína*	CO_2 generado, kg /kg de proteína	Huella hídrica, m^3/kg de producto
Pollo	137,78	83,62	0,61	20,00	3,03	3,90
Cerdo	123,51	203,67	1,65	21,20	7,78	4,80
Vacuno	72,94	2.466,12	33,81	21,40	158,00	15,00
Huevo	95,35	52,06	0,55	12,00	4,55	3,30

* Valores contenidos en los alimentos tomados de: BURGES; GLASAUER, (2006)

Fuente: Adaptado de MEKONNEN; HOEKSTRA, (2011), (2010); OECD/FAO, (2023)

A pesar de que el CO_2 es el GEI más conocido por ser el más frecuente (más del 80% de las emisiones de GEI antropogénicas) y estar asociado con la quema de combustibles fósiles (EPA, 2023), resulta que el CH_4 y el N_2O son los GEI más asociados con la producción porcina (MASSEY; ULMER, 2019). El CH_4 se produce como parte de los procesos fisiológicos digestivos propios de los animales, y con mayor representación en animales poligástricos y en otros herbívoros con cámaras de fermentación relevantes; el proceso en el cual se produce este gas se denomina fermentación entérica (KLEIN, 2020); además, cuando el estiércol se almacena en lagunas o tanques de retención, también se produce CH_4 (EPA, 2023). Los cerdos, dado que no son rumiantes, tienen el factor de emisiones más bajo de cualquier clase de

ganado, para el caso del CH_4 su factor de emisión del IPCC utilizado por la EPA para estimar la fermentación entérica de los cerdos es de 1,5 kg de CH_4/cabeza/año. Esto significa que una instalación de 2.500 cerdos emite 3,75 TM de CH_4 anuales, lo que equivale a 79 TM de *CO_2 Eqv* (MASSEY; ULMER, 2019), aunque otros reportes más actualizados indican un factor de equivalencia de 28 veces (IPCC, 2018), es decir que esta misma instalación de 2500 cerdos emitiría anualmente 108,75 TM de *CO_2 Eqv*. Aparte de la fermentación entérica, el CH_4 se produce por el manejo anaeróbico del estiércol en forma de líquidos o lodos, ya que cuando se maneja como un sólido, se produce poco o nada de este gas. La cantidad de CH_4 producido se ve influenciada por características de la dieta, temperatura, humedad, composición del estiércol y tiempo de almacenamiento. Dietas con una mayor densidad de energía pueden tener un mayor potencial para las emisiones de CH_4 del estiércol, sin embargo, esta mayor energía equivale a una mayor digestibilidad de nutrientes con una menor excreción de estiércol (EPA, 2023). Además, el proceso implícito en la gestión de estiércol en ganadería de carne, de leche y porcina determina una emisión importante de CH_4 y N_2O, equivalente en el año 2006 en EE. UU. a 56 M (millones) y 14 M de TM de *CO_2 Eq* respectivamente, siendo la industria porcícola responsable de un total de 19 M de TM *CO_2 Eq* (Figura N° 2; EPA, 2015).



Los valores incluyen las reducciones de emisiones de CH_4 por digestión anaerobia y emisiones directas e indirectas de N_2O

Figura N° 2 - Emisiones del manejo del estiércol (M de TM de *CO_2 Eq*) en EE. UU. en 2006.

Fuente: EPA (2015).

Globalmente, el 40% de las emisiones totales de N_2O son de origen antropogénico, las actividades humanas como la agricultura, el uso de la tierra, la quema de combustibles, la gestión de aguas residuales y los procesos industriales están aumentando la cantidad de N_2O en la atmósfera, sin embargo, este gas también está naturalmente presente en la atmósfera como parte del ciclo del N y tiene una variedad de fuentes naturales (EPA, 2023). Las moléculas de N_2O permanecen en la atmósfera durante un promedio de 121 años antes de ser eliminadas por un sumidero o destruidas mediante reacciones químicas y el factor de impacto en el calentamiento global es de 310 veces mayor que el CO_2 (IPCC, 2018). En granjas porcinas, el N_2O se produce a partir del N orgánico tanto en el estiércol como en la orina, los sistemas de manejo de estiércol sólido producen N_2O porque tienen descomposición aeróbica y anaeróbica que nitrifica y luego desnitrifica el N en el estiércol y la orina (EPA, 2023). En EE. UU. en 2006, el manejo de las excretas en cerdos emitió un total de 19 M de TM CO_2 *Eq* en forma de N_2O, equivalente al 34% de todas las emisiones de GEI debidas al manejo del estiércol; o 0,3% de todas las emisiones de GEI antropogénicas en este país (EPA, 2015), es decir que en términos de las emisiones totales de GEI de los EE. UU., la industria porcícola no es una fuente importante a través del manejo del estiércol, considerando que los sistemas de producción en este país se caracterizan por su nivel intensivo y tecnológico.

Respecto al NH_3, este gas es un componente importante en la atmósfera como fuente de N para plantas y otros receptores (BEHERA *et al.*, 2013); se produce a partir de la descomposición biogénica de materia orgánica, combustión de biomasa (incluye incendios forestales) y de la producción y utilización de fertilizantes, formando parte de la producción agrícola, como también de la industria pecuaria que es la que mayor contribución dentro de las emisiones totales de este gas (AROGO *et al.*, 2001). En la industria porcícola y avícola, el NH_3, se origina a partir del N dietético el cual forma parte de la proteína bruta (PB) del alimento. Si se considera que la PB de la mayoría de materias primas dirigidas a la fabricación de alimentos balanceados para cerdos y aves tienen una digestibilidad entre el 80 al 90% (ROSTAGNO *et al.*, 2017), significa que todo el tiempo hay excreción de N en las heces, del cual se producirá el NH_3 como consecuencia de la actividad bacteriana que involucra los sustratos de N orgánico excretados en las heces

(AROGO *et al.*, 2001), gas que se volatiliza y afecta negativamente el bienestar animal (BEKER *et al.*, 2004), las instalaciones y al humano (ELLEN, 2005), como también a nivel ambiental suma los siguientes efectos en 1) la química atmosférica, 2) la formación de aerosoles inorgánicos secundarios, 3) el cambio climático y 4) los efectos ecológicos (BEHERA *et al.*, 2013).

Los olores ocasionados por actividades pecuarias como son granjas porcícolas y avícolas también son considerados como una forma de contaminación ambiental, ya que pueden generar molestias respiratorias y alteraciones psicológicas que afectan la calidad de vida de las personas. Se correlacionó la concentración de olor con niveles de azufre contenidos en H_2S, sulfuro de dimetilo, disulfuro de dimetilo, además de otros componentes volátiles que han sido identificados dentro de las emisiones de instalaciones ganaderas tales como alcoholes, aldehídos, aminas, ésteres, hidrocarburos, cetonas, fenoles, indoles, terpenos, escatol, entre otros; considerando que la mayoría de estos compuestos son subproductos de la descomposición del estiércol y son responsables de los olores desagradables y característicos de cada industria, sumado a más de 200 compuestos generadores de olor en la descomposición microbiana del excremento (HOMES, 2014).

A nivel internacional ha sido posible cuantificar el olor por diferentes tipos de estudios, para ello es necesario recurrir a una evaluación del olor que proporcione datos sobre las propiedades de este y la sensación que produce sobre los conciudadanos afectados (HOMES, 2014). En granjas de cerdos, las emisiones de olores provienen de tres fuentes principales: instalaciones, almacenaje/procesamiento de las excretas y cuando son usadas como fertilizantes (PUIGVERT; CASTELLÓ; MARTÍ, 2010), por lo que cualquier variación en el alojamiento de los cerdos o sobre la construcción y diseño de la infraestructura de una granja puede determinar un impacto significativo sobre la generación de olores, como es el caso de sistemas de cama profunda, ventiladores, filtros, entre otros (SUTTON, 2012). Varios estudios epidemiológicos en Carolina del Norte y Iowa demostraron que personas residentes a 3,2 Km de una granja de cerdos experimentaron cuadros relacionados con una serie de síntomas como inflamación respiratoria, aumento de dolor de cabeza, secreción nasal, dolor de garganta, tos excesiva, diarrea,

ardor en los ojos, tensión, depresión, ira, entre otros (SCHIFFMAN; WILLIAMS, 2005).

Estrategias Nutricionales aplicadas a la mitigación ambiental en la Industria Porcina

La "sostenibilidad" en términos medio ambientales no debe ser considerada como objetivo 100% alcanzable, es decir, que es una referencia general para la toma de decisiones a lo largo del tiempo mediante evaluaciones periódicas de los impactos y medidas tomadas dentro de los sistemas de producción ganadera (JOHNSON, 2021), por este motivo es imprescindible que a nivel global cada nación desarrolle programas de mitigación medio ambiental que sean integrales y adaptados a la realidad de cada país, de tal forma que exista la participación activa de gobierno, industria o empresa privada y la academia. Dentro de las estrategias nutricionales, es evidente la existencia de una amplia gama de alternativas (Ej. proteína ideal, nutrición de precisión, formulación con energía neta, ente otros), de herramientas en forma de aditivos nutricionales (Ej. enzimas exógenas, aminoácidos cristalinos) y no nutricionales (Ej. probióticos, prebióticos, fitobióticos) que han tenido como efectos primarios la salud e integridad intestinal, la optimización de indicadores zootécnicos y la reducción de costos de producción, pero indirectamente, al maximizar el aprovechamiento de recursos, se han constituido en instrumentos sostenibles y amigables con el medio ambiente dentro de la producción de proteína animal para consumo humano; lo que se explica por el efecto de dilución del impacto ambiental al producir una mayor cantidad de kilos de carne de cerdo con la misma cantidad de recursos, por ejemplo, una mejora en 1 punto en conversión alimenticia en cerdos de 100 kg de peso vivo promedio corresponde a un ahorro de 1.000,00 g de alimento balanceado por cabeza, o para el caso de una cerda cuya capacidad productiva sea 3.500,00 kg por año equivaldría a un ahorro de alimento de 35 kg anuales por reproductora; valores numéricos que fácilmente se los puede llevar a operaciones completas de acuerdo al número de cerdos comercializados o cerdas reproductoras alojadas.

No existe una clasificación estándar para aditivos en nutrición animal, sin embargo se citan 6 grupos generales que pueden servir como herramientas para la mitigación del impacto ambiental y a la vez mejorar los indicadores zootécnicos de los animales (Tabla N° 3); sin embargo, en la presente revisión se profundizará específicamente sobre la proteína ideal, las fitasas como enzimas exógenas y algunas herramientas para el control de olores; mientras que por el lado de las estrategias nutricionales se revisarán a la proteína ideal y generalidades de la nutrición de precisión.

Desde los años 90, es muy común referir al concepto de formulación de raciones amigables con el medio ambiente para reducir la excreción de N, fósforo (P), olores y otros componentes, mismas que, aplican varias estrategias y herramientas tales como 1) proteína ideal y uso de AAs cristalinos, 2) reducción de niveles de proteína cruda, 3) nutrición de precisión aplicando programas nutricionales multifases y valoraciones nutricionales objetivas de ingredientes, 4) enzimas fitasas y otras, 5) valoración de AAs de ingredientes en digestibilidad ileal estandarizada (DIE) (HONEYMAN, 1993; MARQUARDT; HAN, 1997; TRABUE *et al.*, 2021; TUITOEK *et al.*, 1997), 6) requerimientos de energía expresados como energía neta (EN; VELAYUDHAN; KIM; NYACHOTI, 2015), y 7) procesos específicos de la industria de alimentos balanceados como la peletización, extruido y expander (WU *et al.*, 2020).

Tabla N° 3 - Aditivos comúnmente usados en nutrición animal

Aminoácidos	Enzimas	Acidificantes	Aceites Esenciales	Probióticos y Prebióticos	Promotores de Crecimiento	Misceláneos
Lisina	Fitasa	SCFA [a]	Timol	Bacterias vivas	Ractopamina	Vitaminas
Metionina	Xilanasa	MCFA [b]	Carvacrol	Levaduras vivas	Antibióticos	Minerales orgánicos
Treonina	Glucanasa	Ácidos orgánicos	Capsicum	MOS [c]/FOS [d]	Ionóforos	
Valina	Amilasa		Allium	β-glucanos		Xantófilas
Arginina	Proteasa	Ácidos inorgánicos	Garlic	Celulosa		Saborizantes
Triptófano	Celulasa					Anticoccidiales
Isoleucina	Mananasa					AAM [e]
Glutamina	Galactosidasa					Emulsificantes
						Betaína
						Deodorizantes

[a] Small chain fatty acids (Ácidos grasos de cadena corta)

[b] Medium chain fatty acids (Ácidos grasos de cadena media)

[c] Mananooligosacáridos

[d] Fructoligosacáridos

[c] Aditivos antimicotoxinas

Proteína ideal

De acuerdo con Mitchell (1694), se puede observar que el concepto de proteína ideal (PI) fue propuesto hace casi 60 años y en nutrición porcina fue puesto en práctica por primera vez en 1984 por el Consejo de Investigación Agrícola (ARC, Agriculture Research Council) en su publicación "*The nutrient requirements of pigs*" (VAN MILGEN; DOURMAD, 2015). La PI puede ser definida "teóricamente" como el balance exacto del requerimiento de aminoácidos (AAs) en la dieta, sin deficiencias ni excedentes, para satisfacer las exigencias de mantenimiento y deposición máxima de proteína corporal (EMMERT; BAKER, 1997; SHIMADA, 2015), mientras que, "en términos prácticos" al hacer referencia a formulación, siempre van a existir excedentes de ciertos AAs. Los perfiles de PI toman de referencia a la Lisina (*Lys*) debido a que en cerdos es el primer AA limitante y por el amplio desarrollo investigativo en este AA, por tanto, el requerimiento de los demás AAs está en función de la *Lys*. El uso de PI, a más de optimizar productividad y rentabilidad, permite aprovechar dos ventajas específicas: **1**) reducción en el uso de aminoácidos como fuente de energía a nivel metabólico, y **2**) menor excreción de N al medio ambiente, sin dejar de lado que en la práctica, el uso de AAs cristalinos (L-Lys, DL-Met [o análogos de L-Met], L-Thr, L-Trp, -Val, L-Ile, L-Arg, L-His, L-Gly) permite cumplir este concepto y con niveles de PB mucho más bajos que comparados con dietas sin la adición de estos AAs cristalinos o con una menor inclusión de ellos.

Una revisión reciente titulada "El concepto de *proteína ideal* no es ideal en nutrición animal" parte de la explicación que los AAs se clasifican en dos grupos: **1**) esenciales (AAE) que no pueden ser sintetizados de *novo* (cisteína, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, tirosina y valina), es decir que las células animales no pueden sintetizar los esqueletos de carbono de estos once AAE proteinogénicos; y, **2**) AA proteinogénicos de *novo* que, por el contrario, las células animales pueden sintetizar sus esqueletos de carbono y son los no esenciales (AANE; alanina, asparagina, aspartato, glutamato, glutamina, glicina, prolina y serina), considerando que su N se origina tanto de los AAE como también de los AANE (WU; LI, 2022), se puede comprender que todos los AAs proteinogénicos, sean o no esenciales, terminan siendo importantes y requeridos en nutrición aplicada, de tal manera que se garantice el

abastecimiento suficiente de N para la síntesis de AANE como también de los AAs semiesenciales o condicionalmente esenciales; de esta forma se expresará el potencial genético, reproducción y salud de los animales, como también se alcanzará el objetivo de reducir el impacto ambiental de las industrias productoras de proteína animal.

Entonces, en el caso del cerdo, los AAE o indispensables (dietéticos) son: Lisina (*Lys*), Treonina (*Thr*), Metionina (*Met*), Triptófano (*Trp*), Valina (*Val*), Fenilalanina (*Phe*), Histidina (*His*), Isoleucina (*Ile*) y Leucina (*Leu*), por otro lado, los AAs: Cisteína (*Cys*), Serina (*Ser*), Glicina (*Gly*), Arginina (*Arg*), Alanina (*Ala*), Prolina (*Pro*), Glutamina (*Gln*), Ácido glutámico (*Glu*), Asparagina (*Asn*), Ácido aspártico (*Asp*) entre otros, son los AANE (dietéticos). A pesar de que el cerdo pueda sintetizar estos AAs de *novo*, esto no necesariamente le asegura llenar sus requerimientos, por ejemplo, la capacidad de síntesis de *Arg* puede ser insuficiente en lechones, llegando a tener una limitancia relevante en formulación, con efectos primarios sobre integridad intestinal y crecimiento (GUEVARRA *et al.*, 2019; KIM; MCPHERSON; WU, 2004; MOU *et al.*, 2019). Además, la literatura señala una serie de efectos al aplicar la PI, reducción de niveles de PB y la utilización de AAs cristalinos (Tabla N° 4)

Tabla N° 4 - Efectos generales de la aplicación del concepto de PI, reducción de PB dietética y utilización de AAs cristalinos.

Estrategia aplicada	Impactos	Fuente
Se evaluaron 4 niveles de PB: 13%, 16%, 19% y 22% en cerdos en finalización durante seis períodos de alimentación de cuatro semanas.	Las tasas de emisión de olores fueron más altas para la dieta del 19% de PB, logrando una reducción en las tasas de emisión de olores de más del 30%. Las tasas de emisión de NH_3 fueron más altas para la dieta con 22% de PB. Las emisiones de NH_3 por animal por día se redujeron en un 62,4 % cuando la PB disminuyó de 22% a 13%, lo que equivale a una reducción del 8,1% por cada 1% de PB reducida entre 20,9% y 13,17% del contenido dietético total.	HAYES *et al.* (2004)

Continua…

Tabla N° 5 - Cont.

Estrategia aplicada	Impactos	Fuente
Reducción de 14,5 al 10% en PB con la suplementación de Leu.	Podría aumentar la deposición neta de proteína, sin un efecto dramático en el rendimiento de cerdos en finalización, aumentando también el área del músculo *Longissimus dorsis* con reducción en grasa y en pérdida por goteo.	ZHANG *et al.* (2015)
Reducción de niveles de PB dietética en 3 a 4 puntos porcentuales con suplementación de AA cristalinos (Lys, Thr, Trp, Met y Val)	Reducción de costos de alimentación, menor excreción de N, mejora en integridad intestinal, sin efectos negativos en productividad ni retención de N.	WANG *et al.* (2018)
Evaluación de la interacción entre el nivel dietético de Val y Trp y el efecto del desequilibrio de AAs con dos niveles de Val sobre el rendimiento de crecimiento de lechones posdestete.	Lechones alimentados con una dieta baja en PB, pero con niveles adecuados de Val y Trp tuvieron el mismo rendimiento que los lechones alimentados con la dieta control. Existe una interacción entre el suministro dietético de Val y Trp sobre el rendimiento zootécnico de los lechones posdestete y el exceso de AA en la dieta para Ile, Leu e His reduce el rendimiento de crecimiento de los lechones en dietas bajas en proteínas, independientemente del nivel dietético de Val.	JANSMAN *et al.* (2019)
Simulación de 96 escenarios utilizando un modelo LCA (*Life cycle assessment* o Evaluación del ciclo de vida) que tiene en cuenta la variación de los cerdos con el objetivo de simular el impacto del estado de salud y las prácticas de alimentación en las características económicas y ambientales.	Cerdos sanos obtuvieron menores impactos ambientales (2,24 VS 2,38 kg de CO_2 *Eq*/kg de ganancia de peso vivo), por tanto, mejorar las prácticas que aumentan el estado de salud también ayuda a mitigar el impacto ambiental y optimiza los resultados zootécnicos y económicos. La nutrición de precisión ayuda a mejorar los resultados económicos de las poblaciones con problemas de salud y reduce la excreción de nutrientes, incluso es posible que los cambios en la concentración funcional de AAs ayuden a los cerdos a superar el desafío sanitario.	CADÉRO *et al.* (2020)

Continua…

Tabla N° 6 - Cont.

Estrategia aplicada	Impactos	Fuente
En 24 cerdas primerizas (111 kg de peso corporal) alimentadas con dieta a base de maíz y harina de soya formuladas con 8,7 14,8 y 17,6% de PB con AAs cristalinos en las dietas con 8.7 y 14.8 % de PB, y solo proteína intacta, harina de soya, en la dieta con 17,6% de PB.	Niveles altos de PB aumentó el pH del estiércol, los sólidos totales, el N y el S totales, incluido el aumento de los niveles de NH_3, ácidos grasos volátiles y compuestos fenólicos. Cerdos alimentados con dietas más bajas en PB tuvieron menores emisiones de NH_3 (8,9 de reducción por cada 1% menos de PB), ácidos grasos de cadena ramificada y compuestos fenólicos, lo que se tradujo en reducción del olor total (4,2% de reducción por cada 1% menos de PB). El sulfuro de hidrógeno fue el odorante dominante asociado con las emisiones de olor a estiércol. La retención de N y S en la dieta aumentó en un 7,0 % y un 2,4 %, respectivamente, por cada 1% menos de PB.	TRABUE *et al.* (2021)

En nutrición porcina, la aplicación de PI y la reducción del contenido de PB dietética mediante la inclusión de AAs cristalinos se constituyen en una estrategia muy válida para disminuir las emisiones de N al medio ambiente. Estas fórmulas optimizadas demostraron una adecuada e incluso mejorada productividad junto con una optimización en la utilización metabólica del N sin afectar ni su digestibilidad ni su retención. En términos generales, de acuerdo con WANG *et al.*, (2018) la reducción de PB en un 1% (10 g/kg) podría disminuir efectivamente la emisión de N, reduciendo la emisión de NH_3 de las heces y la orina entre un 8% y un 10% (Figura N° 3). Además, un nivel más bajo de PB determinó una reducción del consumo de agua. Otros indicadores que permiten evidenciar el efecto de estas estrategias son el N ureico en suero o plasma (SUN o PUN), ya que es el principal y último producto nitrogenado del catabolismo proteico, de los cuales también se han detectado concentraciones más bajas en cerdos alimentados con dietas bajas en proteína en comparación con dietas proteicas normales (ZHANG *et al.*, 2015).

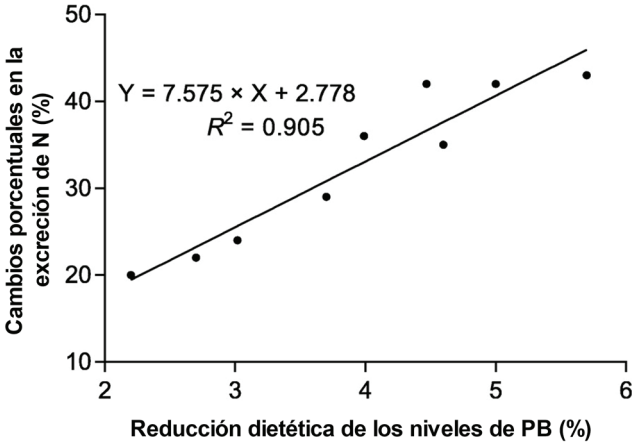


Figura N° 3 - Relación lineal entre los niveles de reducción de PB en la dieta y el porcentaje reducido de excreción de N en cerdos. Los datos son un resumen de 7 publicaciones.

Fuente: WANG *et al.* (2018).

Nutrición de precisión

El diseño de un programa nutricional adecuado para cerdos modernos requiere de una amplia gama de información que considere a la genética, los requerimientos nutricionales, los factores que modifican estos requerimientos y comprender la interacción metabólica entre el genotipo, la nutrición, la reproducción y el medio ambiente; el entendimiento de esta integración de conceptos es esencial si la meta es productividad en el engorde y longevidad en las reproductoras de acuerdo a su potencial genético. Existe una amplia gama de publicaciones relacionadas con nutrición y alimentación de precisión aplicadas a cerdos, mismos que ya en 1996 consideran a ciertos puntos que en la actualidad son de común aplicación: variación nutricional de los alimentos, biodisponibilidad y digestibilidad de los nutrientes, valoración energética de los alimentos, contenido de minerales y vitaminas, procesamiento de alimentos balanceados y el uso de márgenes de seguridad aplicados a ingredientes y requerimientos nutricionales (PATIENCE, 1996).

Es común relacionar la nutrición de precisión son softwares de modelaje y simulación disponibles para nutrición animal. Los primeros modelos nutricionales para el crecimiento de los cerdos se publicaron a mediados de la década de 1970, actualmente, a pesar que el modelaje se ha visto durante mucho tiempo como un enfoque muy prometedor en la nutrición animal, el uso generalizado de estos modelos ha sido limitado (SAKOMURA *et al.*, 2015). En este tema, existen dos publicaciones de la década de 1990 que describe conceptos teóricos y relaciones para el desarrollo de un modelo de simulación computacional determinista de crecimiento de cerdos y otro de cerdas durante su vida reproductiva; en el primer caso el modelo predice, de forma continua, el crecimiento y la composición corporal de machos enteros, machos castrados y hembras según su genotipo, dieta y condiciones de manejo, y en el caso de las cerdas predice, igualmente de forma continua, la composición corporal y el peso de las cerdas, el desarrollo fetal, la producción de leche de las cerdas y el crecimiento de los lechones de acuerdo con el genotipo, la dieta y las condiciones de manejo. Se ilustra la capacidad de estos modelos para simular el crecimiento y la composición corporal de cerdos jóvenes y en las reproductoras los cambios en el peso corporal y su composición corporal, el crecimiento fetal, la producción de leche y el crecimiento del lechón (Computer Simulation Model of Swine Production Systems: I Modeling the Growth of Young Pigs POMAR; HARRIS; MINVIELLE, 1991; Computer simulation model of swine production systems: II. Modeling body composition and weight of female pigs, fetal development, milk production, and growth of suckling pigs 1991).

POMAR *et al.* (2011) demostraron que, en las instalaciones de cerdos en crecimiento y finalización, la alimentación de precisión puede ser un enfoque eficaz para reducir los costos de alimentación y mejorar la eficiencia de los nutrientes al reducir los excesos más perjudiciales, económica y ambientalmente, sin afectar los indicadores zootécnicos. Sin embargo, la implementación adecuada de la alimentación de precisión en los sistemas de producción animal debe incluir **1**) la evaluación adecuada del potencial nutricional de los ingredientes del alimento; **2**) la determinación precisa de los requerimientos nutricionales; **3**) la formulación de premezclas que limiten la cantidad del exceso de nutrientes; y **4**) el ajuste concomitante del suministro

dietético y la concentración de nutrientes para que coincida con las exigencias de cada cerdo en la granja.

Los programas de alimentación convencionales en cerdos en crecimiento y finalización van dirigidos a grupos con un número variable de animales que se alimentan con la misma dieta durante un determinado periodo de tiempo. La densidad nutricional de estas etapas suele estar dirigida para satisfacer al promedio del grupo o en algunos casos a los cerdos con mayor nivel de requerimientos, como se observa en la Figura N° 4 las necesidades individuales de Lys DIE (líneas finas de color) y los niveles mínimos de Lys DIE contenido en las tres fases que componen ese programa nutricional (POMAR *et al.*, 2011).

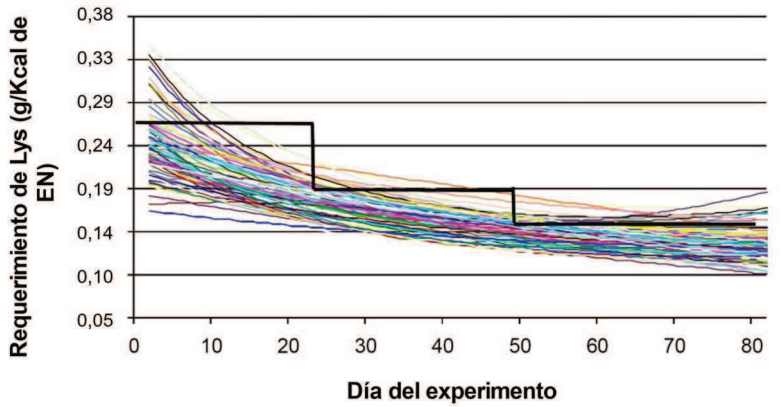


Figura N° 4 - Requerimientos calculados e individuales de Lys DIE de los cerdos (líneas finas de color) y niveles mínimos de Lys DIE que deben recibir los cerdos alimentados en un programa nutricional de tres fases.

Fuente: Adaptado de POMAR *et al.* (2011).

En un estudio desarrollado en Brasil evaluaron el impacto ambiental aplicando un modelo matemático que calcula los requerimientos diarios de Lys en tiempo real para ofrecer un programa de alimentación de precisión sostenible para cerdos en crecimiento. Los resultados de este estudio muestran claramente que la alimentación de precisión es un enfoque eficaz para mejorar la sostenibilidad ambiental de la producción porcina brasileña. Además, la adopción de técnicas de

alimentación de precisión para cerdos en crecimiento y finalización es una estrategia muy eficaz para maximizar el aprovechamiento de recursos como los nutrientes y energía, en comparación con los programas convencionales de alimentación que manejan grupos normalmente heterogéneos de animales (ANDRETTA *et al.*, 2017).

Estudios más recientes afirman que la utilización de programas de alimentación de precisión en el crecimiento-finalización de cerdos puede reducir significativamente los costos de producción (>8%), el consumo de alimento y excreción de N y P (25%) junto con las emisiones de GEI (6%) al aumentar la eficiencia de utilización de los nutrientes y energía de la dieta, sin embargo, se requiere del monitoreo en tiempo real fuera de la granja y la gestión inteligente de los alimentos y los animales para mejorar la eficiencia económica, reducir significativamente los requisitos de mano de obra y la identificación temprana de los factores estresantes ambientales y de salud de los animales, lo que incluso reduce el uso de antibióticos terapéuticos (POMAR; REMUS, 2019).

Estas mejoras los sistemas computarizados de modelaje y simulación reducirán aún más la huella ambiental de la industria porcina con descensos estimados del costo de alimentación de más del 12%, la excreción de N y P de más del 60% y las emisiones de GEI de más del 12% (POMAR; REMUS, 2019), sin embargo, para poder lograr estos objetivos será determinante la aplicación práctica del "internet de los animales" dentro de esquemas de "*Smart Farm*" y "*Smart Animal Nutrition*" que permitan tomar decisiones oportunas, precisas y estratégicas en tiempo real, e incluso con la aplicación de inteligencia artificial, hasta que en algún punto sean vitales para la producción animal como herramientas de mejora en productividad y costos, como también en sostenibilidad medioambiental. En este sentido, MACKENZIE, (2023) indica que estos estudios de modelaje y simulación han encontrado consistentemente que las tecnologías de "*Smart Nutrition*" pueden mitigar los impactos ambientales de estos sistemas hasta cierto punto y, además, puede abordar puntos críticos vitales de impacto ambiental de la producción animal, como las emisiones de CH_4 de los rumiantes.

Los impactos asociados con la producción de alimentos balanceados son más complejos de gestionar para la industria porcina. Las mayoría de formulaciones de alimentos se preparan sobre la base

del mínimo costo, y la selección de los ingredientes preferidos para reducir los impactos ambientales puede tener implicaciones de costos, lo que la convierte en una estrategia de mitigación menos atractiva. Sin embargo, mejorar la conversión alimenticia reducirá los impactos relacionados con la alimentación y también reducirá la producción de estiércol y, por lo tanto, las emisiones relacionadas con el estiércol junto con el costo de producción, ya que existe una fuerte relación entre conversión alimenticia y emisiones de GEI (WIEDEMANN; MCGAHAN; MURPHY, 2018).

Energía neta en nutrición porcina

Si bien es cierto, el interés de aplicar el concepto de EN en formulación práctica de raciones para cerdos parte del interés económico en el que la energía de la dieta, como para cualquier otra especie, resulta ser el componente más costoso, por otro lado, existen notorias diferencias que tienen las distintas materias primas sobre la generación de calor en forma de incremento calórico cuando la energía metabolizable pasa a convertirse en ATP (NOBLET *et al.*, 2022); sin embargo, puede ser también una estrategia de mitigación ambiental interesante desde tres aristas: **1**) uso de ingredientes o subproductos o coproductos no convencionales cuya limitante es la valoración precisa del aporte energético; **2**) es un concepto que complementa a la nutrición de precisión para un mayor aprovechamiento de los recursos (VELAYUDHAN; KIM; NYACHOTI, 2015), determinando el aporte y el requerimiento energético con mayor exactitud; y **3**) mayor eficiencia de utilización de la energía del alimento a nivel metabólico (WU *et al.*, 2020).

El aporte energético de un alimento, directamente, es dependiente de su composición nutricional y del eslabón energético al que se haga referencia (energía: a) bruta [EB], b) digestible [ED], c) metabolizable [EM] y d) neta [EN]). La ED depende de la digestibilidad total del alimento y de su contenido en fibra dietética (FD) y de lípidos totales, los que afectan la digestibilidad de la dieta y tienen un elevado aporte energético respectivamente. A nivel de EM, su aporte depende principalmente del contenido de PB de la dieta, que afecta las pérdidas urinarias de N y energía. Finalmente, en la etapa EN, la mayor parte de la diferencia se origina en la PB siendo la de menor aporte de EN por

su mayor generación de calor, en contraposición a los lípidos que tiene el aporte más alto de EN (Tabla N° 5). El valor energético también depende de los tratamientos tecnológicos en planta de alimentos balanceados y la adición de enzimas y otros aditivos que pueden mejorar la digestibilidad y utilización metabólica de los nutrientes. Finalmente, el valor energético depende del tipo de animal al que se ofrece el alimento donde la fracción FD hace una mayor contribución al valor energético en cerdos adultos que en cerdos en crecimiento (NOBLET *et al.*, 2022) debido a las diferencias en la madurez morfofisiológica de su tracto gastrointestinal.

Tabla N° 7 - Contribución real de los nutrientes al suministro de energía en cerdos en crecimiento (Kcal/g)

Energía	PB		Lípidos		Almidón		Azúcares	
	Kcal/g	% de EB	Kcal/g	% de EB	Kcal/g	% de EB	Kcal/g	% de EB
EB	5,40	100,0	9,27	100,0	4,18	100,0	3,99	100,0
ED	5,38	99,6	7,60	82,0	4,37	104,6	3,99	100,0
EM	4,71	87,2	7,70	83,0	4,35	104,0	3,80	95,2
EN	2,82	52,2	6,91	74,5	3,54	84,6	2,75	68,9

Valores resultantes de Noblet *et. al*. (1994). Las mediciones fueron colectadas a partir de 61 muestras de alimentos de cerdos de 45 kg, los coeficientes fueron obtenidos a partir de ecuaciones lineales de regresión múltiple (sin intercepto).

Fuente: Adaptado de NOBLET *et al.* (2022).

Enzimas exógenas

Las enzimas son catalizadores biológicos de naturaleza orgánica y de estructura proteica tridimensional con funciones muy específicas (MCDONALD *et al.*, 2011) y que son capaces de provocar una alteración química. Las enzimas ligan sustratos y catalizan reacciones mediante interacciones geométrica y físicamente complementarias. Varían en especificidad: algunas son altamente específicas de sustrato, mientras que otras se pueden ligar a una amplia gama de sustratos y catalizar muchos tipos de reacciones. Las reacciones enzimáticas están hechas de procesos de oxidorreducción y de procesos de transferencia de grupos (RUIZ, 2011).

Al igual que las herramientas y estrategias citadas anteriormente, las enzimas exógenas son aditivos que cuentan con una interesante disponibilidad de opciones en el mercado, siendo las más importantes y de mayor uso en fórmulas para monogástricos las fitasas, carbohidrasas (PNA [polisacáridos no amiláceos]) y proteasas (Tabla N° 6). Las fitasas, que son las más utilizadas en dietas para monogástricos debido a la importancia y presencia del ácido fítico (AF) como un factor antinutricional en prácticamente todos los ingredientes de origen vegetal (FAN; SELLE *et al.*, 2015), además de la gran cantidad de publicaciones sobre el área (COWIESON. A; MASEY-O´NEILL; BEDFORD, 2013); por lo que esta enzima domina el mercado actual de aditivos zootécnicos (ROSEN; BEDFORD; PARTRIDGE, 2010). En este sentido, el P corresponde al tercer componente más costoso en las dietas para monogástricos luego de la energía y proteína, por lo que para optimizar el uso y retención de P en nutrición porcina, las ingestas deben estar de acuerdo con los requerimientos, para lo que se requiere de una estimación precisa de los requerimientos de P del animal como también valores exactos del P contenido en los alimentos (LAUTROU; CAPPELAERE; LÉTOURNEAU MONTMINY, 2022) en términos de P total, P digestible y P fítico. Las fitasas (*myo*-inositol hexafosfato fosfohidrolasa) son enzimas exógenas que hidrolizan el fitato o AF y liberan los grupos fosfato y otros nutrientes que están ligados como el AAs (ZOUAOUI; LÉTOURNEAU-MONTMINY; GUAY, 2018), carbohidratos y otros minerales. Actualmente, la industria de fitasas refiere a productos de "última generación", pues existen fitasas fúngicas (primera generación) sin cualidades propias de termoestabilidad y que requieren menores niveles de pH para funcionar adecuadamente; luego nuevas técnicas biotecnológicas permitieron la producción de fitasas a partir de bacterias y levaduras, lo que condujo a la segunda generación de estas enzimas con mejor potencial de liberación de P y otros nutrientes, como también características termoestables propias y de menor requerimiento de pH ácido para un adecuado desempeño de la enzima.

Tabla N° 8 - Clasificación general de las enzimas exógenas disponibles en el mercado, sustratos objetivos, funciones y beneficios generales

Tipo	Enzima	Sustrato	MP[1]	Función	Beneficio
Carbohidrasas	Amilasa	Almidón	Cereales y leguminosas en grano	Hidrólisis de almidón	Suplemento para edades tempranas
	β-glucanasas: β (1-4) glucanasa	B-glucanos	Cebada, avena, centeno	Reducción de viscosidad de la dieta	Mejora la digestibilidad de las dietas
	Xilanasas	Arabinoxilanos	Trigo, centeno, triticale, cebada		
	α-Galactosidasa	Oligosacáridos	Soya, leguminosas		
	Mananasa	Manano-oligosacáridos (Pared celular)	Origen vegetal		
	Celulasas	Celulosa, Hemicelulosa (Pared celular)			
	Hemicelulasa	Hemicelulosa (Pared celular)			
	Pectinasa	Pectinas (Pared celular)			

Continua…

Tabla N° 9 - Cont.

Tipo	Enzima	Sustrato	MP[1]	Función	Beneficio
Proteasas	Proteasas	Proteínas	Proteicos vegetales	Hidrólisis de proteína	Aumento de la digestibilidad de la proteína
Otras	Fitasas	Ésteres de ácido fítico	Origen vegetal	Hidrólisis de fitato	Mejora la absorción de fósforo y otros minerales
	Lipasa	Grasas, ésteres	Lípidos de ingredientes	Hidrólisis de grasas	Suplemento para edades juveniles

Fuente: RAVINDRAN (2013).

[1] Materias primas.

La nutrición de precisión en combinación con el uso de enzimas exógenas como las fitasas permite reducir drásticamente el exceso de nutrientes en la dieta y, por lo tanto, la excreción de nutrientes, lo que las constituye en la mejor combinación de estrategias de mitigación ambiental y optimización de productividad y rentabilidad (ANDRETTA *et al.*, 2017), pues en este sistema, los cerdos se alimentan individualmente y sus dietas cambian cada día para estar más cerca de sus propios requerimientos independientemente de la variación biológica del grupo, sin embargo, esta estrategia requiere equipos especializados que pueden tener un valor iniciar de inversión elevado para la producción comercial y también algoritmos robustos para adaptarse a las curvas de requerimientos individuales en tiempo real que deben desarrollarse para P, calcio y otros nutrientes. De acuerdo con MONTEIRO *et al.* (2016), al aplicar el enfoque de modelaje y simulación, la reducción de la excreción de P es alta con alimentación de precisión, hasta del 6% en comparación con la alimentación multifase convencional incluyendo dentro de este modelo el uso de enzimas fitasas.

La disponibilidad de diferentes enzimas exógenas en el mercado, permite a los nutricionistas mirar diferentes posibilidades de combinación de ellas o de poder contar con alternativas en forma de coctel multienzimático o de complejo multienzimático, productos que traen una combinación de diferentes enzimas que actuarán sobre diferentes sustratos según su composición, sin embargo, resultará mucho más preciso trabajar en formulación con enzimas individuales de tal forma que exista la flexibilidad respectiva para ajustar la dosificación según los sustratos disponibles o según la estrategia que se requiere aplicar, por ejemplo, la superdosis de fitasa que ha demostrado efectos interesantes en nutrición de aves y cerdos en general aumentando aún más la digestibilidad del P y mejorando el la conversión y el crecimiento (SOL; ADEOLA, 2022). Es así como, se ha documentado que la combinación de diferentes enzimas exógenas en formulación ha tenido efectos aditivos mejorando de manera general la digestibilidad total de la materia orgánica de la dieta, como también la conversión alimenticia como uno de los indicadores zootécnicos más importantes en producción animal, como también la flexibilidad para usar ingredientes no tan convencionales o incluir mayores porcentajes de ciertos subproductos como salvados de trigo o arroz; ya que la

respuesta a la suplementación enzimática está influenciada por la fuente de cereal utilizada en la formulación de la dieta, al usar mananasa se mejoró la conversión con dietas a base de maíz, mientras que el uso de complejos multienzimáticos también mejoró la eficiencia alimenticia pero en dietas basadas en maíz, trigo, cebada y coproductos en crecimiento y finalización. (TORRES-PITARCH *et al.*, 2019).

Metaanálisis recientes afirman que el uso de fitasa incrementó entre un 25,6% y 64,9% la digestibilidad de P, la concentración de P digestible aumentó en medida que se aumentó la dosis de fitasa (1,01 g/kg ± 0,102 hasta 2,62 g/kg ± 0,122), lo que indica que las respuestas al uso de fitasa microbiana se pueden predecir asertivamente, ya que en este trabajo los valores pronosticados de la fitasa sobre la digestibilidad del P correspondieron con las predicciones realizadas hace 25 años (ROSENFELDER-KUON; SIEGERT; RODEHUTSCORD, 2019), por lo tanto, los valores de matrices nutricionales publicados por los diferentes fabricantes de estas enzimas pueden ser confiables, siempre que hayan seguido la metodología correcta para realizar su valoración y validación.

Conclusiones

La industria productora de proteína animal para consumo humano tiene un impacto ambiental innegable e importante, siendo los más relevantes la emisión de GEI, la huella hídrica, los olores y el consumo de combustibles fósiles. Al mismo tiempo, la creciente demanda de alimentos de origen animal en respuesta al crecimiento demográfico ocasionó aún más presión ambiental, sin embargo, será elemental la mejora de los indicadores zootécnicos para responder a la seguridad alimentaria mundial de una manera responsable con el medio ambiente.

No existen estrategias individuales o fórmulas específicas que puedan mitigar exitosamente el impacto ambiental que genera la industria porcina, es por tal motivo que las empresas porcícolas deben apuntar a aplicar una gama de estrategias multidisciplinarias, sinérgicas o aditivas, que permitan que la producción de proteína animal a partir de la carne de cerdo sea “más amigable” con el medio ambiente, pero sin descuidar el factor económico de la rentabilidad y la productividad

que toda empresa debe cumplir; por lo tanto, la aplicación de una mayor o menor cantidad de herramientas y estrategias sostenibles dependerá de la realidad y las condiciones de producción que deba enfrentar cada empresa porcícola.

La formulación de dietas bajas en proteína más la nutrición y alimentación de precisión tienen un gran impacto en la excreción de N y componentes en las heces, pero el punto de partida es la precisión en la valoración nutricional y energética de los alimentos junto con la estimación de los requerimientos nutricionales y energéticos de los animales, de tal manera que la fórmula diseñada por el nutricionista cumpla la especificaciones completas a nivel de su fabricación en planta de alimentos balanceados y pueda mantener sus cualidades hasta que llega a comedero a nivel de granja. Entonces, la alimentación de precisión resulta convertirse en un gran avance en la nutrición porcina y una de las vías más prometedoras para promover una carne de cerdo segura, de alta calidad, producida en buenas condiciones de bienestar animal y con un impacto mínimo sobre el medio ambiente, pero, su éxito dependerá en gran medida del alcance tecnológico para la toma de datos, monitoreo, control y ejecución de un programa de nutrición de precisión.

La optimización nutricional, principalmente de N y P, es la base más relevante para mitigar el impacto ambiental de la industria porcícola, de tal manera que, mediante la aplicación de los sistemas de nutrición se pueda medir y expresar, tanto los aportes nutricionales como también los requerimientos de N y P, lo que permite a los nutriólogos determinar de manera precisa los nutrientes y energía liberados por las enzimas exógenas a partir de sustratos específicos (Ej. P fítico para las fitasas) y poder aportar cantidades de nutrientes disponibles y necesarios para llenar los requerimientos completos del cerdo.

Agradecimientos

Al equipo coordinador del XI Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável – SIMBRAS; VIII Congresso Internacional de Agropecuária Sustentável por la gran oportunidad de contribuir en el ciclo de conferencias de tan magno evento.

Literatura citada

ANDRETTA, Ines *et al.* Environmental Impacts of Pig and Poultry Production: Insights From a Systematic Review. *Frontiers in Veterinary Science*, [*s. l.*], vol. 8, núm. October, p. 1–14, 2021.

ANDRETTA, I. *et al.* Environmental impacts of precision feeding programs applied in pig production. *Animal*, [*s. l.*], vol. 12, núm. 9, p. 1990–1998, 2017.

AROGO, J *et al.* Ammonia in Animal Production - A Review. *American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASAE Annual Meeting*, [*s. l.*], vol. 01–4089, p. 1–51, 2001.

BEHERA, Sailesh N. *et al.* Ammonia in the atmosphere: A review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environmental Science and Pollution Research*, [*s. l.*], vol. 20, núm. 11, p. 8092–8131, 2013.

BEKER, A. *et al.* Atmospheric ammonia concentration effects on broiler growth and performance. *Journal of Applied Poultry Research*, [*s. l.*], vol. 13, núm. 1, p. 5–9, 2004. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1093/japr/13.1.5.

BURGES, Ann; GLASAUER, Peter. *Guía de Nutrición de la Familia*. Roma, Italia: [*s. n.*], 2006.

CADÉRO, A. *et al.* Effects of interactions between feeding practices, animal health and farm infrastructure on technical, economic and environmental performances of a pig-fattening unit. *Animal*, [*s. l.*], vol. 14, p. s348–s359, 2020. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1017/S1751731120000300.

COWIESON. A; MASEY-O´NEILL, H.; BEDFORD, M. Enzymes Beyond Phytase in Poultry Nutrition. *Poultry Research Foundation*, [*s. l.*], núm. 2009, p. 1–11, 2013. Disponible en: http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf.

ELLEN, H. H. Emissions, regulations and impact in the European Union and the Netherlands. *Journal of Applied Poultry Research*, [*s. l.*], vol. 14, núm. 3, p. 651–655, 2005. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1093/japr/14.3.651.

GERBER, P.J. *et al. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. [*S. l.: s. n.*], 2013. *E-book*. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf.

GODDE, C. M. *et al.* Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence. *Global Food Security*, [*s. l.*], vol. 28, núm. December 2020, p. 100488, 2021. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100488.

GUEVARRA, Robin *et al.* Piglet gut microbial shifts early in life: causes and effects. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, [*s. l.*], vol. 10, núm. 1, p. 1–10, 2019.

HAYES, E. T. *et al.* The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses. *Bioresource Technology*, [*s. l.*], vol. 91, núm. 3, p. 309–315, 2004.

HOLLIS, Gilbert. *Environmental Stress*. [*S. l.*], 1997. Disponible en: https://livestocktrail.illinois.edu/porknet/paperDisplay.cfm?ContentID=500. .

HOMES, Jairo. Generación de olores en la cría de cerdos. *El Sitio Porcino*, [*s. l.*], 2014. Disponible en: https://www.elsitioporcino.com/articles/2669/generacian-de-olores-en-la-craa-de-cerdos/.

HONEYMAN, Mark S. Environment-friendly swine feed formulation to reduce nitrogen and phosphorus excretion. *American Journal of Alternative Agriculture*, [*s. l.*], vol. 8, núm. 3, p. 128–132, 1993.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Principles and procedures*. [*S. l.*], 2023. Disponible en: https://archive.ipcc.ch/organization/organization_procedures.shtml. .

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC]. *Summary for Policymakers. En: ClimateThe Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Reino Unido; New York, USA: Cambridge University Press, 2021.

IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2018.

JANSMAN, A. J.M. *et al.* Interaction and imbalance between indispensable amino acids in young piglets. *Animal*, [*s. l.*], vol. 13, núm. 5, p. 941–949, 2019.

JHA, Rajesh; BERROCOSO, Julio F.D. Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and on the environment: A review. *Animal Feed Science and Technology*, [*s. l.*], vol. 212, p. 18–26, 2016. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.002.

JOHNSON, Kristen A. Charting a course to sustainability. *Animal Frontiers*, [*s. l.*], vol. 11, núm. 4, p. 3–4, 2021.

KIM, Sung Woo; MCPHERSON, Rebecca L.; WU, Guoyao. Dietary Arginine Supplementation Enhances the Growth of Milk-Fed Young Pigs. *Journal of Nutrition*, [*s. l.*], vol. 134, núm. 3, p. 625–630, 2004. Disponible en: https://doi.org/10.1093/jn/134.3.625.

KLEIN, Bradley (ed.). *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology*. Sextaed. St. Louis, EE UU: Elsevier Inc., 2020-. ISSN 17526868.vol. 68

LAUTROU, Marion; CAPPELAERE, Léa; LÉTOURNEAU MONTMINY, Marie Pierre. Phosphorus and nitrogen nutrition in swine production. *Animal Frontiers*, [*s. l.*], vol. 12, núm. 6, p. 23–29, 2022. Disponible en: https://doi.org/10.1093/af/vfac068. Consultado en: 24 jul. 2023.

LEGGETT, Jane A. The United Nations framework convention on climate change, the Kyoto protocol, and the Paris agreement: A summary. *Climate Change: Legislative Issues and Economic Costs*, [*s. l.*], p. 221–240, 2020.

MACKENZIE, Stephen George. The Potential Contribution of Smart Animal Nutrition in Reducing the Environmental Impacts of Livestock Systems. *En*: KYRIAZAKIS, Ilias (ed.). *Smart Livestock Nutrition*. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 311–336. *E-book*. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-031-22584-0_11.

MARQUARDT, Ronald R; HAN, Zhengkang. *Enzymes in Poultry and Swine Nutrition*. [*S. l.*]: IDRC, 1997.

MASSEY, Ray; ULMER, Ann. Pork Production and Greenhouse Gas Emissions. *Hogs, pigs and pork*, [*s. l.*], 2019. Disponible en: https://swine.extension.org/pork-production-and-greenhouse-gas-emissions/.

MCDONALD, P *et al.* Animal nutrition. *Animal nutrition*, [*s. l.*], p. 365, 2011. Disponible en: http://www.cabdirect.org/abstracts/19701406676.html.

MEKONNEN, Mesfin; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of animals and animal products (Value of water research report 48; No. 48). *Unesco-IHE Institute for Water Education*, [*s. l.*], p. 80, 2010. Disponible en: http://www.unesco-ihe.org/Value-of-Water-Research-Report-Series/Research-Papers.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, [*s. l.*], vol. 15, núm. 5, p. 1577–1600, 2011.

MONTEIRO, A. N.T.R. *et al.* Effect of feeding strategy on environmental impacts of pig fattening in different contexts of production: Evaluation through life cycle assessment. *Journal of Animal Science*, [*s. l.*], vol. 94, núm. 11, p. 4832–4847, 2016.

MOU, Qi *et al.* Amino acids influencing intestinal development and health of the piglets. *Animals*, [*s. l.*], vol. 9, núm. 6, 2019.

NOBLET, Jean *et al.* Energy and Energy Metabolism in Swine. *En*: CHIBA, Lee I. (ed.). *Sustainable Swine Nutrition*. Segundaed. Hoboken, EE. UU.: John Wiley & Sons Ltd., 2022. p. 1–14. *E-book*. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119583998.

O'MARA, F. P. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Animal Feed Science and Technology*, [*s. l.*], vol. 166–167, p. 7–15, 2011. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.074.

OECD/FAO. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032*. Paris: [*s. n.*], 2023.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO]. *Cómo alimentar al mundo en 2050Voluntas*. [*S. l.: s. n.*], 2018. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/Cómo_alimentar_al_mundo_en_2050.pdf. .

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO]. *Un año después, Asia ha perdido casi 5 millones de cerdos por el brote de peste porcina*. [*S. l.*], 2019. Disponible en: https://www.fao.org/news/story/es/item/1204594/icode/. Consultado en: 27 jul. 2023.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS [OCDE]; ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO]. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027 - Special Focus: Middle East and North Africa*. París: OECD Publishing, 2018. *E-book*. Disponible en: https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en%0Ahttps://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-

outlook-2018-2027_agr_outlook-2018-en.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS [OECD]. *Population projections*. [*S. l.*], 2023. Disponible en: https://data-explorer.oecd.org/vis?fs[0]=Topic%2C1%7CSociety%23SOC%23%7CDemography%23SOC_DEM%23&pg=0&fc=Topic&bp=true&snb=2&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_POPULATION%40DF_POP_PROJ&df[ag]=OECD.ELS.SAE&df[vs]=1.0&pd=2021%2C2030&dq=AUS..PS._T..&ly[r. .

PATIENCE, John F. Precision in swine feeding programs: An integrated approach. *Animal Feed Science and Technology*, [*s. l.*], vol. 59, núm. 1-3 SPEC. ISS., p. 137–145, 1996.

POMAR, C *et al.* Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals. *En*: SAUVANT, D. *et al.* (eds.). *Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals*. [*S. l.*]: Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 2011. p. 327–334.

POMAR, Candido; HARRIS, Dewey L.; MINVIELLE, Francis. Computer Simulation Model of Swine Production Systems: I Modeling the Growth of Young Pigs. *Journal of Animal Science*, [*s. l.*], vol. 69, núm. 1979, p. 1468–1488, 1991. Disponible en: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/69/4/1468/4705579.

POMAR, Candido; HARRIS, Dewey L; MINVIELLE, Francis. Computer simulation model of swine production systems: II. Modeling body composition and weight of female pigs, fetal development, milk production, and growth of suckling pigs. *Journal of Animal Science*, [*s. l.*], vol. 69, núm. 4, p. 1489–1502, 1991. Disponible en: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/69/4/1489/4705586?login=false.

POMAR, Candido; REMUS, Aline. Precision pig feeding: A breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers*, [*s. l.*], vol. 9, núm. 2, p. 52–59, 2019.

PUIGVERT, Xavier; CASTELLÓ, Narcís; MARTÍ, Eduard. Emisiones de gases y olores de las explotaciones de engorde de porcino. *3tres3 LATAM, la página del Cerdo*, [*s. l.*], 2010. Disponible en: https://www.3tres3.com/latam/articulos/emisiones-de-gases-y-olores-de-las-explotaciones-de-engorde-de-porcino_10874/.

RAVINDRAN, V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *Journal of Applied Poultry Research*, [*s. l.*], vol. 22, núm. 3, p. 628–636, 2013.

ROSEN, G D; BEDFORD, M R; PARTRIDGE, G G. Holo-analysis of the efficacy of exogenous enzyme performance in farm animal nutrition. *En*: ENZYMES IN FARM ANIMAL NUTRITION. Londres: CAB International, 2010. p. 273–303.

ROSENFELDER-KUON, Pia; SIEGERT, Wolfgang; RODEHUTSCORD, Markus. Effect of microbial phytase supplementation on P digestibility in pigs: a meta-analysis. *Archives of Animal Nutrition*, [*s. l.*], vol. 74, núm. 1, p. 1–18, 2019. Disponible en: https://doi.org/10.1080/1745039X.2019.1687249.

ROSTAGNO, H *et al. Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos: composición de alimentos y requerimientos nutricionales*. [*S. l.: s. n.*], 2017. vol. 4

RUIZ, Benjamín. *Puntos clave de las enzimas en la avicultura*. [*S. l.*], 2011. Disponible en: http://www.wattagnet.com/articles/10236-puntos-clave-de-las-enzimas-en-la-

avicultura. Consultado en: 1 ene. 2016.

SAKOMURA, N. K. *et al.* (eds.). *Nutritional Modelling for Pigs and Poultry*. Oxfordshire, Reino Unido: CAB International, 2015.

SCHIFFMAN, Susan S; WILLIAMS, C M. Science of odor as a potential health issue. *Journal of Environmental Quality*, [*s. l.*], vol. 34, núm. 1, p. 129–138, 2005. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15647542.

SELLE, Peter H *et al.* Dietary phytate and exogenous phytase: An expanding comprehension. *En*: , 2015, Arkansas. *Arkansas Nutrition Conference 2015*. Arkansas: University of Arkansas, 2015. Disponible en: http://www.thepoultryfederation.com.

SOL, Chan; ADEOLA, Olayiwola. Enzymes and Enzyme Supplementation of Swine Diets. *En*: CHIBA, Lee (ed.). *Sustainable Swine Nutrition*. Segundaed. Hoboken, EE. UU.: John Wiley & Sons Ltd., 2022.

STEINFELD, Henning *et al. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*. Roma, Italia: [*s. n.*], 2009.

SUTTON, Alan. Controlling Odors from Swine Operations. *Pork Information Gateway*, Clive, EE. UU., p. 1–2, 2012. Disponible en: https://porkgateway.org/resource/controlling-odors-from-swine-operations/.

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*, [*s. l.*], vol. 251, núm. August 2018, p. 153–165, 2019. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.12.007.

TRABUE, S. L. *et al.* Swine diets impact manure characteristics and gas emissions: Part I protein level. *Science of the Total Environment*, [*s. l.*], vol. 755, p. 142528, 2021. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142528.

TUITOEK, K. *et al.* The Effect of Reducing Excess Dietary Amino Acids on Growing-Finishing Pig Performance: An Evaluation of the Ideal Protein Concept. *Journal of Animal Science*, [*s. l.*], vol. 75, núm. 6, p. 1575–1583, 1997.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Inventory of U. S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks :. [*s. l.*], p. 564, 2015.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [EPA]. *Overview of Greenhouse Gases*. [*S. l.*], 2023. Disponible en: https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases. .

VAN MILGEN, Jaap; DOURMAD, Jean Yves. Concept and application of ideal protein for pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, [*s. l.*], vol. 6, núm. 1, p. 1–11, 2015. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4416387/.

VÁZQUEZ, Rita. *Huella hídrica en México: análisis y perspectivas*. Primeraed. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2017. *E-book*. Disponible en: http://www.imta.gob.mx/.

VELAYUDHAN, D. E.; KIM, I. H.; NYACHOTI, C. M. Characterization of dietary energy in swine feed and feed ingredients: A review of recent research results. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, [*s. l.*], vol. 28, núm. 1, p. 1–13, 2015.

WANG, Yuming *et al.* Advances in low-protein diets for swine. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, [*s. l.*], vol. 9, núm. 1, p. 1–14, 2018.

WANG, Hongliang *et al.* Can dietary manipulations improve the productivity of pigs with lower environmental and economic cost? A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, [*s. l.*], vol. 289, núm. November 2019, p. 106748, 2020. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106748.

WIEDEMANN, Stephen G.; MCGAHAN, Eugene J.; MURPHY, Caoilinn M. Environmental impacts and resource use from Australian pork production determined using life cycle assessment. 2. Energy, water and land occupation. *Animal Production Science*, [*s. l.*], vol. 58, núm. 6, p. 1153–1163, 2018.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. *Climate Analysis Indicator Tool*. [*S. l.*], 2015. Disponible en: https://globalclimateactionpartnership.org/resource/climate-analysis-indicators-tool/. .

WU, Yi *et al.* Progress towards pig nutrition in the last 27 years. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, [*s. l.*], vol. 100, núm. 14, p. 5102–5110, 2020. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.9095.

WU, Guoyao; LI, Peng. The “ideal protein” concept is not ideal in animal nutrition. *Experimental Biology and Medicine*, [*s. l.*], vol. 247, núm. 13, p. 1191–1201, 2022.

ZHANG, Shihai *et al.* Effects of dietary leucine supplementation in low crude protein diets on performance, nitrogen balance, whole-body protein turnover, carcass characteristics and meat quality of finishing pigs. *Animal Science Journal*, [*s. l.*], vol. 87, núm. 7, p. 911–920, 2015.

ZOUAOUI, M.; LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P.; GUAY, F. Effect of phytase on amino acid digestibility in pig: A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, [*s. l.*], vol. 238, núm. January, p. 18–28, 2018.

PLANEJAMENTO DAS AÇÕES DE EXTENSÃO RURAL PARA PRODUTORES E PROFISSIONAIS EM MATO GROSSO[A]

Jordane Aparecida Vieira dos Reis[1], Aaron Kinyu Hoshide[1], John Robert Vreyens[2], André Soares de Oliveira[3], Vanessa Aparecida Moreira de Barros[4], Wininton Mendes da Silva[1,5], Luana Molossi[1], Jessica Lima Viana[1], Ronaldo Alves de Oliveira[1], Karolyne Vieira Bassetto[1], Sylvia Sanae Takishita[1], Thatiana de Andrade Figueira[6] e Daniel Carneiro de Abreu[1]

ABSTRACT - Brazil's midwest has rapidly expanded large-scale commodity crops such as soybeans and maize. We surveyed both agricultural producers and agricultural professionals in the middle-north region of Mato Grosso state, Brazil. Agricultural professionals provide technical support to agricultural producers and both are served by Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) with nationally and internationally recognized extension outreach. Our objectives were to define and contrast agricultural producer and professional

[1] AgriSciences, Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop. Caixa Postal 729, Sinop (MT). CEP:78550-970. E-mail: abreu@ufmt.br. O presente trabalho foi realizado com apoio do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Mato Grosso (Projeto Profissionais do Campo);

[2] College of Food, Agricultural and Natural Resource Sciences, University of Minnesota Extension, Saint Paul, MN 55108, USA

[3] Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICAA), Universidade Federal do Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Avenida Alexandre Ferronato, 1200, 78550-728, Sinop (MT);

[4] Departamento de Economia Rural (DER), Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário de Viçosa, Rua Purdue, s/n, 36570-900, Viçosa (MG);

[5] Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER-MT), Centro Político Administrativo, CEP: 78049-903, Cuiabá (MT);

[6] Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas (FACISA), Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Avenida dos Ingás, 3001, 78555-000, Sinop (MT);

characteristics, especially source(s) relied upon for agricultural training. There were 94 agricultural producers and 89 agricultural professionals that responded to our surveys, which were summarized and contrasted using statistical software. There was a predominance of male farmers, married with a broad age range. Agricultural professionals who advise producers had a high educational level. Producers and professionals were most reliant on private sector agricultural companies and business support organizations for agricultural training, versus public institutions such as universities and state/federal agencies. In the state of Mato Grosso, extension outreach can involve joint efforts by public and private sector entities. However, more targeted efforts are needed to ensure that public sector research is more equally used by agricultural producers and professionals in the region, especially during field days and face-to-face technical lectures during the off-season.

Keywords: agricultural education, agricultural producers, agricultural professionals, education and learning processes, questionnaires, rural extension.

RESUMO - O Centro-Oeste do Brasil expandiu rapidamente as culturas de *commodities* em grande escala, como soja e milho. Pesquisamos produtores agrícolas e profissionais agrícolas na região Centro-Norte do estado de Mato Grosso (Brasil). Os profissionais da área agrícola fornecem suporte técnico aos produtores agrícolas e ambos são atendidos pela Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), com alcance de extensão reconhecido nacional e internacionalmente. Nossos objetivos foram definir e contrastar as características dos produtores agrícolas e dos profissionais agrícolas, especialmente as fontes utilizadas para treinamento agrícola. As perguntas da pesquisa foram respondidas por 94 produtores agrícolas e 89 profissionais agrícolas; suas respostas foram resumidas e contrastadas com o uso de *software* estatístico. Houve predominância de agricultores do sexo masculino, casados e com ampla faixa etária. Os profissionais agrícolas que aconselham os produtores tinham alto nível educacional. Os produtores e os profissionais dependiam mais de empresas agrícolas do setor privado e de organizações de apoio a negócios para treinamento

agrícola do que de instituições públicas, como universidades e órgãos estaduais/federais. No estado de Mato Grosso, a extensão pode envolver esforços conjuntos de entidades dos setores público e privado. Entretanto, são necessários esforços mais direcionados para garantir que a pesquisa do setor público seja usada de forma mais igualitária pelos produtores agrícolas e profissionais da região, especialmente durante os dias de campo e palestras técnicas presenciais durante a entressafra.

Palavras-chave: educação agrícola, extensão rural, processos de educação e aprendizagem, produtores agrícolas, profissionais agrícolas, questionários

Introdução

O Mato Grosso é um estado localizado na região Centro-Oeste do Brasil com 903.207 km^2. Em 2021, havia 3.567.234 habitantes com uma densidade populacional de 3,94 habitantes/km^2 (IBGE, 2021). O estado de Mato Grosso possui o maior rebanho bovino do país, com 32.424.958 cabeças. Em 2017, o estado de Mato Grosso tinha 118.679 propriedades rurais, totalizando 54.922.850 hectares destinados à produção agrícola (IBGE, 2017). Mato Grosso é o maior estado produtor de soja do Brasil, com 10.909.400 hectares plantados produzindo 39.961.100 toneladas (t), com produtividade de 3.663 t/ha em 2022. Para milho, no ano de 2022, o estado de Mato Grosso teve uma área plantada de 6.547.400 hectares, produzindo 41.620.100 t com uma produtividade de 6.357 t/ha (CONAB, 2022).

Inquestionavelmente, o estado de Mato Grosso vem se posicionando como uma das potências mundiais do setor agropecuário, mas também enfrenta grandes desafios para o aumento da produção de alimento, razão, fibra e energia com conservação ambiental. Além disso, faltam planejamento e recursos para estruturação de ambiente preparado para bem-sucedidas ações de extensão rural no estado, assim como atualização de profissionais (Reis *et al*., 2020) e extensionistas em metodologias, comunicação, planejamento e conhecimento técnico atualizado (isento de conflito de interesse econômico), bem como a troca de saberes entre produtores, profissionais e pesquisadores.

Com isso, o planejamento, que consiste em "decidir antecipadamente o que deve ser feito, levando-se em conta as condições locais e do respectivo contexto", faz-se necessário para que os conhecimentos imprescindíveis para uma agricultura e/ou pecuária sustentável sejam transmitidos de sua fonte geradora aos receptores finais e, assim, aumentar os ganhos de produtividade e, concomitantemente, reduzir impactos negativos ao meio ambiente no estado, com projetos de extensão independentes. Os projetos desenvolvidos por universidades e outras instituições públicas são muito importantes (Fumagali; Silva, 2020) para auxiliar todos os atores locais a se ajustarem aos desafios impostos pelas mudanças no ambiente de produção e região (Garst; Mccawley, 2015). Há uma escassez de recursos públicos para programas de extensão, como palestras técnicas, workshops, entre outros; e, mesmo com pouca ocorrência desses eventos, tem havido baixa participação de produtores e profissionais.

Diante disso, faz-se necessário caracterizar o perfil desses profissionais, identificando suas necessidades em relação ao conhecimento técnico e métodos de atuação no exercício da extensão e/ou assistência técnica e, assim, capacitar para o exercício de suas atividades. O bom desempenho desses profissionais refletirá na consecução dos objetivos definidos para o desenvolvimento rural sustentável. Também, para êxito das ações de extensão, necessidades, interesses, conhecimento, restrições, práticas, valores, princípios e recursos dos produtores devem ser levados em consideração, por ser o ambiente familiar a essas pessoas.

Dessa forma, este capítulo foi conduzido com o objetivo de identificar e caracterizar os perfis dos produtores rurais e profissionais na região Médio-Norte, responsável pela maior produção de oleaginosas do estado; e verificar quais métodos de transmissão de conhecimento são preferidos para aumento do conhecimento e/ou adoção.

Materiais e métodos

Área de estudo e abordagem metodológica

A área selecionada para este estudo em Mato Grosso foi a macrorregião Médio-Norte do estado. A região é mais importante para

produção, comercialização e distribuição de culturas oleaginosas no estado (IMEA, 2017; IBGE, 2022). O estudo utilizou dados e análises qualitativos, quantitativos e descritivos para a abordagem metodológica inspirada no diagnóstico rural participativo (DPA). O DPA permite identificar as perspectivas de todos os grupos de interesse de uma comunidade, possibilitando uma mudança nas funções tradicionais de pesquisador/pesquisado, de modo que várias partes interessadas participem da determinação de como a coleta de dados será conduzida (De Freitas; De Freitas; Dias, 2012). O método também pode ser utilizado como um canal de comunicação entre aqueles que compartilham um problema comum. Solicitamos *feedback* de produtores rurais e profissionais para refinar nossos questionários, bem como a coleta de dados do questionário.

Amostragem e gestão da pesquisa

Foram entrevistados 94 produtores rurais de médio a grande porte e 89 profissionais, durante o período de transição seca-águas e início do período das águas de 2019. Os produtores eram principalmente nos municípios de Nova Mutum (13.82681 S, 56.07165 W), Lucas do Rio Verde (13.073898 S, 55.91885 W), Sorriso (12.54209 S, 55.72081 W) e Sinop (11.85984 S, 55.50723 W), sendo essa última uma das maiores áreas de cultivo da América Latina. Esta região faz a transição dos biomas Cerrado e Amazônia, indo de sul (Nova Mutum) a Norte, (Sinop) (Figura 1). As informações sobre a pesquisa, implementação e análises estão resumidas na Figura 2.

Os questionários propostos para serem respondidos pelos produtores rurais e profissionais foram aplicados pessoalmente e *on-line*, usando a plataforma Google Forms®. As perguntas do questionário foram elaboradas para serem preenchidas em cerca de 30 minutos. Uma equipe de pesquisadores e discentes (graduação e pós-graduação) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e University of Minnesota revisou as perguntas do questionário antes da sua aplicação. Foi utilizado também o método "Need Assessment Circuit" (NAC) (Benge; Warner, 2019), possibilitando estimar o tempo necessário para responder às perguntas do questionário e o número de respostas-alvo para cada município. O NAC foi selecionado com base em seu uso em estudos

anteriores sobre o envolvimento do público de interesse do setor agrícola (Diori, 2021). Os questionários começaram a ser aplicados com produtores agrícolas e profissionais no período de transição seca-águas de 2019. Devido à baixa resposta inicial do questionário *on-line* no primeiro mês, iniciou-se o contato direto com os produtores e os profissionais por meio de sindicatos rurais e revendas durante três meses, de junho a agosto de 2019.

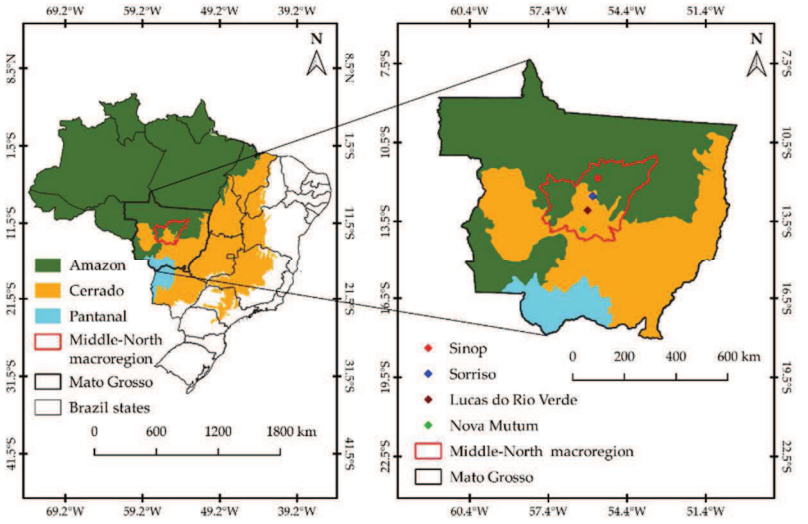


Figura 1 - Municípios na região Médio-Norte e biomas no estado de Mato Grosso

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 4)

O projeto foi apresentado aos sindicatos de cada município para facilitar a comunicação com o público-alvo de produtores. Os produtores responderam às perguntas em folhas impressas e, às vezes, por contato telefônico. O apoio dos sindicatos foi imprescindível para garantir que, pelo menos, dois dias úteis da semana estivessem disponíveis para a aplicação dos questionários com os produtores. Foram visitados, como já mencionado, quatro municípios (Figura 1) e os questionários aplicados nas revendas, empresas agrícolas ou *on-line* para os profissionais e suas equipes. Foram também realizadas

apresentações sobre a pesquisa em pelo menos dez empresas agrícolas em cada município, facilitando a coleta de dados *in loco*, usando questionários impressos e, em algumas situações, usando a versão *on-line* e aplicativos de comunicação rápida (WhatsApp®).

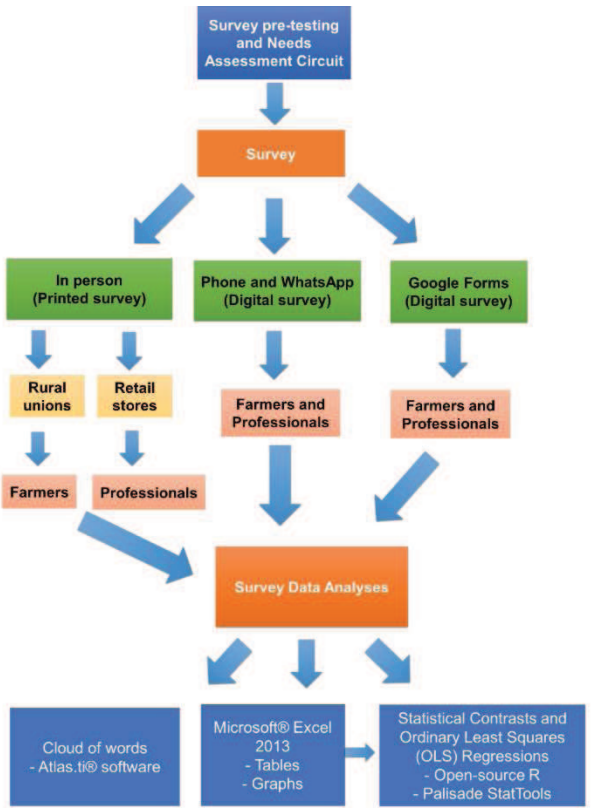


Figura 2 - Fluxograma de pesquisa realizada com produtores rurais e profissionais na região Médio-Norte do estado de Mato Grosso

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 5)

As perguntas contidas no questionário dos produtores foram divididas em três seções. A primeira seção incluía perguntas sociodemográficas sobre idade, sexo, estado civil, escolaridade e

residência. Além disso, os entrevistados foram questionados sobre seu tempo de experiência ou serviço no setor agrícola. Perguntou-se aos produtores se eles residiam na propriedade e, caso contrário, com que frequência visitavam suas propriedades e quem era responsável pelas decisões técnicas da propriedade. A segunda seção do questionário era relacionada à área da propriedade, à produção e ao gerenciamento do sistema de cultivo e à participação em programas e capacitação agrícola. Por fim, as perguntas da terceira seção indagavam sobre as preferências dos produtores em relação a tópicos de extensão agrícola, métodos de extensão (por exemplo, dia de campo, curso, workshop, seminários etc.), bem como comentários e sugestões gerais.

O questionário com profissionais também foi dividido em três seções. A primeira seção perguntava sobre o histórico geral dos profissionais, como localização, escolaridade, ocupação, número de agricultores atendidos, área de cultivo abrangida e tipos de culturas atendidas. A segunda seção da pesquisa envolvia a transferência e a difusão de tecnologias para os produtores, a probabilidade de usar informações por meio dos canais de comunicação atuais, a frequência de leitura de literatura especializada e a quantidade de capacitações realizadas por ano. A seção final do questionário era sobre os métodos de extensão preferidos, duração e programação da extensão e disponibilidade para capacitação presencial e *on-line.* Também foram solicitadas sugestões e comentários gerais.

Organização e análise de dados

Os dados dos questionários foram inseridos no Microsoft Excel® 2013 para gerar tabelas, gráficos e figuras. As respostas dos questionários foram codificadas para perguntas categóricas, a fim de gerar estatísticas resumidas e usá-las em análises de regressão multivariada (Fávero; Belfiore, 2017). Tanto os produtores quanto os profissionais especificaram os sistemas de cultivo com os quais estavam envolvidos. As respostas às perguntas comumente feitas a produtores e profissionais foram testadas quanto a diferenças estatisticamente significativas entre esses dois grupos de respondentes, usando o teste Z para diferenças significativas entre proporções no R de código aberto. Organizamos as respostas abertas para comentários e sugestões como um texto corrido e, em seguida, criamos uma nuvem de palavras usando

o software Atlas.ti®. O software identificou palavras usadas com frequência por produtores e profissionais para comparação visual. Executamos regressões de mínimos quadrados ordinários (OLS) no R de código aberto e Palisade Decision Tools Suite's StatTools para determinar as variáveis independentes, que afetam significativamente a proporção de fontes de treinamento públicas (*versus* privadas) para produtores e profissionais.

Resultados

Características da audiência da pesquisa e da área da propriedade

Produtores rurais e suas propriedades

As características dos produtores são apresentadas na Tabela 1. Cerca de um quarto dos produtores (24,7%) possuía entre 56 e 65 anos, enquanto os de 25 a 35 anos representavam 23,6% da amostra. A maioria dos produtores era do sexo masculino (91,4%) e casada (82,6%). Com base em um censo agrícola e pecuário brasileiro realizado entre 2006 e 2017, o cultivo de algodão, cana-de-açúcar, sementes e mudas, florestas plantadas e aquicultura teve participação mínima de mulheres. Essas atividades empregam recursos humanos assalariados mal remunerados, são altamente mecanizadas e são comuns em propriedades patronais (Balsadi; Da Mota, 2017).

A maioria dos produtores pesquisados (61,3%) relatou ter mais de 20 anos de experiência na atividade agropecuária (Tabela 1). Os produtores apresentaram uma formação em diversas áreas, sendo que 46,7% possuem até o ensino médio completo e 27,2% detêm diploma universitário de graduação (Tabela 2). Dos 40 produtores que especificaram outro curso superior ou diploma de graduação, 50% são agrônomos (Tabela 1). Diplomas avançados (6,5%) e educação técnica (3,3%) compuseram o restante das formações educacionais (Tabela 2). Os resultados são consistentes com um estudo anterior em relação aos produtores no Brasil, exceto em relação à escolaridade e à forma como as informações técnicas são obtidas (Conceição, 2020).

Tabela 1 - Características dos produtores rurais da região médio-norte, estado de Mato Grosso, em 2019

Producer Characteristic	*n*	%
Age (*n* = 93)		
<25	5	5.4
25–35	22	23.6
36–45	18	19.4
46–55	18	19.4
56–65	23	24.7
>65	7	7.5
Gender (*n* = 93)		
Male	85	91.4
Female	8	8.6
Civil Status (*n* = 92)		
Single	14	15.2
Married	76	82.6
Divorced	2	2.2
Undergraduate area (*n* = 40)		
Agronomist	20	50.0
Other professions	15	37.5
Administrator	2	5.0
Veterinarian	1	2.5
Economist/Accountant	2	5.0
Live on farm (*n* = 93)		
Yes	29	31.2
No	64	68.8
Administrative decisions made (*n* = 89)*:*		
Individually	26	29.2
With husband (wife)	15	16.9
With husband (wife) and children	23	25.8
With someone outside the family	22	24.7
Outside the family	3	3.4
Years in agriculture (*n* = 93)		
0–10	16	17.2
10–19	20	21.5
20–29	23	24.8
30–39	20	21.5
40–50	11	11.8
>50	3	3.2
Farm area managed (hectares) (*n* = 93)		
<500	21	22.6

Continua…

Tabela 1 - Cont.

Producer Characteristic	*n*	%
500–1499	32	34.4
1500–3499	20	21.5
3500–9999	19	20.4
>10,000	1	1.1
Uses farm credit (*n* = 93)		
Yes	76	81.7
No	17	18.3

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 9)

A maioria dos produtores entrevistados (68,8%) não mora na propriedade (Tabela 1) e administra provavelmente propriedades localizadas em áreas não localizadas nos municípios, onde foram aplicados os questionários; fato contrário ao dos profissionais que atendem nesses municípios (p = 0,005, Tabela2). Em geral, os produtores residem na cidade, o que permite o acesso a um padrão de vida melhor para suas famílias (por exemplo, educação, saúde, entretenimento, comércio e outros serviços). Por fim, as decisões de gerenciamento foram tomadas individualmente pelo produtor (29,2%), ou em conjunto com algum membro da família (42,7%), ou com um indivíduo externo (24,7%). Assim, 96,6% das propriedades e empresas agrícolas são gerenciadas pelo produtor, esposa e filhos (Tabela 1).

A maioria das propriedades gerenciadas por produtores são de 500 a 1.499 ha (34,4% dos produtores), com 77,4% das fazendas maiores ou iguais a 500 ha (Tabela 1). A maioria das propriedades registradas no questionário é maior do que a observada em outras regiões do país, onde apenas 0,9% das propriedades são maiores que 1.000 hectares (GFRAS, 2021). Mato Grosso é o maior estado agrícola do Brasil, produzindo 21,1% do valor agrícola do país (Statista, 2021). As culturas produtoras de *commodities* incluem o milho (*Zea mays* L.) ou o algodão (*Gossypium* sp.), cultivado como segunda cultura após a soja (*Glycine max* L.), no mesmo ano de produção (Picoli *et al.,* 2019). Historicamente, a produção destas *commodities* passou da expansão de fronteira agrícola para intensificação (por unidade de área), visando reduzir o desmatamento por meio da colaboração dos setores público e privado com organizações não governamentais (ONGs) (Arvor *et al*., 2018).

Tabela 2 - Características e preferências de produtores agrícolas e profissionais da região Centro-Norte (MT/ Brasil), em 2019

Respondent Characteristics and Preferences	Producers		Professionals		Z-Test
	n	% resp.	*n*	% resp.	*p*-Value
Location	*91*		*89*		
Sinop	19	20.9	29	32.5	0.108
Sorriso	23	25.3	28	31.5	0.450
Nova Mutum	16	17.6	12	13.5	0.580
Lucas do Rio Verde	9	9.9	9	10.1	>0.999
Other	28	30.8	11	12.4	0.005
Educational level	*92*		*89*		
Up to high school	15	16.3	2	2.3	0.003
Completed high school	28	30.4	1	1.1	<0.0001
Technical education	3	3.3	14	15.7	0.009
Other higher education	15	16.3	0	0	0.0002
College Degree (B.A., B.S.)	21	22.8	47	52.8	<0.0001
Graduate Degree (M.S., Ph.D.)	6	6.5	25	28.1	0.0003
Works with crop system type(s) [a]	*93*		*85*		
Just soybeans (S)	6	6.5	1	1.2	0.155
S-Maize (M)	55	59.1	56	65.9	0.439
S-Cotton	7	7.5	28	19.7	<0.0001
S-M-Pasture	28	30.1	26	18.3	>0.999
Other crop(s)/enterprise	31	33.3	31	21.8	0.778
Sources for agricultural	*83*		*86*		
Public training sources:					
Regional extension	39	47.0	22	25.6	0.006
Universities	10	12.0	16	18.6	0.333
State research	7	8.4	6	7.0	0.947
Federal research	21	25.3	18	20.9	0.623
Private training sources:					
Chemical companies	37	44.6	71	82.6	<0.0001
Fertilizer companies	17	20.5	55	64.0	<0.0001
Retail companies	40	48.2	44	51.2	0.816
Independent consultants	15	18.1	29	33.7	0.032
Other private entities	3	3.6	4	4.7	>0.999
Preferred topics for training [a]	*90*		*88*		
Physical soil qualities	40	44.4	44	50.0	0.554
Soil conservation	47	52.2	40	45.5	0.451
Soil–plant–atmosphere relations	26	28.9	17	19.3	0.188
Soil preparation	38	42.2	48	54.5	0.135
GPS and precision agriculture	35	38.9	34	38.6	>0.999
Weed management	55	61.1	63	71.6	0.187

Continua…

Tabela 2 - Cont.

Respondent Characteristics and Preferences	Producers		Professionals		Z-Test
	n	% resp.	*n*	% resp.	*p*-Value
Plant mineral nutrition	42	46.7	61	69.3	0.004
Correcting soil acidity	39	43.3	53	60.2	0.035
Plant fertilizer management	50	55.6	64	72.7	0.026
Soil biology	49	54.4	37	42.0	0.132
Soil fertility assessment	49	54.4	62	70.5	0.040
Other topics	10	11.1	8	9.1	0.843
Optimistic on future of	*91*		*88*		
Yes	68	74.7	83	94.3	0.0007

[a] Producers and professionals could specify multiple categories

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 10)

Profissionais e área atendida

Os profissionais são estatisticamente mais instruídos do que os produtores, sendo que 52,8% possuem formação superior, 28,1% pós-graduação e 15,7% formação técnica além do ensino médio. Apenas 3,4% possuem ensino médio ou apenas um diploma de ensino (Tabela 2). Outra pesquisa destacou a necessidade de recursos humanos instruídos, uma vez que eles têm de desempenhar diferentes funções no setor de agronegócios (Junqueira; Bezerra, 2015). A Tabela 4 resume as respostas às perguntas feitas especificamente aos profissionais. Na região, 43,8% dos profissionais prestam assistência a até 19 clientes, 33,7% de 20 a 39 clientes e 18% a mais de 60 clientes. Esse resultado é semelhante para a área das propriedades atendidas, onde 59,1% dos profissionais são responsáveis por menos de 40.000 ha e 25% por mais de 60.000 ha. A produção de soja em larga escala é uma das culturas de maior importância econômica no país, e a extensão agrícola desempenha um papel fundamental na promoção de avanços científicos e novas tecnologias de produção (Ventura *et al*, 2020).

Sistemas agrícolas

Com base nas respostas dos produtores e profissionais em relação à(s) cultura(s) que trabalham, foram definidos cinco sistemas de cultivo anual: (1) somente soja (S), (2) S-milho (M), (3) S-algodão, (4) S-M-pastagem e (5) sistemas que envolvem outras culturas ou criação. O sistema de cultivo duplo S-M teve o maior envolvimento, tanto de

produtores (59,1%) quanto de profissionais (65,9%). Os profissionais foram semelhantes, com exceção do sistema de cultivo com algodão, indicado como mais frequente que o sistema integrado com pastagem em S-M. O envolvimento dos profissionais com a cultura do algodão em S foi estatisticamente maior ($p = < 0,0001$), quando comparado aos produtores (Tabela 2), em razão, talvez, da complexidade do manejo do algodão [36], que exige maior assistência e acompanhamento de profissionais.

A maioria dos produtores cultiva uma, duas ou até três safras por ano, geralmente em sucessão dos períodos de transição seca-águas e águas (outubro a fevereiro) para o período águas-seca e seca (março a setembro). Apenas 6,5% dos produtores e 1,2% dos profissionais são especializados somente em soja. É mais comum o envolvimento em (1) S-algodão, devido à maturidade mais longa do algodão; ou (2) S-M, em que uma terceira cultura sequencial pode ser adicionada, como S-M-pastagem, em que a pastagem é semeada em consórcio durante o plantio do milho em fevereiro. A grande maioria dos produtores (89,2%) e profissionais (84,2%) observa com maior frequência o cultivo de soja e milho em sucessão (safrinha). Tanto os produtores (33,3%) quanto os profissionais (21,8%) observam menos a cultivo de culturas, como feijão, sorgo ou *Crotalária*, como segundo ou terceiro cultivo no ano agrícola. Além disso, 30,1% dos agricultores cultivavam pastagens, geralmente como terceira cultura, enquanto 18,3% dos profissionais trabalhavam com esse tipo de sistema de cultivo integrado (Tabela 2). O terceiro cultivo durante a o período da seca (junho a setembro), caracterizado por temperatura alta e baixa umidade, exige mais recursos tecnológicos, como, por exemplo, a irrigação, que normalmente é utilizada por produtores com maior extensão de área (Richetti; Ito, 2015).

Contraste entre a capacitação realizada por instituições públicas versus *privadas*

Na Tabela 2, estão descritas as instituições e empresas que realizam capacitação de produtores e profissionais. Entre as instituições públicas, incluem-se as entidades regionais (por exemplo, Fundação MT, IMA e SENAR-MT), universidades (por exemplo, UFMT e UNEMAT), órgãos estaduais (por exemplo, EMPAER-MT, INDEA e

SEAF) e órgãos federais (por exemplo, EMBRAPA e MAPA) (Tabela 5). No setor privado, as empresas que realizam a capacitação são as produtoras de defensivos agrícolas (por exemplo, Bayer, Syngenta e Corteva), fertilizantes (por exemplo, Mosaic e Yara), varejo de insumos agrícolas (por exemplo, Agroamazônia e Agroinsumos), consultores independentes e outras entidades privadas (Tabela 4). Os produtores confiam mais na extensão regional (p = 0,006), em comparação aos profissionais.

Tabela 3 - Características dos profissionais da agricultura da região Centro-Norte, em Mato Grosso (Brasil), em 2019

Professional Characteristics	N	%
Number of rural producers assisted (n = 89)		
0–19	39	43.8
20–39	30	33.7
40–60	4	4.5
>60	16	18.0
Total area covered by professionals' work (n = 88)		
0-19,000 hectares	24	27.3
20,000–39,999 hectares	28	31.8
40,000–59,999 hectares	14	15.9
>60,000 hectares	22	25.0

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 12)

Entretanto, os profissionais são dependentes e mais treinados por empresas privadas de produtoras de defensivos e fertilizantes (p = < 0,0001) de que os produtores (Tabela 2). Dos 83 produtores e 86 profissionais que responderam os questionários sobre as fontes de capacitação técnica, menos da metade de cada grupo dependia de fontes públicas (7% a 47%). Menos da metade dos produtores também recorre a fontes de conhecimento no setor privado (3,6% a 48,2%) (Tabela 2). Mais da metade dos profissionais pesquisados depende de empresas produtoras ou varejistas de insumos agrícolas (51,2% a 82,6%) (Tabela 2).

As entidades privadas detêm maiores orçamentos em comparação às entidades públicas em nível regional/estadual. As entidades privadas detêm orçamentos que variavam de US$ 15.655.000 a 1.630.600.000, enquanto as fontes públicas em nível regional/estadual detêm orçamentos de apenas US$ 25.756.833 a 180.261.746 (Tabela 4). No caso da UFMT, esse é o orçamento total do sistema universitário, em que a maioria dos recursos não é direcionada para a extensão rural, ao contrário do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Mato Grosso (SENAR-MT), da Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER-MT) e do Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso (INDEA). Por exemplo, o programa AgriSciences da UFMT realiza ações diretas com os produtores e profissionais na região, tem um orçamento anual médio de US$ 169.523, dos quais apenas cerca de US$ 11.808 são provenientes diretamente do sistema universitário da UFMT.

Tabela 4 - Entidades públicas e privadas de formação agrícola e orçamentos de 2021 no Brasil

Type	Class	Abbreviation	Entity Name	2021 Budget (USD/Year)			
				International	Brazil	Mato Grosso	Source
Public	Regional extension	Fundação MT	Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso	-	-	n/a	-
		IMA	Instituto Matogrossense de Algodão	-	-	n/a	
		SENAR-MT	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Mato Grosso	-	-	25,756,833	[38]
	Universities	UFMT	Universidade Federa de Mato Grosso	-	-	180,261,746	[39]
			AgriSciences	-	-	169,523	
	State	EMPAER-MT	Empresa Mato-Grosssense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural	-	-	30,468,664	[40]
		INDEA	Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso	-	-	43,059,919	[40]

Continua…

Tabela 4 - Cont.

Type	Class	Abbreviation	Entity Name	2021 Budget (USD/Year)			Source
				International	Brazil	Mato Grosso	
	Federal	Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	-	657,227,049	n/a	[41]
		MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	-	787,328,902,333	n/a	[42]
Private	Chemicals	-	Bayer (includes Monsanto)	-	2,041,688	n/a	[43]
		-	Corteva (includes Pioneer)	15,655,000	n/a	n/a	[44]
	Fertilizers	-	Mosaic	1,630,600,000	n/a	n/a	[45]
		-	Yara	384,000,000	n/a	n/a	[46]
	Retailers	-	Agroamazônia	-	n/a	n/a	-
		-	Agroinsumos	-	n/a	n/a	-
	Independent	-	Independent Consultants	-	n/a	n/a	-
	Other	-	Other private entities	-	n/a	n/a	-

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 14)

Os resultados foram comparados aos de Carbonera et al. (2020), que constataram que os produtores de Santa Rosa (RS), no sul do país, dependiam de fontes públicas e privadas para capacitação técnica. Em Mato Grosso, os produtores recebem assistência técnica das revendas de insumos agrícolas, entidades financeiras e cooperativas. As entidades públicas incluem a EMATER-RS e a prefeitura municipal. Os produtores também recorreram às ONGs para capacitação. Há aumento de demanda por parte dos produtores por mais assistência técnica.

Os produtores responderam menos (481), em comparação aos profissionais (594), com relação aos tópicos de temas técnicos relacionados ao sistema de cultivo sugeridos para capacitação. As nuvens de palavras das perguntas e resposta aberta respondidas pelos produtores e profissionais são mostradas na Figura 3. Os produtores enfatizaram "solo", enquanto os profissionais enfatizaram "gerenciamento". As três palavras mencionadas com mais frequência pelos produtores foram ‘solos’, ‘campo’ e ‘pesquisa’ (Figura 3a). Já os profissionais destacaram as palavras ‘manejo’, ‘solo’, ‘campo’ e

'produtores' (Figura 3b). A maior ênfase em "gestão" foi consistente com o fato de os profissionais terem preferências maiores por tópicos para capacitação relacionados a aspectos mais técnicos da gestão do sistema de cultivo, como nutrição mineral de plantas (p = 0,004), manejo de fertilizantes (p = 0,026), avaliação da fertilidade do solo (p = 0,040) e correção da acidez do solo (p = 0,035, Tabela 3).

(**a**) Producers

(**b**) Professionals

Figura 3 - Nuvem de palavras usando o Atlas.ti para **(a)** produtores agrícolas e (**b**) profissionais da região Centro-Norte do estado de Mato Grosso (Brasil), pesquisados durante a primavera de 2019

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 17)

Os resultados da regressão de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para produtores e profissionais explicam a proporção de fontes de capacitação pública utilizadas (variável dependente); e são mostrados na Tabela 6. Anos de capacitação, anos na atividade agrícola, número de sistemas de cultivo e especialização apenas em cultivo de soja não foram significativos para explicar o uso de fontes de capacitação públicas (*versus* privadas). Para os produtores, os anos de trabalho na atividade agrícola e o fato de serem do município de Sorriso também não foram significativos. Os profissionais, que recebem capacitação de empresas privadas que comercializam os insumos agrícolas (revendas), não tiveram nenhuma proporção significativamente diferente da capacitação oferecida por instituições públicas em comparação com outros profissionais. Assim como os produtores, os anos de escolaridade também não foram significativos. Os profissionais que acompanham os produtores especializados em soja e recebem capacitação das revendas (ou seja, distribuidores) não têm maior ou menor probabilidade de usar mais fontes de capacitação pública (Tabela 5). Todas as outras variáveis pesquisadas, tanto dos produtores (Tabelas 1 e 2) quanto dos profissionais (Tabelas 3 e 4), não foram significativas para influenciar o uso de fontes públicas de capacitação.

Os produtores que são frequentemente mais capacitados por instituições públicas recebem menos treinamentos das empresas de defensivo e revendas, mas os de Sinop, do sexo feminino e solteiros, são mais propensos. Os produtores que cultivam áreas menores são mais adeptos a fontes públicas de capacitação, embora isso seja marginalmente significativo ($\alpha = 0,10$). Da mesma forma, os profissionais usam mais fontes públicas de capacitação, possuem menor probabilidade de receber capacitação de empresas de defensivos e de serem de Sorriso. Os profissionais que utilizam mais fontes públicas de informação, leem significativamente mais artigos técnicos por ano (Tabela 5).

Tabela 5 - Regressão de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) para formação pública proporcional, tanto para produtores agrícolas quanto para profissionais da região Centro-Norte, em Mato Grosso (Brasil), em 2019

Proportion Public Training OLS Model: Independent Variables	Producers			Professionals		
	Coefficient	Standard Error	*p*−Value [a]	Coefficient	Standard Error	*p*−Value [a]
Constant	0.65826	0.25337	0.0115 **	0.56507	0.20079	0.0063 ***
Private training source:						
Chemical companies	−0.20100	0.07393	0.0083 ***	−0.35957	0.07259	< 0.0001 ***
Resale companies	−0.27186	0.07207	0.0003 ***	−0.05143	0.05403	0.3444
Residence:						
Sinop	−0.29254	0.10318	0.0060 ***	−0.09202	0.06498	0.1554
Sorriso	0.03919	0.08784	0.6569	−0.16216	0.06462	0.0144 **
Socio-demographics:						
Female	0.32599	0.13429	0.0179 **	– [b]	– [b]	– [b]
Single	0.22590	0.09779	0.0239 **	– [b]	– [b]	– [b]
Years of education	−0.00565	0.01277	0.6595	−0.00854	0.01233	0.4907
Agricultural background [c]*:*						
Managed area (ranges)	−0.00002	0.00001	0.0725 *	−0.000002	0.000001	0.0801 *
Soybeans only	−0.30665	0.19923	0.1284	−0.34075	0.24407	0.1670
Number of crops	0.01103	0.02657	0.6795	0.06672	0.02151	0.0028 ***
Years in agriculture (range)	0.00192	0.00296	0.5178	– [a]	– [a]	– [a]
Number articles read/year	– [b]	– [b]	– [b]	0.00032	0.00018	0.0812 *
Model summary:						
Sample size (n)	94			91		
Degrees of freedom (df)	11			9		
R-squared (R^2)	0.4159			0.4631		

[a] Denotes significance at confidence level (α) of 0.10 (*), 0.05 (**), and 0.01 (***). [b] Independent variable question not asked. For producers, this is managed by them, while for professionals this is related to the producers that they consult.

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 18)

Assistência técnica e financiamento aos produtores

Conforme resumido na Tabela 7, a maioria dos produtores pesquisados utiliza o crédito rural (81,7%) e a assistência técnica (83,5%) na condução de sua propriedade. O Banco do Brasil e o SICREDI, juntos, totalizaram 80,7% das respostas sobre as fontes de crédito rural, com permuta (11,6%), outros tipos (6,2%) e Agricultura de Baixo Carbono (ABC) ou o programa de Agricultura de Baixo Carbono (1,6%), completando a diferença (Tabela 7). O ABC é usado por produtores no país que implementam a agricultura sustentável, como práticas agrícolas de baixo carbono (Magalhães; Braga Júnior, 2013).

As respostas sobre fontes de assistência técnica foram lideradas por empresas privadas (33%), seguidas por outras entidades, como associações de produtores (25,6%) e sindicatos rurais (16,5%). As fontes públicas de assistência técnica (SENAR, Universidades, EMPAER e EMBRAPA) totalizaram apenas 23,7% das respostas. Entre os tópicos técnicos sugeridos no questionário relacionados à assistência técnica, os temas preferidos foram custo/benefício (37,4%), novas tecnologias/ciência (28,3%) e conhecimento técnico básico (21,2%) (Tabela 6).

Tabela 6 - Uso e preferências do produtor por serviços financeiros e técnicos na região Centro-Norte, em Mato Grosso (Brasil), em 2019

Producer Characteristics and Preferences	n	%
Rural credit		
Rural credit used (*n* = 93)		
Yes	76	81.7
No	17	18.3
Type [a] (responses = 129)		
Banco do Brasil (FCO, etc.)	54	41.9
SICREDI	50	38.8

Continua…

Tabela 6 - Cont.

Producer Characteristics and Preferences	n	%
ABC	2	1.6
Other type(s)	8	6.2
Barter	15	11.6
Technical assistance		
Receives technical assistance (*n* = 91)		
Yes	76	83.5
No	15	16.5
Source(s) [a] (responses = 176)		
Regional extension (SENAR)	21	11.9
Universities	5	2.8
State research (EMPAER)	2	1.1
Federal research (Embrapa)	14	7.9
Private companies	58	33.0
Producer associations	45	25.6
Rural unions	29	16.5
Non-Government Organizations (NGOs)	1	0.6
Other sources	1	0.6
Preferences [a] (responses = 99)		
Understanding cost–benefit analysis	37	37.4
New technology and science	28	28.3
Basic technical knowledge	21	21.2
Communication skills	8	8.1
Other	5	5.0
Preferred extension methods [a] (responses = 245)		
Field days	74	30.2
Fairs and exhibitions	45	18.4
Presentations	71	29.0
Congresses and seminars	48	19.6
Other types	5	2.0
None	2	0.8

[a] Producers could specify multiple categories

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 19)

Os produtores demonstram preferência por apresentações com encontros, troca de experiências e ênfase em dinâmicas práticas em ambiente que lhes é familiar. Os métodos preferidos de extensão rural são: dias de campo (30,2%), palestras (29%), congressos ou seminários (19,6%) e feiras/exposições (18,4%) (Tabela 6). No período de outubro de 2016 a maio de 2022, o AgriSciences da UFMT organizou várias ações de extensão, entre elas, quatro dias de campo (2019-2022) e um congresso internacional (2016). Ao todo, foram 538 pessoas participantes do VIII SIMBRAS (Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável) no período de 6 a 8 de outubro de 2016 (De Abreu *et al*., 2016). Entre os meses de fevereiro de 2019 a dezembro de 2021, o AgriSciences realizou 56 eventos de capacitação, envolvendo um total de 3.649 pessoas.

Nos dias de campo, promovidos pelo AgriSciences, ao todo participaram 1.324 pessoas nas 3 edições de dia de campo das "Vitrines Tecnológicas Agrícolas" (2019, 2021 e 2022). Embora o segundo evento ao vivo tenha sido cancelado em 2020 devido à Covid-19, mais de 800 pessoas fizeram o *download* do livro inaugural para esse evento (Roberto Sobrinho *et al*., 2021), com a publicação do livro ocorrendo no ano seguinte ao dia de campo (por exemplo, o terceiro evento ao vivo, em 2021, teve um livro publicado em 2022 (De Abreu *et al*., 2022). O número total de participantes do programa AgriSciences foi de 6.311 desde 2016. A maioria dos participantes assistiu a apresentações (57,8%), seguidas por dias de campo (33,7%) e congressos (8,5%).

Capacitação de profissionais

As respostas dos profissionais às perguntas sobre capacitação, bem como a disponibilidade de tempo para treinamento, estão resumidas na Tabela 7. Em relação ao número de capacitações, o resultado foi bimodal, observando-se que 40,9% dos entrevistados participam de 0 a 3 treinamentos por ano e, também sob a mesma percentagem, participam de 5 ou mais. A maioria desses profissionais também lê artigos técnicos e livros. Apenas 1,1% dos entrevistados não lê artigos técnicos, enquanto 98,9% leem esses artigos pelo menos ocasionalmente. Quase metade (47,2%) dos profissionais que responderam lê de 1 a 2 livros por ano (Tabela 7).

A duração (número de horas) que os profissionais consideraram ideal para cursos técnicos presenciais e *on-line* também foi bimodal. Enquanto mais de um terço dos profissionais (36%) considerou de uma a quatro horas como o tempo ideal, 23,6% preferiram 8 horas e 29,2% dos entrevistados preferiram treinamentos com mais de 8 horas de duração. Uma minoria (11,2%) não sabia. A maioria dos profissionais (51,7%) relatou ter apenas até uma hora por dia disponível para treinamentos *on-line*. Outros relataram ter de uma a três horas disponíveis (29,2%) ou meio-dia (6,7%). Os demais entrevistados (12,4%) informaram não ter interesse em treinamentos *on-line* (Tabela 8).

Tabela 7 - Participação e disponibilidade de profissionais para capacitação na região Centro-Norte, em Mato Grosso (Brasil), em 2019

Professional Participation and Preferences	*n*	%
Participation in training and reading		
Trainings attended annually (*n* = 88)		
None	3	3.4
1–3 training(s) per year	33	37.5
4–5 trainings per year	16	18.2
>5 trainings per year	36	40.9
Technical articles read (*n* = 89):		
Daily	23	25.9
Weekly	31	34.8
Monthly	10	11.2
Occasionally	24	27.0
Do not read technical articles	1	1.1
Books read annually (*n* = 89):		
None	29	32.6
1–2 books	42	47.2
3–5 books	11	12.3

Continua…

Tabela 7 - Cont.

Professional Participation and Preferences	*n*	%
>5 books	7	7.9
Preferences for training		
Ideal length for agronomic course (*n* = 89)		
1–4 h	32	36.0
8 h	21	23.6
>8 h	26	29.2
Do not know	10	11.2
Hours available for online training (*n* = 89)		
Up to 1 h	46	51.7
1–3 h	26	29.2
A half day	6	6.7
Not interested in participating in online program	11	12.4
	0	0.2

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 20)

Os profissionais preferem que as capacitações sejam programadas nos horários do dia, dia(s) e mês(es) em que são menos ocupados, presumidamente quando não estiverem atendendo os produtores. As manhãs de sábado foram as mais preferidas, seguidas pelas noites dos dias de semana, em comparação com as manhãs e as tardes (Figura 4a). Os meses de julho e agosto são os meses mais preferidos (Figura 4b), depois que o milho de segunda-safra (safrinha) já foi colhido, ou antes da colheita do algodão. Esses dois meses correspondem ao período de entressafra de *commodities* no estado, durante a metade da estação seca.

Discussão

Contribuição Ativa para Sistemas Agropecuários Sustentáveis

De acordo com pesquisas anteriores, o desafio brasileiro é manter a capacidade de produzir e usar a soja de forma lucrativa e sustentável (Cattelan; Dall'Agnol, 2018). A maior sustentabilidade aqui envolve a diversificação da rotação de culturas e/ou a integração de sistemas de cultivo com a criação, onde culturas de *commodities*, como a soja e o milho, podem ser usadas em consórcio com pastagens perenes para os animais (Pereira *et al*., 2018; Pedrosa *et al*., 2019), ou o uso da soja durante a terminação a pasto dos animais na região (Molossi *et al*., 2020). Os sistemas integrados de produção agropecuária têm tido baixa participação, devido à complexidade de gerenciamento da adição de outro componente no sistema ou devido à coordenação necessária entre produtores especializados em lavoura e pecuária (Hoshide; Dalton; Smith, 2006; Asai *et al*., 2018). Além de incentivar maior adoção de sistemas integrados, a abordagem de fatores sociais também pode afetar de forma mais ampla a persistência e o crescimento das propriedades (Inwood; Sharp, 2012).

O acesso ao crédito rural no estado de São Paulo levou ao aumento da adoção de sistemas integrados (Gil; Siebold; Berger, 2015). Em relação ao crédito rural, 81,7% dos produtores dependem de financiamento para realizar investimento (Tabela 1), sendo que 30,1% dos produtores aderiram à integração de sistemas (Tabela 3). A porcentagem de sistema integrados foi menor do que a avaliação anterior destes sistemas no estado, onde 89% dos sistemas integrados incluíam apenas culturas e animais (ao invés de agrofloresta) e envolviam aproximadamente 40,5% do total de 134 produtores (61 integrados + 73 não integrados) pesquisados (Gil; Siebold; Berger, 2015). Os sistemas integrados são benéficos, diversificando a renda, recuperando pastagens degradadas, melhorando os atributos físicos, químicos e biológicos do solo e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (Garett *et al*., 2017).

Na década de 2010, houve acréscimo da participação de empresas privadas no desenvolvimento de mercados agrícolas,

impulsionando o aumento dos custos de produção e o direcionamento das tecnologias adotadas pelos produtores (Da Silva *et al*., 2020). Os resultados sugerem que, embora a maioria dos produtores utilize estratégias que limitem a sustentabilidade do sistema, muitos adotaram práticas sustentáveis, como o cultivo de plantas de cobertura. Entre os produtores, 69% realizam semeadura direta e dependem de glifosato (ou seja, Roundup®) (Possamai *et al*., 2022). O uso de glifosato no cultivo de soja no país reduz a erosão do solo, mas aumenta a resistência a herbicidas nas plantas daninhas (Cerdeira *et al*., 2007). A prevalência de produtores que cultivam *Crotalária* no sistema como planta de cobertura (46,3%) foi semelhante à dos que usam fixação biológica de nitrogênio (47,6%). Estratégias mais complexas e onerosas, como sistemas integrados de produção agropecuária e recuperação de pastagens degradadas, foram utilizadas por apenas 17,9% e 7,1% dos produtores, respectivamente.

Aumento da participação de instituições públicas na capacitação

No estudo, foram identificados fatores que influenciam o uso de fontes públicas (*versus* privadas) de capacitação de produtores e profissionais na região Médio-Norte do estado de Mato Grosso. As entidades que mais contribuem com o desenvolvimento de programas de capacitação são empresas privadas e entidades de classe (por exemplo, sindicatos e associações). As entidades públicas foram menos utilizadas, como universidades, bem como instituições estaduais (por exemplo, EMPAER-MT) e federais (por exemplo, Embrapa). A produção brasileira de *commodities* agrícolas presta-se à maior dependência das indústrias do agronegócio no país (MAPA, 2022).

Os resultados sugerem que a UFMT e a EMPAER-MT devem continuar a priorizar atividades de desenvolvimento profissional para produtores em áreas rurais (Tabela 3), como dias de campo em fazendas (Pinheiro *et al*., 2022). É provável que os produtores sejam de municípios menores (30,8%), fora dos quatro principais municípios da região (rodovia BR-163), em comparação aos profissionais (12,4%); essa diferença é significativa (p = 0,005, Tabela 3). Além disso, o AgriSciences também precisa realizar eventos em propriedades mais

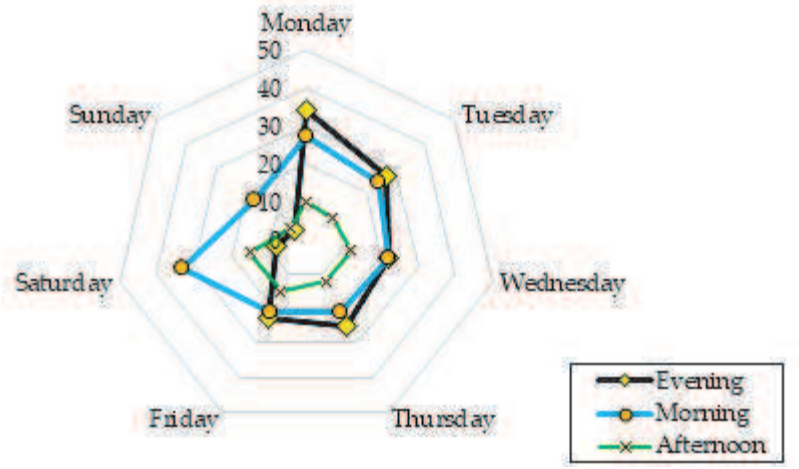
próximas de Sinop, onde os produtores da região recebem pouca capacitação de instituições públicas (p = 0,006) (Tabela 6). Da mesma forma, o alcance das capacitações oferecidas por instituições públicas aos profissionais de Sorriso precisa melhorar, já que esse grupo tem menor participação nas ações de extensão (p = 0,0144) (Tabela 6).

A assistência técnica e de extensão rural bem estruturadas podem aprimorar as ações de campo e melhorar o desenvolvimento rural (Gonçalves *et al*., 2014). As agências com financiamento público e privado que trabalham na difusão e na transferência de tecnologia tendem a se tornar organizações mediadoras ou de fronteira, assumindo configurações híbridas, como plataformas participativas multidisciplinares abastadas em parcerias, buscando inovações (Cristóvão; Koutsouris; Kügler, 2012). Ao capacitar os profissionais de extensão rural, é importante ter continuidade na discussão conceitual, na sistematização de práticas educacionais inovadoras e na pesquisa sobre educação, capacitação e resultados (Landini; Brites; Mathot, 2017).

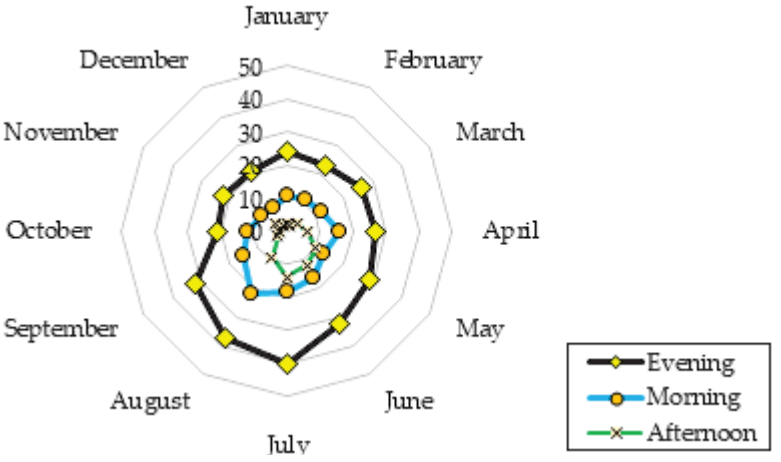
As plataformas de aprendizagem híbrida também são importantes, como vídeos *on-line* e aulas em áudio, embora essas mídias não sejam amplamente implantadas devido à falta de conectividade com a Internet em áreas rurais no país (Chowdhury; Odame, 2013). O avanço aprimorado das mídias sociais para melhorar a inovação no campo e o desenvolvimento rural no Canadá foram limitados pela qualidade da telefonia móvel, por ter equipamentos tecnológicos compatíveis e por assistência técnica especializada (Kolling; Rampim, 2021). Acompanhar os avanços tecnológicos cada vez mais rápidos pode garantir que os produtores e os profissionais tenham acesso a informações atualizadas.

Tanto os produtores agrícolas quanto os profissionais da região Médio-Norte do estado são mais receptivos a capacitações práticas, ou seja, a ensino de caráter prático, embora sejam também receptivos a treinamentos *on-line*, como webinars, vídeos etc. Os profissionais indicaram o período de entressafra como o melhor momento para aprimorar sua formação e suas habilidades. Portanto, a caracterização fornecida neste estudo pode ser um excelente apoio para as instituições do estado e outros países que oferecem capacitação, desenvolvimento e assistência por meio de ações de extensão. Os resultados deste trabalho

fornecem informações sobre como instituições semelhantes podem melhorar seus programas de capacitação para produtores e profissionais (Gráfico 1).



(a) Days



(**b**) Months

Gráfico 4 - Os profissionais agrícolas preferiram (**a**) dias e (**b**) meses para treinamento

Fonte: Reis *et al*. (2023, p. 22)

Considerações Finais

A identificação dos perfis e demandas de produtores rurais e profissionais consiste em importante etapa, que antecede as ações de difusão e transferência de tecnologias no campo e possibilita melhor atendimento às preferências e às necessidades da audiência.

Literatura citada

ADAMSONE-FISKOVICA, A.; GRIVINS, M.; BURTON, R. J. F.; ELZEN, B.; FLANIGAN, S.; FRICK, R.; HARDY, C. Disentangling critical success factors and principles of on-farm agricultural demonstration events. **J. Agric. Educ. Ext.**, [Guéldria (Holanda)], v. 27, n. 5, p. 639-656, 2021. https://doi.org/10.1080/1389224X.2020.1844768. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1389224X.2020.1844768. Acesso em: 15 jan. 2023.

AgriSciences. 2022. Disponível em: https://www.agrisciences.org/. Acesso em: 20 jun. 2022.

ARVOR, D.; DAUGEARD, M.; TRITSCH, I.; DE MELLO-THERY, N. A.; THERY, H.; DUBREUIL, V. Combining socioeconomic development with environmental governance in the Brazilian Amazon: The Mato Grosso agricultural frontier at a tipping point. **Environment, Development and Sustainability**, [*s. l.*], v. 20, p. 1-22, 2018. https://doi.org/10.1007/s10668-016-9889-1. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-016-9889-1. Acesso em: 23 dez. 2022.

ASAI, M.; MORAINE, M.; RYSCHAWY, J.; DE WIT, J.; HOSHIDE, A. K.; MARTIN, G. Critical factors to crop-livestock integration beyond the farm level: A cross-analysis of worldwide case studies. **Land Use Policy**, [*s. l.*], v. 73, 184-194, abr. 2018. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.010. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837717303678?via%3Dihub. Acesso em: 21 fev. 2023.

BALSADI, O. V.; DA MOTA, D. M. Diversidade de vínculos de trabalho de mulheres no censo agropecuário brasileiro de 2017. **InterEspaço Rev. Geogr. Interdiscip**., Grajaú (MA), v. 7, 202113, 2017. https://doi.org/10.18764/2446-6549.e202113. Disponível em: http://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/16231. Acesso em: 25 jan. 2023.

BARROS, M. A. L.; DA SILVA, C. R. C.; DE LIMA, L. M.; FARIAS, F. J. C.; RAMOS, G. A.; DOS SANTOS, R. C. A Review on Evolution of Cotton in Brazil: GM, White, and Colored Cultivars. **J. Nat. Fibers**, [*s. l.*], v. 19, p. 209-221, 2020. https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1738306. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15440478.2020.173. Acesso em: 23 dez. 2022.

BAYER Brazil, S.A. Relatório da Administração − 2021. [São Paulo]: Bayer e Controladas, 30 abr. 2022. Disponível em: https://www.bayer.com.br/pt/balancos-financeiros-do-grupo-bayer-brasil. Acesso em: 28 jun. 2022.

BENGE, M.; WARNER, L. Conducting the Needs Assessment #2: Using Needs Assessments in Extension Programming. **UF IFAS Extension**, [Gainesville]: University of Florida, 5 dez. 2019. Disponível em: https://edis.ifas.ufl.edu/publication/WC347. Acesso em: 23 dez. 2022.

BOTHA, N.; COUTTS, J.; ROTH, H. The role of agricultural consultants in the New Zealand Research, Development and Extension system. *In*: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND AGRICULTURAL AND RESOURCE ECONOMICS SOCIETY CONFERENCE. **AgEcon Research**. Research in Agricultural & Applied Economics, Nelson (Nova Zelândia), p. 25-27 ago. 2006. 11p. Disponível em: https://ageconsearch.umn.edu/record/31971/?ln=en. Acesso em: 23 dez. 2022.

BRAYNER, A. R. A.; MEDEIROS, C. B. Incorporação do tempo em SGBD orientado a objetos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 9., 1994, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: USP, 1994.p. 16-29.

CARBONERA, R.; BASSO, N.; BURATTI, J. B. L.; KOVALSKI, C. H.; SCHEER, M. R.; OLIVESKI, F. E. Níveis de reprodução social e estratégias para a agricultura familiar. **Redes**, Santa Cruz do Sul (RS), v. 25, ed. Especial 2, p. 2035-2059, 2020. https://doi.org/10.17058/redes.v25i0.14108. Disponível em: https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/14108.Acesso em: 23 mar. 2023.

CARRER, M. J.; MAIA, A. G.; VINHOLIS, M. de M. B.; DE SOUZA FILHO, H. M. Assessing the effectiveness of rural credit policy on the adoption of integrated crop-livestock systems in Brazil. **Land Use Policy**, [Amsterdã], v. 92, p. 104468, 2020. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104468. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837718313838?via%3Dihub. Acesso em: 20 dez. 2022.

CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds Fats Crops Lipids**, Les Ulis Cedex A. (França), vol. 25, n. 1, D102, jan./fev., 2018. https://doi.org/10.1051/ocl/2017058. Disponível em: https://www.ocl-journal.org/articles/ocl/full_html/2018/01/ocl170039/ocl170039.html. Acesso em: 23 fev. 2023.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S. O.; MATALLO, M. B.; SPADOTTO, C. A. Review of potential environmental impacts of transgenic glyphosate-resistant soybean in Brazil. **J. Environ. Sci. Health B**., [*s. l.*], v. 42, p. 539-549, 2007. https://doi.org/10.1080/03601230701391542. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03601230701391542. Acesso em: 23 fev. 2023.

CHARATSARI, C.; PAPADAKI-KLAVDIANOU, A.; MICHAILIDIS, A. Farmers as Consumers of Agricultural Education Services: Willing-ness to Pay and Spend Time. **J. Agric. Educ. Ext**., [Londres], v. 17, p. 253-266, 29 jun. 2011. https://doi.org/10.1080/1389224X.2011.559078. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1389224X.2011.559078. Acesso em: 28 jan. 2023.

CHOWDHURY, A.; ODAME, H. H. Social media for enhancing innovation in agri-food and rural development: Current dynamics in Ontario, Canada. **Journal of Rural Community Development**, [Brandon], v. 8, p. 97-119, 2013. Disponível em: https://journals.brandonu.ca/jrcd/article/view/1007. Acesso em: 23 fev. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira − 2022**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras?view=default. Acesso em: 23 fev. 2023.

CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da. Capital Humano e Obtenção de Informações Técnicas na Agricultura: Perfil e Diferenças Regionais a Partir dos Dados do Censo Agropecuário de 2017. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília: IPEA, 23 ed. Especial Agricultura, p. 42-55, 2020. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10474. Acesso em: 20 mar. 2022.

CORTEVA. **Corteva Annual Report 2021**. Indianópolis: Corteva Agriscience, 21 fev. 2022. Disponível em: https://investors.corteva.com/static-files/fb19f308-4766-4ca6-a3d6-bd0a8035f09a. Acesso em: 29 out. 2022.

CRISTÓVÃO, A.; KOUTSOURIS, A.; KÜGLER, M. Extension systems and change facilitation for agricultural and rural development. *In*: DARNHOFER, I.; GIBBON, G.; DEDIEU, B. (ed.). **Farming Systems Research into the 21st Century**: The New Dynamic. Dordrecht (Holanda): Springer, p. 201-227, 2012. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-4503-2. Acesso em: 22 nov. 2022

DA SILVA, R. F.; BATISTELLA, M.; MORAN, E.; DE MELO CELIDONIO, O. L.; MILLINGTON, J. D. A. The soybean trap: Challenges and risks for Brazilian producers. **Front. Sustain. Food Syst**., [Lausanne (Suíça)], v. 4, n. 12, 2020. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00012. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.00012/full. Acesso em: 29 nov. 2022.

DE ABREU, D. C.; DIAS, M. P. L.; BOSCOLI, D. Z.; DA SILVA, W. M.; DE PAULA ALBERTO, F.; MARTINS, A. R. R.; PINHEIRO, D. T. (ed.). **3.ª Vitrine Tecnológica Agrícola**: Atualidades na cultura do milho em sistema soja e milho-safrinha. 1. ed. Cuiabá: Fundação UNISELVA, 2022. p. 1-230. ISBN: 978-65-86743-50-0.

DE ABREU, D. C.; MORALES, M. M.; DOS ANJOS, A. F. T.; Felipe, R. T. A.; DIAS, M. P. L.; DE PAULA LANA, R. (ed.). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL AND 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE AGRICULTURE (SIMBRAS), 8, 2016, Sinop. **Anais** […], Sinop, UFMT, 6-8 out. 2016. p. 214. ISBN 978-85-921803-0-0.

DE FREITAS, A. F.; DE FREITAS, A. F.; DIAS, M. M. O uso do diagnóstico rápido participativo (DRP) como metodologia de projetos de extensão universitária. **Rev. Em Extensão**, Uberlândia, v. 11, n. 2, p. 69-81, 2012. https://doi.org/10.14393/REE-v11n22012-20780. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/view/20780. Acesso em: 25 set. 2022.

DE ROSA, M.; BARTOLI, L. Do farm advisory services improve adoption of rural development policies? An empirical analysis in GI areas. **J. Agric. Educ. Ext**., [*s. l.*], v. 23, n. 5, p. 461-474, 2017. https://doi.org/10.1080/1389224X.2017.1347099. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1389224X.2017.1347099. Acesso em: 26 ago. 2022.

DIESEL, V.; DIAS, M. M. The Brazilian experience with agroecological extension: A critical analysis of reform in a pluralistic extension system. **J. Agric. Educ. Ext.**, [*s. l.*], v. 22, p. 415-433, 2016. https://doi.org/10.1080/1389224X.2016.1227058. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1389224X.2016.1227058. Acesso em: 15 jun. 2022.

DIORI, H. I. A Critical Insight into Needs Assessment Technique and the Way Social Needs are Actually Assessed. **Adv. J. Soc. Sci**., Balrampur (Índia), v. 8, n. 1, p. 3-9, 2021. https://doi.org/10.21467/ajss.8.1.3-9. Disponível em: https://journals.aijr.org/index.php/ajss/article/view/3375. Acesso em: 28 jun. 2022.

ESTEVÃO, P.; DE SOUSA, D. N. A Web como ferramenta de capacitação para a extensão rural. **Cad. Tecnol. Ciên**c., Brasília, v. 38, n. 1, p. 26656, 2021. https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2021.v38.26656. Disponível em: https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26656. Acesso em: 28 maio 2022.

FAURE, G.; HUAMANYAURI, M. K.; SALAZAR, I.; GÓMEZ, C.; DE NYS, E.; DULCIRE, M. Privatisation of agricultural advisory services and consequences for the dairy farmers in the Mantaro Valley, Peru. **J. Agric. Educ. Ext.**, [*s. l.*], v. 23, n. 3, p. 197-211, 2017. https://doi.org/10.1080/1389224X.2017.1320639. Disponível em:

https://www.tandfonline.com/doi/figure/10.1080/03601230701391542?scroll=top&needAccess=true&role=tab. Acesso em: 28 jul. 2022.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de Análise de Dados**: Estatística e Modelagem Multivariada com Excel®; SPSS® e Stata®. Rio de Janeiro: Elsevier, Brasil, 2017; p. 1196.

FUFMT. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso. **Portal da Transparência**. Controladoria-Geral da União. Disponível em: https://www.portaltransparencia.gov.br/orgaos/26276?ano=2021. Acesso em: 28 jun. 2022.

FUMAGALI, J. G. N.; SILVA, M. M. da C. Efeitos dos cursos de Ciências Agrárias na Produtividade da soja no Mato Grosso: Uma Análise Especial. *In*: VIII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 8; ENABER, 18, 7-9 out., 2020, Belém on-line. **Artigos** […], Belém on-line: Associação Brasileira de Estudos Regionais, 2020. Disponível em: https://brsa.org.br/wp-content/uploads/wpcf7-submissions/1819/Artigo-ENABER_vers%C3%A3o-identificada.pdf. Acesso em: 15 out. 2021.

GARRETT, R. D.; NILES, M.; GIL, J.; DY, P.; REIS, J.; VALENTIM, J. Policies for reintegrating crop and livestock systems: A comparative analysis. **Sustainability**, [Basel (Suíça)], v. 9, n. 3, 10.3390/su9030473, 2017. https://doi.org/10.3390/su9030473. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/9/3/473. Acesso em: 10 jul. 2022.

GARST, B. A.; MCCAWLEY, P. F. Solving Problems, Ensuring Relevance, and Facilitating Change: The Evolution of Needs Assessment Within Cooperative Extension. **Journal of Human Sciences and Extension**, [Mississippi State], v. 3, n. 2, artigo 4, 2015. https://doi.org/10.54718/FLSF2021. Disponível em: https://scholarsjunction.msstate.edu/jhse/vol3/iss2/4/. Acesso em: 15 abr. 2022.

GFRAS. Global Forum for Rural Advisory Services. **Activities — Global Good Practice Initiative**. [Lausanne (Suíça)], 2021. Disponível em: https://www.g-fras.org/en/ggp-home.html. Acesso em: 16 jan. 2022.

GIDO, E. O.; SIBIKO, K.W.; AYUYA, O. I.; MWANGI, J. K. Demand for Agricultural Extension Services Among Small-Scale Maize Farmers: Micro-Level Evidence from Kenya. **J. Agric. Educ. Ext.**, [Londres], v. 21, n. 1, p. 177-192, 2015. https://doi.org/10.1080/1389224X.2013.872045. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1389224X.2013.872045. Acesso em: 16 jun. 2022.

GIL, J.; SIEBOLD, M.; BERGER, T. Adoption and development of integrated crop-livestock-forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agric. Ecosyst. Environ.**, [Amsterdã (Holanda)], v. 199, p. 394-406, 2015.

https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016788091400471X?via%3Dihub. Acesso em: 20 out. 2022.

GONÇALVES, A. C.; ROMA JÚNIOR, L.; FONSECA, M. I.; NADRUZ, B. V.; BÜRGER, G. R.; ROSSI, G. A. M. Technical assistance and rural extension: A case study that demonstrates its importance for the improvement of milk production. **Rev. Bras. Hig. Sanid. Anim.**, [Ceará], v. 8, n. 3, p. 47–61, 2014. https://doi.org/10.5935/1981-2965.20140116. Disponível em: http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/issue/view/18. Acesso em: 10 nov. 2022.

GROWING a Nature Positive Food Future. **Yara Integrated Report 2021**. [Oslo]: Yara, [2022]. Disponível em: https://www.yara.com/siteassets/investors/057-reports-and-presentations/annual-reports/2021/yara-integrated-report-2021.pdf/. Acesso em: 28 out. 2022.

HOSHIDE, A. K.; DALTON, T. J.; SMITH, S. N. Profitability of coupled potato and dairy farms in Maine. **Renew. Agric. Food Syst**., Cambridge, v. 21, n. 4, p. 261-272, 2006. https://www.jstor.org/stable/44490491. Acesso em: 28 out. 2022.

HUNT, W.; COUTTS, J. Extension in Tough Times—Addressing Failures in Public and Private Extension, Lessons from the Tas-manian Wool Industry, Australia. **J. Agric. Educ. Ext.** [Londres], v. 15, p. 39-55, 2009. https://doi.org/10.1080/13892240802617452. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13892240802617452. Acesso em: 15 nov. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados. Mato Grosso**. Brasília: Governo Federal, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt.html/ Acesso em: 13 fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília: Governo Federal, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 19 set. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário de 2017**. Brasília: Governo Federal, 2017. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/pesquisa/10100/95260. Acesso em: 23 fev. 2023.

IMEA. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. Metodologia - Justificativa da Divisão do Mapa de Regiões. **Mapa das macrorregiões do Imea**. Cuiabá: IMEA, nov. 2017. Disponível em: https://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/metodologia/justificativamapa.pdf. Acesso em: 22 set. 2020.

INWOOD, S. M.; SHARP, J. S. Farm persistence and adaptation at the rural–urban interface: Succession and farm adjustment. **J. Rural Stud**., [Amsterdã], n. 28, n. 1, p. 107-117, 2012. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2011.07.005. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0743016711000556?via%3Dihub. Acesso em: 10 fev. 2023.

JUNQUEIRA, V. H.; BEZERRA, M. C. dos S. The new requirements of reproduction of workforce qualification for agribusiness. **Trabalho & Educação**, Belo Horizonte, v. 24, n. 3, p. 221-238, 2015. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/trabedu/article/view/9462. Acesso em: 2 fev. 2022.

KOLLING, C. E.; RAMPIM, L. Agricultura de precisão e digital: Perspectivas e desafios dos produtores rurais do estado do Paraná. **Rev. Uningá**, Maringá, v. 36, eURJ3981, 2021. Disponível em: http://34.233.57.254/index.php/uningareviews/article/view/3981. Acesso em: 2 fev. 2022.

LANDINI, F.; BRITES, W.; MATHOT, M. Towards a new paradigm for rural extensionists' in-service training. **J. Rural Stud.**, [Amsterdã], v. 51, p. 158-167, 2017. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.02.010. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S074301671730133X?via%3Dihub. Acesso em: 5 set. 2022.

MAGALHÃES, M. M. de; BRAGA JÚNIOR, S. S. Evolução recente e potencial da agricultura de baixo carbono. **Periód. Eletrônico Fórum Ambiental Alta Paulista**, Tupã, v. 9, n. 8, p. 100-118, 2013. https://doi.org/10.17271/19800827982013468. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/468. Acesso em: 21 out. 2022.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Acesso à Informação**. Brasília: MAPA, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br. Acesso em: 12 out. 2022.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portal da Transparência**. Controladoria-Geral da União. Brasília: MAPA, 2022. Disponível em: https://www.portaltransparencia.gov.br/orgaos-superiores/22000?ano=2021. Acesso em: 28 jun. 2022.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Fazenda. Governo do Estado de Mato Grosso. **Orçamento Cidadão 2021**. Cuiabá: SEFAZ, [2020]. Disponível em: http://www5.sefaz.mt.gov.br/documents/6071037/11388742/Or%C3%A7amento+Cidad%C3%A3o+2021.pdf/7172b6c5-90e3-97f9-cbab-d88831597240. Acesso em: 28 jun. 2022.

MAZZALI, L. O Processo Recente de Reorganização Agroindustrial: Do Complexo à Organização em Rede. Rio de Janeiro: FGV, 2000. Disponível em: http://hdl.handle.net/10438/4638. Acesso em: 17 dez. 2021.

MITTAL, S.; MEHAR, M. Socio-economic Factors Affecting Adoption of Modern Information and Communication Technology by Farmers in India: Analysis Using Multivariate Probit Model**. J. Agric. Educ. Ext.**, [Guéldria (Holanda)], v. 22, n. 2, p. 199-212, 2016. https://doi.org/10.1080/1389224X.2014.997255. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1389224X.2014.997255. Acesso em: 10 dez. 2022.

MOLOSSI, L.; HOSHIDE, A. K.; PEDROSA, L. M.; DE OLIVEIRA, A. S.; DE ABREU, D. C. Improve pasture or feed grain?: Greenhouse gas emissions, profitability, and resource use for Nelore beef cattle in Brazil's Cerrado and Amazon biomes. **Animals**, Basileia (Suíça), v. 10, p. 1386, 2020. https://doi.org/10.3390/ani10081386. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-2615/10/8/1386. Acesso em: 18 fev. 2023.

MOSAIC. Performance Highlights. **Annual Report 2021**. Tampa (Flórida): Mosaic Company, 2022. Disponível em: https://s1.q4cdn.com/823038994/files/doc_financials/2021/ar/2021AnnualReport_FINAL.pdf. Acesso em: 29 out. 2022.

MUCHAGATA, M.; BROWN, K. Cows, colonists, and trees: Rethinking cattle and environmental degradation in Brazilian Amazonia. **Agric. Syst**., [*s. l.*], v. 76, n. 3, p. 797-816, 2003. https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00015-X. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X0200015X?via%3Dihub. Acesso em: 30 set. 2022.

PEDROSA, L. M.; HOSHIDE, A. K.; DE ABREU, D. C.; MOLOSSI, L.; COUTO, E. G. Financial transition and costs of sustainable agricultural intensification practices on a beef cattle and crop farm in Brazil's Amazon. **Renew. Agric. Food Syst.**, Cambridge, v. 36, n. 1, p. 26-37, dez. 2019. https://doi.org/10.1017/S1742170519000413. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/renewable-agriculture-and-food-systems/article/abs/financial-transition-and-costs-of-sustainable-agricultural-intensification-practices-on-a-beef-cattle-and-crop-farm-in-brazils-amazon/86C1B243CA15E895FF0B3EF3CEF83791. Acesso em: 10 dez. 2022.

PEREIRA, C. H.; PATINO, H. O.; HOSHIDE, A. K.; DE ABREU, D. C.; ROTZ, C. A.; NABINGER, C. Grazing supplementation and crop diversification benefits for southern Brazil beef: A case study. **Agric. Syst.**, [*s. l.*], v. 162, p. 1-9, 2018. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X16306692?via%3Dihub. Acesso em: 10 jan. 2023.

PICOLI, M. C. A.; MACIEL, A.; SIMÕES, R.; SANTOS, L.A.; SANCHES, I. Agricultural production gains in Brazilian commodity hotspot: Case study state of Mato Grosso. *In* BRAZILIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING 19, 2019, Santos.

Anais […], Santos: INPE/SELPER Brasil, v. 19, 14-17 abr. 2019. ISBN: 978-85-17-00097-3.

PINHEIRO, D. T.; SANTOS, D. M. S.; MARTINS, A. R. R.; DA SILVA, W. M.; DE ARAÚJO, C. V.; HOSHIDE, A.K.; DE ABREU, D. C. Produtividade e qualidade nutricional dos principais híbridos de milho no cerrado mato-grossense. *In:*DE ABREU, D. C.; DIAS, M. P. L.; BOSCOLI, D. Z.; DA SILVA, W. M.; DE PAULA ALBERTO, F.; MARTINS, A. R. R.; PINHEIRO, D. T. (ed.). **3.ª Vitrine Tecnológica Agrícola**: Atualidades na cultura do milho em sistema soja e milho-safrinha, 1. ed. Cuiabá: Fundação Uniselva, 2022. p. 43-64. ISBN: 978-65-86743-50-0.

PORTAL DA Transparência. Controladoria-Geral da União. Embrapa. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Brasília: Governo Federal, 2021. Disponível em: https://transparenciapublica.gov.br/orgaos/22202?ano=2021. Acesso em: 28 jun. 2022.

POSSAMAI, E. J.; CONCEIÇÃO, P. C.; AMADORI, C.; BARTZ, M. L. C.; RALISCH, R.; VICENSI, M.; MARX, E. F. Adoção do sistema de plantio direto no Estado do Paraná: Uma (re)visão. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 46, e0210104, 2022. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210104. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/tHkrjWBmMjJCwt4D4BtRgGL/abstract/?lang=en. Acesso em: 28 jun. 2022.

RAGASA, C.; ULIMWENGU, J.; RANDRIAMAMONJY, J.; BADIBANGA, T. Factors Affecting Performance of Agricultural Extension: Evidence from Democratic Republic of Congo. **J. Agric. Educ. Ext.** [Guéldria (Holanda)], v. 22, p. 113-143, 2016. https://doi.org/10.1080/1389224X.2015.1026363. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1389224X.2015.1026363. Acesso em: 26 jul. 2022.

REIS, J. A. V. dos *et al*. Fontes e Preferências de Formação de Produtores e Profissionais Agrícolas do Médio-Norte Mato Grosso, Brasil. **Sustentabilidade**, [*s. l.*], v. 15, n. 6, p. 4712, 2023.

REIS, J. A. V.; LIMA, V. P. B.; MATTAR, V. T. R.; SILVA, F. C.; ABREU, D. C**.** AgriSciences/UFMT: Desafios e Oportunidades na Construção do Nosso Serviço de Extensão Rural em Mato Grosso. *In*: LANA, R. de P.; GUIMARÃES, G.; VIEITES, F. M.; SIMÃO, G. L.; VELOSO, C. M.; LIMA, D. V. de. (org.). **7th International Conference on Sustainable Agriculture & X Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda., 2020. v. 1. p. 183-189.

RICHETTI, A.; ITO, M. A. Viabilidade Econômica da Cultura do Feijão-Comum, Safra da seca de 2016, em Mato Grosso do Sul. **Infoteca Embrapa**: Comunicado Técnico 28. Dourados: EMBRAPA, 2015. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139275/1/COT2015208-CPAO.pdf. Acesso em: 12 mar. 2022.

ROBERTO SOBRINHO, O.; DE ABREU, D.C.; DIAS, M. P. L.; da Silva, W. M.; de Souza Santos, D. M.; MOLOSSI, L.; SOMAVILLA, A.; BALDAN, A. (ed.) **2.ª Vitrine Technológica Agrícola**: Atualidades na Pecuária de Corte para Baixada Cuiabana. 1. ed. Cuiabá: Fundação Uniselva, Brazil, 2021; p. 1-272. ISBN: 978-65-86743-42-5.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Mato Grosso. **Portal da Transparência** —Transparência Senar. Brasília: SENAR, [2021]. Disponível em: http://app3.cna.org.br/transparencia/?gestaoOrcamento-MT-2021-863. Acesso em: 28 jun. 2022.

STATISTA, Inc. **Leading States for Agricultural Production in Brazil in 2021, based on Share of Production Valu**e. New York: Statista, 2007. Disponível em: https://www.statista.com/statistics/1072317/agricultural-production-value-brazil-state/. Acesso em: 23 dez. 2022.

SUVEDI, M.; GHIMIRE, R.; KAPLOWITZ, M. Farmers' participation in extension programs and technology adoption in rural Ne-pal: A logistic regression analysis. **J. Agric. Educ. Ext.**: London, v. 23, p. 351-371, 2017. https://doi.org/10.1080/1389224X.2017.1323653. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1389224X.2017.1323653. Acesso em: 23 jan. 2023.

VANCLAY, F.; LAWRENCE, G. Farmer rationality and the adoption of environmentally sound practices; A critique of the assumptions of traditional agricultural Extension. **Eur. J. Agric. Educ. Ext.**, London, v. 1, n. 1, p. 59-90, 1994. https://doi.org/10.1080/13892249485300061. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13892249485300061. Acesso em: 20 jul. 2022.

VENTURA, M. V. A.; BATISTA, H. R. F.; BESSA, M. M.; PEREIRA, L. S.; COSTA, E. M.; OLIVEIRA, M. H. R. Comparison of conventional and transgenic soybean production costs in different regions in Brazil. **Res. Soc. Dev.**, [*s. l.*], v. 9, e154973977, 2020. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3977. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3977. Acesso em: 15 jun. 2022.

WESZ JUNIOR, V. J. O Mercado da Soja no Sudeste de Mato Grosso (Brasil): Uma Análise das Relações entre Produtores Rurais e Empresas a partir da Sociologia Econômica. **Dados**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 1, 2019. https://doi.org/10.1590/001152582019170. Disponível em: https://www.scielo.br/j/dados/a/6x8QTDPyZMw4KGrjYvpq64x/?lang=pt. Acesso em: 10 abr. 2022.

ZOOTECNIA DE PRECISÃO NA SUSTENTABILIDADE E AMBIÊNCIA: CONCEITOS, APLICAÇÕES E TENDÊNCIAS

Kécia Martins Bastos[1], Mateus Henrique Reis Coelho[2], Kelvin Rodrigues Kelles[3], Renata de Souza Reis[4], Lucas Josemar Bucholz Buettner dos Santos[1], Jardel Perrud Barcelos[5], Sheila Tavares Nascimento[6]

RESUMO - A Zootecnia de Precisão é uma abordagem inovadora que busca otimizar a produção animal de maneira sustentável, levando em consideração diversos aspectos. A demanda por produtos de origem animal enfrenta diversos desafios relacionados à sustentabilidade, ambiência, bem-estar animal, segurança alimentar, mudanças climáticas, saúde humana e preferências do consumidor. A Zootecnia de Precisão utiliza tecnologias avançadas, como sensores, para coletar informações em tempo real sobre os animais, o ambiente e os processos de produção, possibilitando a tomada de decisões precisas para aprimorar a eficiência produtiva, minimizar os impactos ambientais e garantir o bem-estar. No contexto da Zootecnia de Precisão, a ambiência refere-se às condições ambientais ideais para os animais, como temperatura, umidade e qualidade do ar; a coleta eficiente de

[1] Mestrando(a) em Ciência Animal do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

[2] Mestrando do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras.

[3] Mestrando em Ciência Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

[4] Professora Adjunta da Universidade Federal de São João del-Rei.

[5] Doutorando em Ciência Animal do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

[6] Professora Adjunta da Universidade Estadual de Maringá.

dados é essencial nesse sistema, permitindo o monitoramento do comportamento, localização e do bem-estar; além das condições ambientais, sensores acoplados aos animais são utilizados para registram informações sobre atividades como locomoção, ruminação e comportamento social, algoritmos de processamento de imagem analisam fotografias ou vídeos dos animais para detecção de características como peso e condição corporal. O gerenciamento desses dados desempenha um papel fundamental na Zootecnia de Precisão, permitindo a coleta, armazenamento, processamento e análise de informações relacionadas ao manejo e desempenho dos animais, viabilizando a tomada de decisões, otimizando o manejo dos animais e melhorando a produtividade. A busca por soluções tecnológicas avançadas continua sendo uma prioridade na agropecuária, visando melhorar a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas de produção animal.

Palavras chave: análise de imagens, bem-estar animal, bioclimatologia, sistemas inteligentes.

PRECISION ZOOTECHNIQUE IN SUSTAINABILITY AND AMBIENCE: CONCEPTS, APPLICATIONS AND TRENDS

ABSTRACT - Precision Animal Science is an innovative approach that seeks to optimize animal production in a sustainable way, taking into account several aspects. The demand for animal products faces several challenges related to sustainability, ambience, animal welfare, food safety, climate change, human health and consumer preferences. Precision Animal Science uses advanced technologies, such as sensors, to collect real-time information about animals, the environment and production processes, enabling accurate decision-making to improve production efficiency, minimize environmental impacts and ensure well-being. be. In the context of Precision Animal Science, ambience refers to the ideal environmental conditions for animals, such as temperature, humidity and air quality; the efficient collection of data is essential in this system, allowing the monitoring of behavior, location and well-being; in addition to environmental conditions, sensors attached to the animals are used to record information about activities such as locomotion, rumination and social behavior, image processing

algorithms analyze photographs or videos of the animals to detect characteristics such as weight and body condition. The management of this data plays a fundamental role in Precision Animal Science, allowing the collection, storage, processing and analysis of information related to the handling and performance of the animals, enabling decision-making, optimizing the handling of the animals and improving productivity. The search for advanced technological solutions remains a priority in agriculture, aiming to improve the efficiency and sustainability of animal production systems.

Keywords: animal welfare, bioclimatology, image analysis, intelligent systems.

Introdução

A Zootecnia de Precisão é uma abordagem inovadora que busca otimizar a produção animal de forma sustentável, levando em consideração diversos aspectos, como ambiência, bem-estar dos animais, preferência dos consumidores, sanidade, dentre outros. Nesta revisão bibliográfica, exploraremos os conceitos, aplicações e as tendências dessa área.

A demanda por produtos de origem animal enfrenta diversos desafios em um contexto global, que envolvem questões relacionadas à sustentabilidade, ambiência e bem-estar animal, segurança alimentar, mudanças climáticas, saúde humana e preferências do consumidor.

Alguns dos principais desafios identificados na produção animal estão relacionados à sustentabilidade ambiental. A produção animal é responsável por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas. A redução da Pegada de Carbono da indústria pecuária é um desafio crucial para atender às metas de sustentabilidade ambiental. (HRISTOV, 2013).

Existem diversas aplicações da Zootecnia de Precisão na ambiência. Uma delas é o monitoramento do ambiente, que inclui a medição de parâmetros como temperatura, umidade, qualidade do ar e níveis de gases, visando criar condições ideais para os animais. Além disso, a monitoração individual dos animais permite o

acompanhamento de variáveis como consumo de alimentos, atividade física, saúde e comportamento, o que contribui para a detecção precoce de problemas e a implementação de medidas corretivas (NORTON, 2017).

Outro desafio da produção animal diz respeito ao fato de que a atividade requer grandes quantidades de água, terra e alimentos, levantando preocupações sobre a sustentabilidade desses recursos. Estratégias como a melhoria da eficiência na utilização de recursos e a adoção de práticas sustentáveis de produção são desafios a serem enfrentados.

No âmbito de comercialização, os consumidores estão cada vez mais preocupados com o bem-estar dos animais de produção e buscam produtos provenientes de sistemas de produção que respeitem o bem-estar animal. Atender a essa demanda implica em superar desafios relacionados à melhoria das condições de criação, transporte e abate dos animais (KASHIHA, 2017).

A produção animal está associada a riscos de doenças e zoonoses, que podem afetar a saúde dos animais e dos consumidores. Desafios incluem o desenvolvimento de medidas eficazes de prevenção, controle e monitoramento de doenças, bem como a garantia da segurança alimentar ao longo da cadeia de produção animal.

Halachmi e Guarino (2016) definiram o termo Pecuária de Precisão como sendo o uso de tecnologias de monitoramento em tempo real na produção animal, capazes de gerenciar a variabilidade temporal da menor unidade gerenciável. Ou seja, acessar e monitorar a variabilidade temporal individual do animal.

Dentro da Zootecnia de Precisão, quando há possibilidade de acessar a variabilidade animal com tecnologia, consegue-se uma melhor análise técnica, capaz de facilitar na tomada de decisão, garantindo benefícios como: otimização de recursos, produtividade, bem-estar animal e rentabilidade.

Tecnologias, sensores e suas aplicações

A Zootecnia de Precisão envolve o uso de tecnologias avançadas, como sensores, sensores acústicos, mecânicos, pneumáticos, ópticos,

eletroquímicos, elétrico, sistemas de monitoramento, automação, algoritmos de análise dados, para coletar informações em tempo real sobre os animais, o ambiente e os processos de produção.

Utilizando essas informações, é possível tomar decisões embasadas e precisas, com o objetivo de aprimorar a eficiência produtiva, minimizar os impactos ao meio ambiente e assegurar o bem-estar dos animais. A inclusão da sustentabilidade nessa abordagem desempenha um papel crucial para estabelecer um sistema de produção animal mais eficiente e ecologicamente amigável.

A ambiência na zootecnia de precisão se refere à criação de condições ambientais ideais para os animais, levando em consideração fatores como temperatura, umidade, qualidade do ar e conforto térmico. A adoção de tecnologias avançadas, como sensores, dispositivos de monitoramento e sistemas de automação, possibilita um controle mais preciso desses fatores, promovendo o bem-estar e o desempenho dos animais.

Na Zootecnia de Precisão, sensores são utilizados para medir variáveis ambientais, como temperatura, umidade, velocidade do ar e qualidade do ar, fornecendo dados em tempo real para um monitoramento contínuo e preciso do ambiente dos animais. O objetivo é garantir o conforto térmico dos animais e evitar o estresse térmico. Com base nos dados coletados pelos sensores, estratégias podem ser implementadas, acionando sistemas de automação para controlar dispositivos como sistemas de ventilação, aquecimento e resfriamento, de modo a manter as condições ambientais dentro de níveis ideais para os animais.

A ventilação adequada desempenha um papel essencial na manutenção da qualidade do ar nas instalações zootécnicas. Sistemas de ventilação podem ser projetados para promover uma troca adequada de ar, reduzindo a concentração de gases, odores e poeira no ambiente. Gases tóxicos, como amônia e dióxido de carbono, podem prejudicar a saúde dos animais, por isso, sensores de gás podem ser utilizados para monitorar seus níveis e acionar sistemas de ventilação apropriados.

A criação de um ambiente adequado proporciona conforto aos animais, permitindo que eles expressem seus comportamentos naturais. Isso inclui áreas de descanso apropriadas, espaço suficiente para movimentação e enriquecimento ambiental, reduzindo o estresse e fornecendo um ambiente calmo e seguro. Esses elementos são

fundamentais para o bem-estar e o desempenho dos animais, evitando problemas de saúde e comportamentais.

A utilização de tecnologias de precisão possibilita um controle mais eficiente no uso de recursos, como energia, água e alimentos, reduzindo o desperdício e contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção. Isso resulta em melhores índices de desempenho e produtividade dos animais, o que impacta positivamente os resultados econômicos dos sistemas de produção.

Coleta eficiente de dados

A Zootecnia de Precisão é uma área da especializada que emprega tecnologias avançadas para monitorar, controlar e aprimorar o manejo de animais em sistemas de produção pecuária. A coleta eficiente de dados desempenha um papel crucial nesse contexto, fornecendo aos produtores informações precisas e em tempo real para embasar a tomada de decisões.

Um dos métodos utilizados é a implementação de sensores de identificação eletrônica (EID) em animais como bovinos, ovinos ou suínos, permitindo a coleta dados individuais de identificação, localização e comportamento. Recentemente, surgem tendências em substituir ou complementar o EID com a identificação dos animais por recursos da visão computacional com exemplos da bovinocultura (KUMAR et al., 2017) e suinocultura (MARSOT et al., 2020).

Sensores acoplados aos animais registram informações sobre atividades como locomoção, ruminação e comportamento social, fornecendo dados sobre o bem-estar animal e o desempenho.

Além disso, sensores de temperatura, umidade e qualidade do ar são utilizados para monitorar e controlar as condições ambientais dentro de instalações pecuárias, garantindo o conforto e a saúde dos animais. Atualmente, o desenvolvimento de dispositivos específicos para a produção animal já adiciona em suas características os princípios de ambiência e termorregulação das espécies, oferecendo, dessa forma, o cálculo direto dos índices de conforto térmico (como o Índice de Temperatura e Umidade e a Entalpia Específica do Ar) e o diagnóstico

de estresse térmico (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2018, CASTRO JUNIOR et al., 2019).

O sensoriamento remoto e tecnologias de posicionamento global (GPS) são empregados para monitorar a qualidade e a disponibilidade de pastagens, ajudando os produtores a otimizar o manejo alimentar. A mobilidade e aplicativos móveis oferecem maior alcance em campo, bem como uso de recursos disponíveis em aparelhos smartphones (como câmera fotográfica e GPS), ampliando as possibilidades de trabalho off-line e maiores possibilidades de customização para as diferentes situações (LIU et al., 2014).

Algoritmos de processamento de imagem são utilizados para analisar fotografias ou vídeos de animais, permitindo a detecção de características como peso, condição corporal e lesões. A coleta de dados em larga escala, combinada com técnicas de mineração de dados e aprendizado de máquina, possibilita a identificação de padrões e a geração de modelos preditivos para auxiliar na tomada de decisões precisas.

A busca por soluções tecnológicas avançadas para aprimorar a eficiência e a sustentabilidade na agropecuária continua sendo uma das principais prioridades. Nos últimos anos, têm sido desenvolvidos equipamentos com tecnologias baseadas em "Machine Learning", proporcionando medições mais precisas com taxas de erro reduzidas (GIANOLA et al., 2011).

A comunidade científica tem se dedicado intensivamente a desenvolver e adaptar dispositivos eletrônicos para a medição de variáveis específicas das diferentes criações animais. A Tabela 1 cataloga alguns exemplos destas iniciativas, utilizando para isso trabalhos recém-publicados (anos de 2020 a 2023).

Tabela 1 - Dispositivos para coleta de dados de interesses zootécnicos

Autores[1]	Produção	Aplicação	Características
Carneiro (2023)	Bovinocultura de corte	Ferramenta de contagem remota de bovinos	Imagens digitais aéreas (IDA); Aeronave Remotamente Pilotada (RPA)

Continua...

Tabela 1 - Cont.

Autores[1]	Produção	Aplicação	Características
Costa (2023)	Bovinocultura leiteira	Conforto térmico	Termografia infravermelha
Silva (2023)	Ovelhas	Avaliação do padrão de uso espacial pelos animais para pastejo	GPS
Vidal (2023)	Piscicultura	Monitoramento e Controle Modular do Ambiente de Produção	Sensor de oxigenação; Sensor de Temperatura Ds18b20 à prova d'água; Sensor pH Módulo PH4502C + PH eletrodo; Sensor de Turbidez; Sensor (Detetor) de Chuva
Estácio (2022)	Piscicultura	Extração de características do sinal hidroacústico do frenesi alimentar	Sensor acústico Dispensador de Ração Automatizado
Marsot et al. (2020)	Suinocultura	Identificação	Reconhecimento facial por análise e processamento de imagens

[1] Organizado por ano de publicação e ordem alfabética dos autores

Algumas tendências e indicações de pesquisa que são interessantes quando se trata do desenvolvimento de dispositivos para coleta de dados de interesse produtivo:

- Desenvolvimento de sensores não invasivos: Há uma discussão significativa sobre a eficiência dos métodos de coleta de dados para avaliação fisiológica dos animais, pois a manipulação direta dos animais pode influenciar as leituras. Portanto, há um forte incentivo para estudos que buscam substituir essas técnicas por métodos não invasivos ou indiretos de avaliação dos animais.
- Conversão do comportamento em números: A observação comportamental dos animais apresenta vieses que exigem treinamento e coerência entre os avaliadores. Para quantificar o comportamento dos animais, sensores são cada vez mais utilizados como substitutos da avaliação humana, constituindo um campo de pesquisa em constante crescimento.

- Interoperabilidade entre os dispositivos: Muitas propostas de dispositivos, tanto acadêmicos quanto comerciais, surgem de iniciativas isoladas. No entanto, para a aplicabilidade da zootecnia de precisão em fazendas, é importante que os diferentes sensores possam se comunicar e interagir. Nesse contexto, a inclusão do conceito de inovação aberta (open innovation) é essencial, promovendo a inovação de forma colaborativa e diversa.
- Investimento em dados secundários: Os dispositivos de coleta de dados podem ser caros, dificultando sua implementação nas fazendas. Portanto, o uso de dados coletados por terceiros é uma possibilidade a ser considerada, dependendo de sua utilidade e adequação. Um exemplo comum na produção animal é o aproveitamento de dados meteorológicos coletados por estações meteorológicas e satélites.

Transmissão de dados

A Zootecnia de Precisão emprega tecnologias avançadas para coletar e analisar dados em tempo real, viabilizando o monitoramento e o manejo eficiente de animais em sistemas de produção pecuária. Nesse contexto, a transmissão de dados desempenha um papel fundamental nesse processo, garantindo uma comunicação rápida e confiável entre os dispositivos e sistemas utilizados na zootecnia de precisão (CHAUHAN, 2020).

Existem diversas opções de comunicação disponíveis, como Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, satélite, rádio, entre outros, que são adotadas tanto em iniciativas científicas como em comerciais (CHI e CHEN, 2019). A rede de área local sem fio WLAN, permite a comunicação sem fio entre dispositivos em uma área limitada, como uma instalação pecuária. Ela oferece alta velocidade de transmissão e cobertura dentro da área de alcance do roteador sem fio.

A Rede de sensores sem fio (WSN) consiste em sensores distribuídos que coletam dados e os transmitem para um ponto central. A WSN é amplamente utilizada na zootecnia de precisão para monitorar parâmetros ambientais e comportamentais dos animais.

Os Satélites em órbita baixa (LEO) oferecem conectividade global para a transmissão de dados. Eles são utilizados em áreas rurais remotas onde a infraestrutura de comunicação terrestre é limitada. Já os Satélites em órbita geoestacionária (GEO) estão posicionados em órbita fixa acima da Terra e são usados para fornecer serviços de comunicação em larga escala, como transmissão de dados em tempo real (ZHANG 2019).

Tecnologias de comunicação celular

Redes 3G, 4G e 5G são redes celulares que oferecem conectividade móvel e são amplamente utilizadas para a transmissão de dados na zootecnia de precisão. Elas fornecem alta velocidade de transmissão e cobertura em áreas urbanas e rurais.

A Internet das coisas (IoT), permite o monitoramento e controle dos parâmetros ambientais, como temperatura, umidade, qualidade do ar e iluminação nas instalações de produção animal. Esses sistemas podem ser automatizados para ajustar as condições de acordo com as necessidades dos animais, garantindo seu conforto e bem-estar. Ilapakurti e Vappalapati (2015) apresentaram um sistema para o gerenciamento do conforto térmico de vacas leiteiras na Índia, utilizando diferentes fontes de dados (primários e secundários). O sistema ainda relacionou o estresse térmico dos animais com possíveis riscos de investimento da propriedade rural.

Os dados coletados dos dispositivos conectados são processados e analisados em tempo real. Isso permite a tomada de decisões rápidas e automação de sistemas, como ajustar o manejo dos animais, otimizar a alimentação, antecipar problemas de saúde e controlar a ambiência.

Gerenciamento de dados

O gerenciamento de dados desempenha um papel fundamental na zootecnia de precisão, permitindo a coleta, armazenamento, processamento e análise de grandes volumes de informações relacionadas ao manejo e ao desempenho dos animais em sistemas de

produção pecuária. A eficiente gestão dos dados é essencial para tomar decisões informadas, otimizar o manejo dos animais e melhorar a produtividade.

A Zootecnia de Precisão gera grandes volumes de dados, exigindo abordagens de processamento e análise de big data. Isso inclui o uso de técnicas como Hadoop e Spark para processar e analisar dados em larga escala. (FAVERJON et al., 2019).

Bancos de dados relacionais são amplamente utilizados para armazenar dados estruturados em tabelas relacionadas. Eles oferecem recursos robustos para armazenamento, recuperação e consulta de dados. Exemplos incluem MySQL, PostgreSQL e Oracle (CAMPBELL, 2019).

Os Bancos de dados NoSQL são bancos de dados projetados para lidar com dados não estruturados ou semiestruturados em larga escala. Eles oferecem alta escalabilidade e desempenho para aplicações de zootecnia de precisão que lidam com dados complexos. Exemplos incluem MongoDB, Cassandra e HBase (CAMPBELL, 2019).

O data warehousing envolve a extração, transformação e carregamento (ETL) de dados de várias fontes em um local centralizado para facilitar a análise e a geração de relatórios. Isso permite a consolidação de dados de diferentes sistemas e fontes de informação.

Data integration middleware traz uma abordagem que envolve o uso de camadas intermediárias de software para integrar dados de diferentes sistemas e fontes de dados em tempo real. Isso permite que os sistemas de zootecnia de precisão se comuniquem e compartilhem informações de maneira eficiente (SURESH, 2020).

O uso de técnicas de aprendizado de máquina e análise preditiva permite extrair insights valiosos dos dados coletados na zootecnia de precisão. Essas técnicas podem ser usadas para prever o desempenho dos animais, detectar doenças e otimizar o manejo.

Visão computacional, desafios e perspectivas na produção animal

As ferramentas de inteligência artificial (IA) têm como objetivo analisar, interpretar e extrair informações relevantes de imagens e/ou vídeos para auxiliar na tomada de decisões ou para gerar dados relevantes para aplicações futuras.

A visão computacional tem se mostrado uma ferramenta promissora na produção animal, permitindo a automatização de tarefas de monitoramento, controle e avaliação dos animais. A aplicação de técnicas de processamento de imagens e algoritmos de aprendizado de máquina pode proporcionar uma série de benefícios na gestão dos animais, auxiliando na melhoria do bem-estar, saúde e eficiência produtiva.

Costa (2009) aponta que o objetivo da IA é desenvolver modelos computacionais que utilizam princípios similares da inteligência humana para resolver problemas complexos, atribuindo aos sistemas de gestão a capacidade de tomar decisões autônomas.

Guo et al. (2020) apontam que a visão computacional pode ser utilizada para identificar e rastrear animais individualmente, possibilitando a monitorização do comportamento, crescimento e saúde de cada animal de forma precisa. Algoritmos de visão computacional podem ser empregados para identificar padrões e características visuais associadas a doenças e lesões em animais, permitindo uma detecção precoce e um tratamento mais eficaz.

Outra possibilidade da visão computacional é analisar vídeos ou imagens para identificar e quantificar o comportamento dos animais, como atividade, alimentação e interação social, possibilitando uma avaliação do bem-estar animal. A visão computacional pode ser empregada ainda para estimar o peso e a condição corporal dos animais, permitindo um monitoramento mais preciso e um ajuste adequado da alimentação e manejo (GUO et al., 2020).

Algoritmos de processamento de imagem podem ser utilizados para identificar indicadores visuais de estresse nos animais, como mudanças na postura, expressão facial ou padrões de movimento. Podem ser utilizados para contar automaticamente o número de animais

em um ambiente, facilitando o monitoramento de populações animais em tempo real, bem como a detecção e identificação de animais em ambientes desafiadores, considerando variações de iluminação, oclusões e características individuais (HEIDARIAN, 2020).

A integração da visão computacional com outras tecnologias, como sensores de movimento, RFID (Identificação por Radiofrequência) e IoT (Internet das Coisas), para obter informações mais abrangentes e precisas sobre o comportamento e saúde dos animais. A exploração de técnicas avançadas de aprendizado de máquina, como redes neurais convolucionais (CNNs) e modelos de aprendizado profundo, são mecanismos utilizados para melhorar a capacidade de detecção, classificação e rastreamento de animais (MISZTAL, 2018).

Brevemente, vale apresentar com mais detalhes as aplicações que utilizam novos algoritmos, com alguns trabalhos destacados na Tabela 2, publicados entre 2022 e 2023.

Tabela 2 - Aplicações da Inteligência Artificial na produção animal

Autores[1]	Produção	Algoritmos testados[2]	Aplicação
Alves et al. (2023)	Suínos	Geoestatística	Avaliação da Temperatura da Superfície Corporal em Suínos
Camilotti et al. (2023)	Frango de corte	Redes neurais artificiais (RNA)	Predição dos indicadores de produção e determinar o seu impacto
Conceição et al. (2023)	Ruminantes	Classificador Naïve Bayes, Rede Bayesiana	Monitoramento de parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura corporal) (na produção de ruminantes
Silva et al. (2023)	Bovino de leite	Classificação de imagens térmicas: transferência de aprendizagem sequencial	Detecção de mastite subclínica bovina

Continua...

Tabela 2 - Cont.

Autores[1]	Produção	Algoritmos testados[2]	Aplicação
Canal (2022)	Bovino de corte	Machine Learning; Redes Neurais Artificiais (RNA); Modelo de classificação DenseNet201; Camada de convolução, Pooling e Densa	Predição de peso corporal
Teixeira (2022)	Bovino de leite	redes neurais recorrentes (RNN)	Identificação precoce da anaplasmose

[1] Organizado por ano de publicação e ordem alfabética dos autores.

[2] Artigos que avaliaram mais de um algoritmo, foi destacado em negrito aquele que apresentou o melhor resultado (maior acurácia).

Observa-se, portanto, que algoritmos de IA vêm sendo desenvolvidos e validados para as mais diferentes necessidades da produção animal: diagnóstico e predição de doenças, estimativa de produtividade, reconhecimento de animais, classificação e identificação de comportamentos atípicos, entre outros. É nesse momento que os dados começam a estabelecer relações entre si e a gerar informações, sem a necessidade de intervenção humana.

Uma das vantagens destas técnicas é o seu poder de classificação, isto é, reconhecer padrões e classificar dados novos a partir um banco de dados previamente obtido, conforme aplicações apresentadas nos trabalhos de Silva et al., (2023), Camilotti et al., (2023), e Canal (2022). Outra vantagem é o seu poder preditivo, que permite tomar decisões antes que situações críticas aconteçam.

Apresentação de dados e tomada de decisão

A coleta de dados em tempo real e o uso de tecnologias avançadas para monitorar e gerenciar animais em sistemas de produção pecuária, bem como a apresentação eficaz de dados e a tomada de

decisão informada são essenciais para aproveitar todo o potencial desses dados.

A apresentação de dados por meio de gráficos e tabelas pode facilitar a compreensão e interpretação dos resultados. Isso pode incluir gráficos de linhas, barras, dispersão e histogramas, bem como tabelas resumindo informações relevantes.

O uso de mapas interativos permite visualizar dados geoespaciais relacionados à zootecnia de precisão, como a distribuição de animais, condições ambientais e recursos alimentares. Isso ajuda a identificar padrões e variações espaciais.

Van Hertem et al. (2017) destacam que a visualização e apresentação dos dados é a chave para a melhor recepção das tendências tecnológicas nas fazendas. É importante não reduzir a complexidade da inovação tecnológica, mas sim tornar seus resultados finais de fácil compreensão e maior acessibilidade para o usuário final. É aqui que as interfaces homem-máquina ganham destaque.

Painéis de controle são interfaces que fornecem uma visão geral dos principais indicadores e métricas relacionados ao desempenho e bem-estar animal. Eles permitem monitorar rapidamente o estado dos animais e identificar possíveis problemas. Os dashboards são painéis personalizáveis que exibem informações em tempo real por meio de gráficos, tabelas e outros elementos visuais. Eles permitem a visualização e a análise de dados de maneira interativa, facilitando a tomada de decisões em tempo real.

Diversas empresas têm investido em plataformas de gestão de dados que facilitem a vida dos produtores rurais, de diversos perfis e demandas tecnológicas (com softwares que permitem alimentação manual até plataformas que automatizam todo o sistema de coleta, gerenciamento e decisão).

Comumente chamados de apps, os aplicativos móveis permitem uma utilização mais frequente e próxima do campo, possibilitando o uso de alguns recursos próprios dos aparelhos smartphones (como câmera fotográfica e GPS), oferecendo algumas possibilidades de trabalho off-line e maiores possibilidades de customização para os diferentes clientes (LIU et al., 2014).

Como a aplicação da Zootecnia de Precisão pode contribuir mutuamente na ambiência dos animais e na sustentabilidade da produção animal?

Através da aplicação de tecnologias de monitoramento e controle, é possível que haja o monitoramento em tempo real de parâmetros ambientais, como temperatura, umidade, qualidade do ar e níveis de amônia. Sensores precisos e sistemas de controle automatizados permitem ajustes rápidos e precisos das condições ambientais, garantindo um ambiente adequado para os animais. Isso resulta em menor estresse térmico, melhor eficiência do sistema produtivo e maior conforto e bem-estar animal (SILVA, 2018).

E é justamente através da precisão, gerenciamento de dados e controle de produção, que se permeia as vertentes da sustentabilidade na produção animal. Favorecendo a redução de resíduos e eficiência dos recursos, bem como a mitigação dos impactos ambientais, é possível melhorar a eficiência produtiva, reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente e promover uma produção animal mais sustentável e ambientalmente responsáveis.

Como visto o uso de sensores de ingestão alimentar e sistemas de alimentação automatizados, controla de forma precisa a quantidade de alimento fornecido a cada animal. Resultando em dietas personalizadas e mais eficientes, reduzindo o desperdício de alimentos e minimizando a excreção de nutrientes no ambiente (BERCKMANS, 2011).

Através do monitoramento e controle de parâmetros como o consumo de água, energia e insumos agrícolas, é possível identificar oportunidades de otimização e redução de desperdícios. Além disso, o uso de tecnologias de tratamento de dejetos animais, como biodigestores, pode transformar esses resíduos em fontes de energia renovável e fertilizantes, reduzindo assim os impactos ambientais (KASHIHA, 2017).

Através do monitoramento e controle de parâmetros como a emissão de gases de efeito estufa e a qualidade do ar, é possível implementar medidas de manejo adequadas e reduzir a pegada

ambiental da produção animal (HRISTOV, 2013). Assim sendo, a Zootecnia de Precisão desempenha o importante papel na mitigação dos impactos ambientais associados à produção animal.

Considerações finais

A Zootecnia de Precisão é necessária para as questões de sustentabilidade, ambiência e bem-estar animal, segurança alimentar, mudanças climáticas, saúde humana e preferências do consumidor. Bem como na tomada de decisão, garantindo a otimização de recursos, produtividade e rentabilidade.

Técnicas de inteligência artificial e aprendizado de máquina podem ser aplicadas para analisar grandes volumes de dados e identificar padrões baseadas em dados em tempo real.

A apresentação dos dados é a chave para a melhor recepção das tendências tecnológicas. É importante não reduzir a complexidade da inovação tecnológica, mas sim tornar seus resultados finais de fácil compreensão e maior acessibilidade para o usuário final.

Agradecimentos

Agradecimentos aos coordenadores do SIMBRAS 2023 pela oportunidade de contribuir com o evento.

Literatura citada

ALVES, M. DE F. A., PANDORFI, H., MONTENEGRO, A. A. DE A., SILVA, R. A. B. DA, GOMES, N. F., SANTANA, T. C., ALMEIDA, G. L. P. DE, MARINHO, G. T. B., SILVA, M. V. DA, & SILVA, W. A. DA. Evaluation of Body Surface Temperature in Pigs Using Geostatistics. AgriEngineering, 5(2), 1090-1103. (2023) https://doi.org/10.3390/agriengineering5020069

BERCKMANS, D. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. Revista Brasileira de Zootecnia, 43(2), 102-112. (2014).

BERCKMANS, D. Precision Livestock Farming Technologies for Welfare Management in Intensive Livestock Systems. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, n. spe, p. 286-295, 2011.

CAMARGO, Tiago F. B. et al. Thermal comfort monitoring in aviaries by a real-time data acquisition system. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 23, n. 9, p. 694-701, 2019.

CAMILOTTI, E., FURIAN, T. Q., APELLANIS BORGES, K., TONINI DA ROCHA, D., PINHEIRO DO NASCIMENTO, V., LUIZ DE SOUZA MORAES, H., TADEU, C., & SALLE, P. (n.d.). Ciência Animal Brasileira Ciência Animal Brasileira Brazilian Animal Science Redes neurais artificiais para o gerenciamento da indústria avícola: uma simulação baseada na cadeia de produção de frangos de corte Artificial neural networks for the management of poultry industry: a simulation based on the broiler production chain. https://doi.org/10.1590/1809-6891v24e-75400P

CAMPBELL, J. B., CLARK, R. T., & YANG, C. Big data in precision agriculture and livestock farming. Animal Frontiers, 9(1), 6-11. (2019).

CANAL, G. Z. (N.D.). Utilização De Técnicas De Aprendizagem De Máquina E Processamento De Imagem Para Estimar O Peso De Gado De Corte. Universidade Federal De Santa Catarina Centro De Ciências. 2022.

CARNEIRO, G. S. (N.D.). Universidade Federal Rural Da Amazônia Instituto Da Saúde E Produção Animal Curso De Bacharelado Em Zootecnia. R-Count: Ferramenta De Contagem Remota De Bovinos. 2022.

CASTRO JÚNIOR, Sergio Luís; BALTHAZAR, Glauber Rocha; SILVA, Iran José Oliveira. Diagnóstico preditivo em tempo real do conforto térmico de animais de produção em sistema operacional Android. In: Jaqueline de Oliveira Castro e Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz. (Org.). Anais II SIAPAS e VI SIMCRA. 1ed.Lavras: DEA-UFLA, 2019, v. 1, p. 150-155

CHAUHAN, S., & JATAV, L. A comprehensive survey on precision agriculture and its applications. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 11(3), 1337-1366. (2020).

CHEN, Chen et al. Recognition of aggressive episodes of pigs based on convolutional neural network and long short-term memory. Computers and Electronics in Agriculture, v. 169, p. 105166, 2020.

CHI, Tao; CHEN, Ming. A frequency hopping method for spatial RFID/WiFi/Bluetooth scheduling in agricultural IoT. Wireless Networks, v. 25, n. 2, p. 805-817, 2019.

COMINOTTE, A., FERNANDES, A. F. A., DOREA, J. R. R., ROSA, G. J. M., LADEIRA, M. M., VAN CLEEF, E. H. C. B., & NETO, O. M. Automated computer vision system to predict body weight and average daily gain in beef cattle during growing and finishing phases. Livestock Science, 232, 103904. (2020).

CONCEIÇÃO, A. R., COELI, A. C., BRAGA, P. H. S., OLIVEIRA, P. DA C. S., & SCHULTZ, E. B. Tecnologias aplicadas ao monitoramento de parâmetros fisiológicos na produção de ruminantes. Revista Agraria Academica, 6(2), 27-37. https://doi.org/10.32406/v6n2/2023/27-37/agrariacad. (2023).

COSTA, ERNANE JOSÉ XAVIER. Inteligência artificial aplicada à Zootecnia. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. SPE, p. 390-396, 2009.

DA SILVA, G. A. Universidade Estadual Paulista Faculdade De Medicina Veterinária E Zootecnia Campus De Botucatu. Comportamento De Pastejo De Ovelhas Pantaneiras Durante Seca Extrema No Pantanal Mediante Tecnologias De Precisão. 2023.

ESTÁCIO, R. A. C. A. Universidade de São Paulo Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. (n.d.). Avaliação de um arraçoador inteligente capaz de avaliar o frenesi alimentar em peixes. 2022.

FAVERJON, Céline et al. A transdisciplinary approach supporting the implementation of a Big Data project in livestock production: an example from the Swiss pig production industry. Frontiers in veterinary science, v. 6, p. 215, 2019.

GIANOLA, D., OKUT, H., WEIGEL, K. A., & ROSA, G. J. Predicting complex quantitative traits with Bayesian neural networks: a case study with Jersey cows and wheat. BMC genetics, 12(1), 1-14. (2011).

GUO, H., & WANG, X. Big data and artificial intelligence in animal agriculture. Animal Frontiers, 10(3), 25-30. (2020).

HALACHMI, I., & GUARINO, M. Precision livestock farming: a 'per animal'approach using advanced monitoring technologies. Animal, 10(9), 1482-1483. (2016).

HEIDARIAN MIRI, H., LIU, Y., YU, S., & QIN, Z. An artificial intelligence. (2020).

HRISTOV, A.N.; OH, J.; LEE, C.; et al. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production - A review of technical options for non-CO2 emissions. FAO, 2013.

ILAPAKURTI, A; VUPPALAPATI, C. Building an IoT framework for connected dairy. IEEE First International Conference on Big Data Computing Service and Applications. IEEE, 2015. p. 275-285. 2015.

KASHIHA, M.A.; BAHR, C.; OTT, S.; et al. Precision Livestock Farming for Sustainable Animal Production Systems. Journal of Agricultural Science, v. 155, n. 6, p. 881-888, 2017.

KUMAR, S. et al. Real-time recognition of cattle using animal biometrics. Journal of Real-Time Image Processing, v. 13, n. 3, p. 505-526, 2017.MARSOT, Mathieu et al. An adaptive pig face recognition approach using Convolutional Neural Networks. Computers and Electronics in Agriculture, v. 173, p. 105386, 2020.

LIU, C.Z; ZHECHAO, A.U; CHOI, H.S. Effects of freemium strategy in the mobile app market: An empirical study of google play. Journal of Management Information Systems, v. 31, n. 3, p. 326-354, 2014.

MARSOT, M. et al. An adaptive pig face recognition approach using Convolutional Neural Networks. Computers and Electronics in Agriculture, v. 173, p. 105386, 2020.

MATHEUS, V., & VIDAL, O. (n.d.). UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO BACHARELADO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO. Sistema de Monitoramento e Controle Modular do Ambiente de Produção da Piscicultura. 2023.

MISZTAL, I., LOURENCO, D. A. L., & LEGARRA, A. Review: Statistical methods for genetic evaluation in the big data era. Animal, 12(s1), s165-s173. (2018).

NORTON, T., BERCKMANS, D., BAHR, C., & VRANKEN, E. Precision livestock farming: A suite of technologies to improve animal management and health. In Precision livestock farming '17 (pp. 3-12). Wageningen Academic Publishers. (2017).

OLIVEIRA J., ARILSON J. et al. Development of an android APP to calculate thermal comfort indexes on animals and people. Computers and electronics in agriculture, v. 151, p. 175-184, 2018.

OLIVEIRA, R. O.; SPERS, E. E. Brand equity in agribusiness: Brazilian consumer perceptions of pork products. Revista de Administração de Empresas, v. 58, n. 4, p. 365-379, 2018.

SILVA, A. M. DA, SANTOS, F. K. DOS, MACHADO, P. B., BERGHAHN, L. G., CAMPOS, G. P. DE, ARAÚJO, C. V. DE, ARAÚJO, S. I., & MENEZES, F. L. DE. Uso de Inteligência Artificial na Pecuária: Revisão de literatura. Research, Society and Development, 12(4), e6612440777. (2023).

SILVA, R.R.; ALBINO, R.L.; PEREIRA, D.F.; et al. Precision Livestock Farming: A Review about Environmental Monitoring. Journal of Agricultural Science, v. 10, n. 3, p. 19-30, 2018.

SURESH, M., & THENMOZHI, K. 2020.

TEIXEIRA, V. A., & HORIZONTE, B. Universidade Federal De Minas Gerais Escola De Veterinária Programa De Pós-Graduação Em Zootecnia. Estratégias De Predição E Detecção De Anaplasmose Bovina Com Tecnologias De Precisão. (2022).

VAN H., TOM et al. Appropriate data visualisation is key to Precision Livestock Farming acceptance. Computers and Electronics in Agriculture, v. 138, p. 1-10, 2017.

ZHANG, L., QIN, Z., & PENG, Y. Wireless sensor networks for animal health monitoring in livestock farming: A review. (2019).

USO DE ANTIBIÓTICOS NATURAIS NA ÁREA DE ALIMENTOS

João Paulo Natalino de Sá[1], Simone Mazzutti[1], Angelise Durigon[2]

RESUMO - A crescente preocupação com a segurança alimentar e a resistência antimicrobiana tem impulsionado o interesse na utilização de antibióticos naturais na indústria de alimentos. A compreensão dos mecanismos de ação desses compostos provenientes de fontes vegetais, animais e microbianas tem levado a explorar seu potencial como alternativas aos antibióticos convencionais. Esses compostos têm sido estudados quanto à sua eficácia contra patógenos e deterioração alimentar, além de estender a vida útil dos produtos. Muitos desses antibióticos também demonstram propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, contribuindo para a qualidade dos alimentos. Contudo, a implementação bem-sucedida enfrenta desafios, como a padronização de protocolos para identificação e extração de compostos ativos, garantindo a segurança e consistência dos produtos. A avaliação rigorosa da segurança desses compostos para consumo humano é fundamental para evitar potenciais efeitos adversos. Este capítulo tem como propósito destacar os benefícios, desafios regulatórios e perspectivas futuras da utilização de antibióticos naturais na indústria de alimentos.

Palavras chave: ação bactericida, agroindústria sustentável, antibióticos não sintéticos, compostos naturais.

USE OF NATURAL ANTIBIOTICS IN THE AREA OF FOOD

ABSTRACT - Growing concerns about food safety and antimicrobial resistance have driven interest in using natural antibiotics in the food

[1] Professor do Departamento de Agroindústria da Universidade Federal de Sergipe.
[2] Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe.

industry. Understanding the mechanisms of action of these compounds from plant, animal, and microbial sources has led to exploring their potential as alternatives to traditional antibiotics. These compounds have been studied for their effectiveness against pathogens and food spoilage, as well as for extending the shelf life of products. These agents also exhibit antioxidant and anti-inflammatory properties, improving overall food quality. However, successful implementation faces challenges, such as standardizing protocols for identifying and isolating active compounds ensuring product safety and consistency. A rigorous evaluation of the safety of these compounds for human consumption is essential to avoid potential adverse effects. This chapter highlights the benefits, regulatory challenges, and future perspectives of using natural antibiotics in the food industry.

Keywords: bactericidal action, natural compounds, non-synthetic antibiotics, sustainable agroindustry.

Introdução

A utilização de antibióticos naturais na indústria de alimentos tem suscitado um considerável interesse nas últimas décadas, impulsionado por preocupações crescentes relacionadas à segurança alimentar e à resistência antimicrobiana.

A crescente compreensão dos mecanismos subjacentes às atividades antimicrobianas de compostos de origem vegetal, animal e microbiana tem levado a uma exploração mais profunda das aplicações potenciais dessas substâncias como alternativas aos antibióticos convencionais.

A literatura científica revela uma ampla gama de antibióticos naturais com atividades antimicrobianas notáveis, que abrangem desde extratos de plantas até produtos fermentados e subprodutos de origem animal.

Estes compostos têm sido investigados quanto à sua eficácia na inibição do crescimento de patógenos alimentares e deteriorantes, assim como na extensão da vida útil dos produtos alimentícios.

Estudos têm demonstrado que muitos desses antibióticos naturais possuem propriedades que vão além da mera inibição microbiana,

incluindo atividades antioxidantes e anti-inflamatórias, o que pode contribuir para a melhoria geral da qualidade dos alimentos.

No entanto, a implementação bem-sucedida de antibióticos naturais na indústria de alimentos não está isenta de desafios. Um obstáculo crítico reside na necessidade de estabelecer protocolos padronizados para a identificação, extração e purificação de compostos ativos, a fim de garantir a consistência e a segurança dos produtos finais. Além disso, a avaliação rigorosa da segurança desses compostos para consumo humano é essencial, de modo a evitar potenciais efeitos adversos.

Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo fornecer uma da utilização de antibióticos naturais na indústria de alimentos, destacando os benefícios potenciais, os desafios regulatórios e as perspectivas futuras dessas intervenções.

Antimicrobianos naturais na indústria de alimentos: potencialidades, desafios e perspectivas

Antimicrobianos naturais constituem um conjunto de compostos com a habilidade intrínseca de reprimir a proliferação de microrganismos patogênicos e/ou causadores de deterioração. Este conjunto de substâncias emerge como uma alternativa de grande interesse para a provisão de alimentos seguros e de elevada qualidade (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2010). Esses sistemas antimicrobianos podem originar-se de fontes microbianas, animais e vegetais.

Dentre estes, os antimicrobianos provenientes de fontes vegetais, têm sido alvo de estudos que revelam resultados promissores no que concerne à ação bacteriostática ou bactericida de microrganismos patogênicos e/ou deteriorantes (MURIEL-GALET, V. et al., 2012; GUEDES et al., 2018; POKHREL, et al., 2019; ZHU et al., 2021).

Os possíveis agentes antimicrobianos encontrados em espécies vegetais abrangem especiarias, Óleos Essenciais (OE) e os seus componentes fotoquímicos. Diversas pesquisas têm evidenciado a atividade antimicrobiana dos OE, tanto em cenários que simulam

sistemas alimentares, quanto em contextos que envolvem diretamente as matrizes alimentares (MILLEZI et al., 2016; CUTRIM et al., 2019).

A *International Standart Organization* (ISO), defini os óleos essenciais (OE's), como produtos obtidos de partes de plantas através de destilação. De forma geral, são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Também podem ser chamados de óleos voláteis, óleos etéreos ou essências (ISO/TC 54).

Os OE's são normalmente sintetizados por técnicas de extração, como a destilação (incluindo destilação a vapor), prensagem a frio, ou extração (maceração) (MILILLO et al., 2011; SOLÓRZANO-SANTOS, MIRANDA-NOVALES, 2012).

Normalmente, esta mistura complexa encontrada nos OE's, são comumente utilizados em alimentos, tais como ervas e especiarias, sendo os derivados terpênicos, como os mono e sesquiterpenos e os fenilpropanoides um dos componentes principais dos OE's (CALO et al., 2015).

Diante da possibilidade de utilização de OE para aprimorar a conservação, estender a vida útil dos alimentos e reduzir a necessidade de antioxidantes e agentes antimicrobianos sintéticos, estudos vêm se intensificado para demonstrar os promissores potenciais desses compostos na área de alimentos (SOLÓRZANO-SANTOS, 2012; RODRIGUEZ-GARCIA, et al., 2016; ABBASZADEH, 2014).

Nesse contexto, CHEN et al. (2017) analisaram o efeito inibitório dos Óleos Essenciais de cravo e eugenol no processo de escurecimento enzimático em alface minimamente processada. As soluções foram preparadas por diluição em etanol (75%) e água destilada, alcançando uma concentração final de 0,05% (v/v) de óleos essenciais e 5% (v/v) de etanol, tendo a água sido utilizada como controle.

Os autores reportaram que a alface tratada com OE de cravo e eugenol inibiu o processo de escurecimento enzimático ao longo dos 12 dias de armazenamento, resultando na redução do escurecimento na superfície das folhas. Em contrapartida, o tratamento com etanol e água demonstrou um aumento no escurecimento enzimático durante o mesmo período analisado. Além disso, o tratamento com OE inibiu significativamente as atividades das enzimas fenilalanina amônia liase (PAL), polifenol oxidase (PPO) e peroxidase (POD) (CHEN et al., 2017).

Esse resultado sugere que os Óleos Essenciais de cravo e eugenol podem atuar inibindo o processo de escurecimento enzimático, possivelmente por competirem com os sítios ativos das enzimas que favorecem tal processo (CHEN et al., 2017).

Portanto, esse estudo apresenta uma nova perspectiva sobre os benefícios da utilização dos OE's como conservantes naturais para aplicação em hortaliças minimamente processadas.

Dentre as várias matrizes alimentares que propiciam a proliferação de microrganismos patogênicos e o processo de deterioração, destaca-se a carne e seus derivados.

A utilização de certos aditivos alimentares sintéticos, como o nitrato e o nitrito, por exemplo, tem sido questionada por parte dos consumidores devido aos possíveis efeitos tóxicos e cancerígenos para a saúde humana. Nesse sentido, aditivos com ação antimicrobiana de origem vegetal, têm sido objeto de pesquisas visando sua aplicação.

O estudo realizado por KHALEQUE et al. (2016) investigou o efeito dos extratos obtidos a partir de cravo e canela na inativação da bactéria *Listeria monocytogenes* em carne moída armazenadas a diferentes temperaturas (-18 °C, 4 °C e 0 °C) por períodos variados.

Os resultados indicaram que o extrato de canela na concentração de 5,0% apresentou um efeito bacteriostático, reduzindo a contagem de *L. monocytogenes* durante o período de armazenamento. Por outro lado, o extrato de cravo a 5,0% mostrou uma ação bactericida a partir do terceiro dia de armazenamento, independentemente da temperatura.

Além disso, os autores observaram que a concentração de 5,0% foi bem aceita sensorialmente por avaliadores do sul da Ásia e da África, mas obteve pontuações mais baixas entre os avaliadores do Leste Asiático e da América Latina.

Portanto, considerando o contexto, a combinação do extrato de cravo com outras estratégias de conservação, como refrigeração, poderia ser uma alternativa viável para controlar patógenos em produtos cárneos, constituindo um bioconservante promissor.

É importante ressaltar que, a utilização de compostos com ação antimicrobiana provenientes de fontes vegetais em alimentos, pode apresentar como limitação a elevada hidrofobicidade desses compostos, bem como o odor e sabor pronunciados que podem interagir com certas

matrizes alimentares, prejudicando atributos sensoriais como sabor e odor indesejáveis.

Com o propósito de minimizar esses inconvenientes, estão sendo conduzidos estudos, tais como, a incorporação de compostos vegetais em filmes ou revestimentos comestíveis, ou através do processo de encapsulamento e da nanotecnologia. Essas abordagens possibilitam a utilização de concentrações reduzidas destes compostos e, simultaneamente, a sua uma liberação mais prolongada e controlada.

Neste contexto, Sá (2017) investigou a atividade antimicrobiana de nanocarreadores contendo eugenol (BSA-E), em diferentes valores de pH (3,5, 5,0 e 7,0), contra isolados bacterianos relacionados à mastite bovina (*Staphylococcus aureus* - ATCC 25923 e *Escherichia coli* - ATCC 25922). Os resultados evidenciaram que a inclusão de eugenol em BSA manifestou propriedades bactericidas em relação a bactérias gram-positivas e gram-negativas, apresentando uma Concentração Mínima Bactericida (CMB) inferior à do eugenol em sua forma livre, para todos os níveis de pH analisados (3,5, 5,0 e 7,0).

Adicionalmente, o estudo demonstrou que a aplicação do teste simulado em superfícies de aço inoxidável e em borracha de teteira, usando BSA-E, independentemente do pH, resultou na remoção efetiva de *S. aureus* e *E. coli*. Isso sugere que o eugenol transportado por nanocarreadores poderia ser uma alternativa viável e eficaz como agente de sanitização para controlar o processo de adesão bacteriana de isolados bacterianos mastítico (SÁ, 2017).

Importante destacar que, o uso de antibióticos naturais na cadeia produtiva de alimentos, embora apresente diversas vantagens, também está sujeito a várias limitações importantes que requerem atenção e consideração.

Dentre está limitações, se destaca a questão da estabilidade dos antibióticos naturais. Esses compostos frequentemente são sensíveis a condições de processamento, armazenamento e fatores ambientais, o que pode resultar em degradação e perda de atividade antimicrobiana. Isso pode comprometer a eficácia dos antibióticos naturais ao longo do tempo e reduzir sua capacidade de inibir microrganismos indesejados nos alimentos (CHELOTTI et al., 2023).

Outra preocupação significativa diz respeito à segurança alimentar e à saúde humana. Enquanto os antibióticos naturais são

frequentemente considerados menos propensos a causar efeitos colaterais adversos em comparação com antibióticos sintéticos, ainda existe a possibilidade de reações alérgicas, sensibilização e outros impactos negativos para grupos sensíveis, como crianças, idosos e indivíduos com imunidade comprometida (SEOW, et al., 2014; SINGH, et al., 2021).

Além disso, a complexidade das regulamentações também é uma limitação a ser considerada. A falta de padronização nas diretrizes regulatórias entre diferentes países pode criar desafios para a comercialização global de alimentos contendo antibióticos naturais. A harmonização regulatória é crucial para garantir a segurança e eficácia desses produtos em nível internacional (LIMA et al., 2016; SINGH, et al., 2021; LIU, et al., 2021).

Ademais, a viabilidade econômica é mais uma questão importante. A obtenção e extração de antibióticos naturais muitas vezes envolvem processos complexos e custosos, o que pode impactar os custos de produção e, consequentemente, o preço final dos alimentos. Isso pode afetar a acessibilidade desses produtos a um público mais amplo (WEI, 2017; DENNY & CAPUCIO, 2021).

Neste contexto, enquanto os antibióticos naturais oferecem uma abordagem atraente para a preservação de alimentos, é fundamental reconhecer e enfrentar as limitações inerentes a essa estratégia. A estabilidade, a segurança, a resistência microbiana, as regulamentações e a viabilidade econômica são aspectos cruciais a serem considerados na avaliação e aplicação dos antibióticos naturais como alternativas na cadeia produtiva dos alimentos.

Conclusões

A utilização de antibióticos naturais na cadeia produtiva de alimentos, com o propósito de preservar as características físico-químicas e microbiológicas, pode se apresentar como uma alternativa viável em diversos setores. Isso inclui produtos de origem animal e vegetal, bem como na higienização de superfícies que têm contato direto com os alimentos.

A continuidade das pesquisas relacionadas à aplicação desses compostos é de suma importância. Esse esforço tem como objetivo a

minimização dos possíveis efeitos indesejáveis, como a elevada hidrofobicidade, bem como os odores e sabores marcantes associados. Além disso, a consideração das normas legislativas que abrangem a produção e comercialização desses produtos é fundamental para abordar de maneira abrangente e esclarecedora os mencionados efeitos indesejáveis.

Literatura citada

ABBASZADEH, A. Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. Journal de Mycologie Médicale/Journal of Medical Mycology, v. 24, n. 2, p. e51-e56, 2014.

CALO, J. R. et al. Essential oils as antimicrobials in food systems - A review. Food Control, v. 54, p. 111-119, 2015.

CHELOTTI, M. E., TURRA, B. O., MEIRA, G. M., BONOTTO, N. C. DE A., CRUZ , I. B. M. DA, RIBEIRO , E. E., AZZOLIN, V. F., & BARBISAN, F. (2023). Propriedade medicinais do Óleo de coentro Coriandrum sativum (L.). Seven Editora, 768-779.

CHEN, X. et al. Effects of clove essential oil and eugenol on quality and browning control of fresh-cut lettuce. Food Chemistry, v. 214, p. 432-439, 2017.

CUTRIM, E. S. M. et al. Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante dos óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de *Zingiber officinale* (Gengibre) e Rosmarinus officinalis (Alecrim). Revista Virtual de Química, v. 11, n. 1, p. 60-81, 2019.

DENNY, D. M. T; CAPUCIO, C. Bioeconomia e a Organização Mundial do Comércio: um comentário inicial. Núcleo de estudos em Tribunais Internacionais, 2021. Acesso em: 06 jul. 2023.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Agentes antimicrobianos químicos e naturais, 2010. Disponível em: https://revistafi.com.br/upload_arquivos/201606/20160607390620014653204 70.pdf. Acesso em:19 de ago de 2023.

GUEDES, J. P. A.; SOUZA, E. L. Investigation of damage to Escherichia coli, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Enteritidis* exposed to Mentha arvensis L. and M. piperita L. essential oils in pineapple and mango juice by flow cytometry. Food Microbiology, v. 76, p. 564-571, 2018.

INTERNATIONAL STANDART ORGANIZATION - ISO/TC 54- Draft Report of the 25rd plenary meeting of ISO/TC 54 “Essential Oils” 2006. Document ISO/TC 54 - N 2405.

LIMA, B. ; CARDOSO, G. C. C. As “barreiras verdes”e suas repercussões no Brasil: uma análise do papel da extensão na conscientização das comunidades e seus impactos. Revista Encontros Universitários da UFC, Fortaleza, v. 1, n. 1, 2016.

LIU, L. J; CREUTZIG, F; YAO, Y. F; WEI, Y. M. LIANG, Q. M. Environmental and economic impacts of trade barriers: The example of China-US trade friction. Resource and Energy Economics, volume 59, 2020.

MILLEZI, A.F.et al. Anti-biofimand Antibacterial Effect of Essential Oils and Their Major Compounds. Journalof Essential Oil BearingPlants, v.19, n.3, p.624-631, 2016.

MILILLO, S. R. et al. Immediate reduction of *Salmonella* enterica serotype *typhimurium* viability via membrane destabilization following exposure to multiple-hurdle treatments with heated, acidified organic acid salt solutions. Applied and Environmental Microbiology, v. 77, n. 11, p. 3765-3772, 2011.

MIRANDA, C. A. S. F. et al. óleos essenciais de folhas de diversas espécies: Propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 1, p. 213-220, 2016.

MURIEL-GALET, V. et al. International Journal of Food Microbiology Development of antimicrobial fi lms for microbiological control of packaged salad. International Journal of Food Microbiology, v. 157, n. 2, p. 195–201, 2012.

KHALEQUE, M. A. et al. Use of cloves and cinnamon essential oil to inactivate *Listeria monocytogenes* in ground beef at freezing and refrigeration temperatures. LWT - Food Science and Technology, v. 74, p. 219–223, 2016.

POKHREL, P. R.; TONIAZZO, T.; BOULET, C.; ONER, M. E.; SABLAN, S. S.; TANG, J.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Inactivation of Listeria innocua and *Escherichia coli* in carrot juice by combining high pressure processing, nisin, and mild termal treatments. Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 54, p. 93-102, 2019.

RODRIGUEZ-GARCIA, I. et al. *Orégano (Lippia graveolens)* essential oil added within pectin edible coatings prevents fungal decay and increases the antioxidant capacity of treated tomatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture, n. December 2015, p. 3772-3778, 2016.

SÁ, JOÃO PAULO NATALINO. Avaliação antimicrobiana de nanocarreador com eugenol em isolados bacterianos de mastite bovina. 73 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SEOW, Y. X. et al. Plant essential oils as active antimicrobial agents. Critical reviews. Food science and nutrition, v. 54, n. 5, p. 625-644, 2014.

SINGH, A. K. et al. Mucormycosis in COVID-19: a systematic review of cases reported worldwide and in India. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews, v. 15, n. 4, p. 102146, 2021.

SOLÓRZANO-SANTOS, F.; MIRANDA-NOVALES, M. G. Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. Current Opinion in Biotechnology, v. 23, n. 2, p. 136-141, 2012.

WEI, G. Analysis of Environmental Barriers in International Trade. 3International Conference on Economics, Social Science. Arts, Education and Management Engineering. Atlantis Press, 2017.

ZHU, Y.; LI, C.; CUI, H.; Lin, L. Encapsulation strategies to enhance the antibacterial properties of essential oils in food system. Food Control, v. 123, 2021.

O USO DE INSETOS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL NA AGRICULTURA FAMILIAR

Tatiana Cristina da Rocha[1], Elayna Cristina da Silva Maciel[2], Edmile da Silva Faria[3], Andreia Santos do Nascimento[4]

RESUMO - A agricultura familiar representa um segmento de extrema importância para disponibilidade de alimentação diversificada e saudável para a população brasileira, porém ainda enfrentam desafios para manter a produtividade dos sistemas, pautados em práticas agroecológicas que garantam a sustentabilidade e a qualidade dos produtos. Dentre esses desafios podemos destacar a alimentação dos animais de produção com ingredientes internos, que pode ser amenizado com a criação de insetos, dentro das propriedades, destinada a alimentação animal. A alimentação animal com isentos ou farinhas de insetos vem sendo desenvolvida e estudada com grandes resultados no desempenho dos animais de diferentes espécies. Para a agricultura familiar é importante que a criação animal se torne cada vez mais independente da aquisição de insumos externos a propriedade, dessa forma, a busca por conhecimento do ciclo de vida dos insetos e das tecnologias de criação, a partir de substratos oriundos da própria propriedade, se torna uma alternativa interessante para este segmento na busca por sistemas produtivos mais sustentáveis.

Palavras chave: agroecologia, alimentação alternativa, produção animal, sustentabilidade.

[1] Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

[2] Estudante de Pós-graduação na Universidade de Nova Gales do Sul

[3] Estudante de Pós-graduação no Instituto Federal Baiano

[4] Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais

THE USE OF INSECTS FOR ANIMAL FEED IN FAMILY FARMING

ABSTRACT - Family farming plays a crucial role in ensuring that the Brazilian population have a varied and healthy diet, but it is still difficult for them to maintain the productivity of their systems, which are based on agro-ecological practices that guarantee the sustainability and quality of their output.

The challenges we can highlight are the feeding of animals with internal ingredients; this is one of these difficulties that can be overcome by insect-based food for animal raising. Animal feed with insect meal or insects has been developed and studied with great results in the performance of animals of different species.

For small family farms, it is important that animal husbandry become increasingly independent of the acquisition of inputs from outside the property. The search for knowledge of the life cycle of insects, rearing technologies, and substrates from the property itself becomes an interesting alternative for this segment in the search for more sustainable production systems.

Keywords: agroecology, alternative food, animal production, sustainability.

Introdução

A agricultura familiar, representada por pequenos produtores rurais, povos e comunidades tradicionais, assentados de reforma agrária, silvicultores, aquicultores, extrativistas e pescadores, que possui propriedade de até quatro módulos fiscais, utilizem a mão de obra familiar e tenham parte da renda oriunda das atividades praticadas na propriedade (BRASIL, 2006) representam, no Brasil, um segmento ou categoria social de extrema relevância econômica e cultural para o país.

Segundo Aquino (2020) os agricultores familiares são responsáveis pela diversidade de alimentos que chegam à mesa dos brasileiros, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional, desenvolvimento da economia local e melhoria da qualidade de vida da população. Além disso, contribuem com a criação de empregos,

geração e distribuição de renda e com a redução do êxodo rural no país (DAMASCENO, KHAN E LIMA, 2011).

Apesar da importância desse segmento, muitas vezes a agricultura familiar é invisibilizada e agricultores/as familiares enfrentam desafios para manter a produtividade de alimentos de forma sustentável, dentre esses desafios podemos destacar a insuficiência ou ausência de assistência técnica e extensão rural de qualidade e comprometida com as realidades da agricultura familiar, as dificuldades para acesso a políticas públicas que possam apoiar o desenvolvimento da agricultura familiar.

Cabe destacar que a agricultura familiar "não só impulsiona economias locais, como também contribui para o desenvolvimento rural sustentável ao estabelecer uma relação íntima e vínculos duradouros da família com seu ambiente de moradia e produção" (BITTENCOURT, 2020, p. 25). Portanto, é importante estabelecer e colocar em prática políticas públicas que apoiam a agricultura familiar, assim como promover discussões e debates entre diferentes atores com intuito de difundir tecnologias sociais que permitam a produção sustentável de alimentos.

Dentro das propriedades da agricultura familiar, que apresentam características que podem contribuir para uma produção sustentável, pautada nos princípios da agroecologia, os animais estão integrados ao sistema desempenhando diversas funções, como fonte de alimentação para a família, geração de renda com a venda do excedente de produtos oriundos dos animais, produção de esterco para a adubação do solo, controle de insetos e plantas espontâneas, dentre outras.

Porém, para manter o equilíbrio dinâmico do sistema, os agricultores/as familiares devem priorizar o uso de insumos internos para alimentação desses animais. Muitas vezes, a produção de ingredientes proteicos para alimentação animal, principalmente para não ruminantes, na propriedade é escasso e, portanto, é importante estudar alternativas viáveis para garantir a alimentação dos animais a baixo custo e com insumos da própria propriedade. Dentro dessa perspectiva, o uso de insetos na alimentação animal pode ser uma alternativa viável para a agricultura familiar.

Alimentação animal na agricultura familiar

Para o desenvolvimento e valorização da agricultura familiar é importante a adoção de sistemas produtivos que contrapõem o modelo convencional imposto pela "Revolução Verde", que privilegia as grandes empresas em detrimento aos agricultores familiares, em busca de alta lucratividade que fica concentrada sob domínio de poucos.

> A ciência e a tecnologia convencional levaram os recursos naturais a dilapidação, com consequências como: erosão, êxodo rural, marginalidade e criminalidade urbana, concentração de renda, pobreza e crises social, ambiental e energética (MACHADO, 2010, p.33).

Dessa forma, se faz necessário buscar alternativas aos sistemas produtivos convencionais. A Agroecologia é uma ciência capaz de dar suporte á agricultura sustentável, incluindo a pecuária, e à processos de desenvolvimento rural sustentável (CAPORAL e COSTABEBER, 2004). Segundo Soares, et al. (2006, p.3) "a agroecologia se concretiza quando, simultaneamente, cumpre com os ditames da sustentabilidade econômica, ecológica, social, cultural, política, ética e êmica".

As propriedades da agricultura familiar apresentam características que favorecem a implantação das práticas agroecológicas e o processo de transição de sistemas convencionais, nocivos por vários fatores, para sistemas mais sustentáveis. Dentre essas características pode-se citar a alta biodiversidade dentro das propriedades, a aplicação de conhecimentos tradicionais na conservação dos recursos, diversificação de atividades da propriedade favorecendo a circulação de energia dentro do sistema.

Em sistemas agroecológicos a criação animal deve estar relacionada aos demais processos que ocorrem no sistema e alguns princípios devem ser seguidos como atender ao bem-estar animal, dar preferência a raças nativas adaptadas as condições ambientais da região e utilizar alimentos oriundos da própria propriedade na alimentação dos animais.

Soares et al. (2016) destaca que pode ser inviável a produção de cerais orgânicos, como milho, soja e trigo, para a alimentação animal, uma vez que, sendo certificados como orgânicos possui preço elevado

no mercado internacional. E, portanto, é necessário buscar alimentos alternativos encontrados ou cultivados nas propriedades para fornecer aos animais.

> Existem uma série de alimentos alternativos, não convencionais, com características orgânicas que podem ser produzidos nas propriedades rurais com o objetivo de diversificação/rotação de culturas, fixação de nitrogênio, gestão do nitrogênio e do carbono, melhoria da estrutura do solo, que podem ser combinados para a produção de rações para monogástricos e de ruminantes (SOARES, et al, 2006, p. 8).

Dessa forma, é importante buscar ingredientes que estão presentes na própria propriedade ou cultivar espécies de plantas que sejam adaptadas as condições ambientais sem que haja necessidade de modificações nos sistemas para que sejam produzidas de forma adequada para utilizar na alimentação animal. Além disso, os produtores devem se apropriar de tecnologias que podem ser utilizadas para a produção e conservação de alimentos para os animais.

Dentro desse contexto se insere o uso de insetos e farinhas de insetos para a alimentação animal, que pode ser uma alternativa viável para a agricultura familiar.

De acordo com dados da FAO (2013), os insetos são uma possível fonte de proteínas, possuem potencial de mercado e podem ser produzidos de forma mais sustentável e com qualidades nutritivas promissoras para nutrição animal. Além disso, a criação massal de insetos desperta interesse para utilização na ração animal, visto que, não compete com o uso da terra ou recursos alimentares, bem como, promove reciclagem de nutrientes (REIS; DIAS, 2020).

Para a agricultura familiar é importante que a criação animal se torne cada vez mais independente da aquisição de insumos externos á propriedade, dessa forma, a criação de insetos, a partir de substratos oriundos da própria propriedade, se torna uma alternativa interessante para este setor.

A composição nutricional do corpo dos insetos revela que estes são uma fonte alternativa de proteína, além disso, fornece gordura, energia, vitaminas e minerais, com possibilidade de utilização como substituto ao milho e farelo de soja (ARANTES; REGIS; MARCHINI,

2021). Dessa forma, estudos sobre a utilização de insetos e farinhas de insetos na alimentação animal pode trazer benefícios para sistemas industriais e principalmente para agricultura familiar.

Uso de insetos na alimentação animal

Os insetos representam um grupo de grande importância, pois participam de todos os processos ecológicos como ciclagem de nutrientes, polinização das plantas e dispersão de sementes, ciclagem de matéria orgânica, dispersão de fungos, são fonte de alimento para outros animais, agem no controle populacional de espécies de plantas por meio da herbivoria e de animais pela transmissão de doenças e parasitismo (AMARAL et al., 2017; CAJAIBA; SILVA, 2017; CAJAIBA et al., 2020).

Os insetos, muitas vezes são vistos como pragas ou prejudiciais por transmitirem algum tipo de doenças. No entanto, é importante ressaltar que, na natureza, somos todos necessários; todos os organismos têm funções e relações ecológicas interdependentes (EMBRAPA, 2023).

O consumo de insetos mostra-se como uma das alternativas alimentares, pois diversos grupos de insetos podem ser detectados em abundância em determinados ambientes, caracterizando grande quantidade de biomassa, que poderia estar sendo empregada como fonte de alimento para humanos (ROMEIRO et al., 2015), bem como na produção animal.

A utilização de insetos na alimentação humana é praticada há muitos anos e segundo Bueno et al. (2020) há registro dessa prática por comunidade indígenas e tradicionais no Brasil, os autores destacam ainda que o uso sustentável de insetos comestíveis pode trazer benefícios para a conservação da biodiversidade e melhoria da alimentação humana.

Os benefícios da utilização de insetos para a alimentação humana podem ser extrapolados para alimentação animal, propiciando uma alimentação adequada aos animais de produção de forma mais sustentável, baseada em princípios agroecológicos.

Insetos ou a farinha de insetos podem ser utilizadas na alimentação de diferentes espécies de animais como aves, suínos e peixes e apresentam vantagens como: menor uso de água e energia para sua produção, redução de compostos nitrogenados, transformam resíduos orgânicos em substâncias de maior valor nutricional, não requerem cultivo de terra, se reproduzem facilmente e é considerada uma valiosa fonte nutricional para animais (BELGHIT et al; 2018; VAN HUIS,2020; VAN HUIS & GASCO, 2023).

Adultos, larvas e pupas de insetos são consumidos naturalmente por aves selvagens e aves criadas ao ar livre (ZUIDHOF et al., 2003). Segundo Ijaiya e Eko (2009) insetos são uma fonte de proteína semelhante em qualidade a da farinha de peixe e recomendam o uso de insetos como ingredientes de rações de aves.

Sabe-se que algumas espécies de peixes têm hábito alimentar onívoro (insetívoros), sendo assim, o uso de insetos na alimentação de peixes tem sua importância nutricional. Embora os insetos atualmente não sejam gerados em quantidades suficientes para serem empregados na fabricação de ração comercial para peixes, eles exibem um potencial significativo como fonte sustentável de alimento (BELGHIT et al; 2018).

Várias espécies de insetos podem ser utilizadas na alimentação de animal, porém algumas tem se destacado pela facilidade de criação, maior produção de biomassa ou melhores resultados no desempenho dos animais.

Devido às suas excelentes características nutricionais e grande produção de biomassa do inseto, a farinha de mosca soldado negro (*Hermetia* spp.; Diptera: Stratiomyidae) tem sido bastante estudada. Ela é uma excelente fonte de energia e proteína, 37% a 65% respectivamente, e dispõe um perfil de aminoácidos mais adequado para aves (BARRAGAN-FONSECA et al., 2017). Dabbou et al. (2018) apuraram maior consumo de ração e peso vivo de frangos de corte, que consumiram dietas incluindo 15% de farinha de mosca soldado, esses resultados foram justificados pelos autores, devido à maior palatabilidade das rações quando as mesmas possuíam este ingrediente.

A farinha de larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) podem substituir completamente o farelo de soja em dietas para frangos de corte durante o período de crescimento sem efeitos

negativos na palatabilidade da dieta, melhorando, inclusive a conversão alimentar. Os valores bioquímicos do sangue demonstram uma melhor resistência a doenças e resposta imunológica das aves, devido certamente aos efeitos prebióticos da quitina (BOVERA et al., 2015).

O fornecimento de farinha do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.; Lepidoptera: Crambidae) para galinhas poedeiras é um procedimento nutricional viável, visto que a mesma exibe boa aceitação por parte dos animais (JOSHI et al., 1980). Adicionalmente, destaca-se que a criação do bicho-da-seda possui característica de sustentabilidade e diversificação na produção animal, sendo estes princípios agroecológicos importantes, uma vez que a criação do bicho-da-seda, além do objeto principal da produção que é seda, também permite a utilização de um segundo produto que são as pupas deste insetos, estas são removidas do casulo para beneficiamento dos fios de seda, e podem ser utilizadas na produção de farinhas de insetos para alimentação das aves.

Mwaniki et al. (2018), incluindo 7,5% de farinha de mosca soldado (*Hermetia* spp.) nas rações de aves poedeiras verificaram produção e peso médio dos ovos semelhantes ao controle (sem a inclusão da farinha), contudo a qualidade da casca, medida por meio da resistência à quebra e espessura dessa estrutura elevaram significativamente com a incorporação das farinhas, os autores justificaram esses resultados devido à maior absorção de cálcio no intestino das galinhas.

A Tabela 1 apresenta insetos podem ser utilizados na alimentação de diferentes espécies animais.

Tabela 1 - Algumas espécies animais que podem ser alimentadas com insetos

Animal	Inseto	Referência
Suínos, aves, peixes, crustáceos, crocodilos, sapos	Larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*)	Makkar et al. (2014)
Suínos, aves, aves de corte, galinhas poedeiras, peixes, crustáceos, roedores	Mosca doméstica (*Musca domestica*)	

Continua…

Tabela 1 - Cont.

Animal	Inseto	Referência
Porcos, aves de corte, galinhas poedeiras, peixes	Tenébrio comum (*Tenebrio molitor*)	Makkar et al. (2014)
Aves, suínos, peixes e bovinos	Larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*)	Tomberlin e Van Huis (2020)
Aves, suínos, peixes e animais domésticos	Larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*)	
Aves de corte	Tenébrio comum (*Tenebrio molitor*) e tenébrio gigante (*Zophobas morio*)	Van Huis (2020)
Aves	Gafanhotos, grilos, baratas, cupins, percevejos, cigarras, pulgões, besouros, lagartas, moscas, abelhas, vespas e formigas	Ravindran e Blair (1993)
Peixes	Larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*), mosca doméstica (*Musca domestica*) e tenébrio comum (*Tenebrio molitor*)	Llagostera et al. (2019)
Aves	Barata americana (*Periplaneta americana*), Tenébrio comum (*Tenebrio molitor*), larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*), mosca doméstica (Musca domestica), bicho-daseda (*Bombyx mori*), grilo comum (*Acheta domesticus*)	Sánchez-Muros, Barroso e de Haro (2016)
Moluscos	Bicho da seda (*Bombyx mori*)	Cho (2010)

Fonte: Lucas (2021).

Criação de insetos na agricultura familiar

Apesar da criação de insetos em laboratórios, de forma massal, ser uma alternativa para produção de alimentos para a criação de outros animais (aves, suínos, peixes, etc.) é importante buscar formas e sistemas de criação que se adequem a realidade das propriedades da agricultura familiar, buscando assim maior independência da aquisição de insumos externos. Pedroso-de-Paiva (2001) apresenta uma técnica simples de criação de larvas de moscas para a alimentação de aves, utilizando esterco, resto de ração, restos de alimentos ou carcaças de forma isolada ou em combinação como substrato para o crescimento das larvas. A Figura 1 demonstra a estrutura onde larvas de moscas podem ser criadas.

A estrutura apresentada na Figura 1 pode ser confeccionada por criadores de aves em pequena escala, sendo que a mesma funciona como um cocho que será instalado dentro do aviário, disponibilizando um alimento natural para as aves, pois a medida que as larvas das moscas eclodem e começam a se movimentar no substrato da bandeja superior (Figura 1A) caem na bandeja inferior (Figura 1B) onde podem servir de alimentos para as aves.

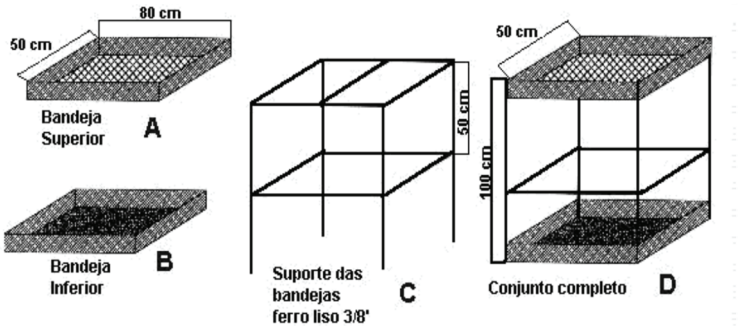


Figura 1 - Estruturas para criação de larvas e mosca, A - bandeja com fundo telado, B - bandeja com fundo de madeira, C - estrutura metálica para suporte das bandejas, D - conjunto das estruturas.

Fonte: Pedroso-de-Paiva (2001).

O sucesso da criação de insetos, seja em laboratórios ou em estruturas simples como apresentada por Pedrosa-de-Paiva (2001),

depende do conhecimento do ciclo de vida do inseto e de suas necessidades ambientais. Dessa forma, a escolha e conhecimento sobre o inseto é um fator importante na criação e uso na alimentação animal.

O conhecimento sobre as características, ciclo de vida e hábito alimentar dos insetos é um fator de extrema importância, uma vez que, algumas espécies de insetos podem se tornar, em ambientes desequilibrados, pragas e causar grandes prejuízos para agricultores.

"Em um ambiente em equilíbrio as plantas convivem com as pragas e doenças de forma harmoniosa, sem causar danos a produção de frutos e folhas. Nestes casos, as pragas não aumentam sua população, pois o ambiente não favorece o aumento" (ZANUNCIO JUNIOR et al., 2018, p. 18).

Dessa forma, levando em consideração que após a "Revolução verde" e a adoção dos pacotes tecnológicos houve grande degradação ambiental e desequilíbrio dos agroecossitemas, é necessário estar atento ao ciclo de vida dos insetos para a decisão de quais espécies devem ser criadas para alimentação animal, mesmo em propriedades da agricultura familiar que se encontram em processo de transição agroecológica.

Lucas (2021) evidencia que pequenos agricultores são capazes de iniciar uma criação de insetos para alimentação animal, já que se beneficiam pelo fato, de que esses podem ser alimentados com resíduos orgânicos oriundos da própria propriedade.

Os pequenos agricultores podem ganhar com o novo mercado, obtendo lucros consideráveis, impulsionando a economia de áreas de baixa renda, aumentando a segurança alimentar e oferecendo um suprimento de ração animal mais barato.

Portanto, a criação de insetos se mostra promissora tanto a nível comercial quanto agroecológico, porém, mais pesquisas ser implementadas para melhores resultados futuros.

Conclusões

Os agricultores familiares devem se apropriar das tecnologias de criação de insetos com intuito de produzir ingredientes alternativos, dentro das propriedades, para complementar a alimentação dos animais

de produção, melhorando o desempenho desses animais e criando condições favoráveis para adoção de práticas produtivas mais sustentáveis e alimentos mais saudáveis.

Literatura citada

AMARAL, I. S. et al. A importância do resgate dos conhecimentos prévios e atividades práticas no ensino sobre insetos. Revista Educar Mais, v. 1, n. 1, 2017.

AQUINO, J. R.; ALVES M. O.; VIDAL, M. F. Agricultura familiar no Nordeste do Brasil: um retrato atualizado a partir dos dados do Censo Agropecuário 2017. Revista Econômica do Nordeste, v. 51, p. 31-54, 2020.

ARANTES, V.M.; REGIS, K.; MARCHINI, C.F.P. Agregação de valor à nutrição a partir do uso de farinha de insetos: aves e suínos. In.: GALATI, R.L.; QUEIROZ, M.F.S. Inovações na Nutrição Animal: desafios da produção de qualidade. São Paulo: Científica Digital, cap. 2, pp. 14-26, 2021.

BARRAGAN-FONSECA, K.B.; DICKE, M.; VAN LOON, J.J. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed–a review. Journal of Insects as Food and Feed, v. 3, p. 105-120, 2017.

BELGHIT, I.; Liland, S.N.; Waagbø,R.et al, (2018). Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture. 491, p. 72-81.

BITTENCOURT, D.M.C. Estratégias para a agricultura familiar: visão de future rumo a a inovação. Brasília, DF: Editora Técnica, 2020.

BRASIL. Lei Nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional de agricultura familiar e empreendimentos rurais familiares. Brasília, DF: Diário oficial da União, 2006.

BOVERA, F.; PICCOLO, G.; GASCO, L.; MARONO, S.; LOPONTE, R.; VASSALOTTI, G.; NIZZA, A. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. British poultry science, v. 56, p. 569-575, 2015.

CAJAIBA, R.L.; SILVA, W.B. Diversidade e sazonalidade de Cydnidae (Insecta: Hemiptera: Heteroptera) em diferentes ecossistemas no estado do Pará, norte do Brasil. Revista Brasileira de Biociências, v. 15, p. 32-37, 2017.

CAJAIBA, R.L.; PÉRICO, E.; SILVA, W.B.; CARON, E.; BUSS, B.C.; DALZOCHIO, M.S.; SANTOS, M. Are primary forests irreplaceable for sustaining Neotropical landscapes biodiversity and functioning? Contributions for restoration using ecological indicators. Land Degradation & Development, v. 31, p. 508-517, 2020.

CAPORAL, F.R., COSTABEBER, J.A. Agroecologia: alguns conceitos e princípios. Brasília, DF: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

DABBOU, S.; GAI, F.; BIASATO, I.; CAPUCCHIO, M.T.; BIASIBETTI, E.; DEZZUTTO, D; SCHIAVONE, A. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut

morphology and histological features. Journal of animal science and biotechnology, v. 9, p. 49, 2018.

DAMASCENO, N. P.; KHAN, A. S.; LIMA, P. V. P. S. O impacto do Pronaf sobre a sustentabilidade da agricultura familiar, geração de emprego e renda no estado do Ceará. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 49, n. 1, p. 129-156, 2011.

EMBRAPA -Empresa Brasileira de Pesquisa e Extensão. Agroecologia, contando Ciência na Web (2023). Disponível em: https://www.embrapa.br/contando-ciencia/agroecologia. Acesso em: 27.jun.2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. Edible insects. Future prospects for food and feed security. Rome, 2013. 171 p. Disponível em: http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.

IJAIYA, A.T.; EKO, E.O. Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Anaphe infracta*) caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. Pakistan Journal of Nutrition, v. 8, p. 850-855, 2009.

JOSHI, P.S.; RAO, P.V.; MITRA, A.; RAO, B.S. Evaluation of deoiled silkworm pupae-meal on layer performance. Indian Journal of Animal Sciences, v. 50, p. 979-982, 1980.

Lucas, Andressa Jantzen da Silva. Insetos na Alimentação: um panorama geral. Rio Grande do Sul. Ed. FURG,2021,146p. Modo de acesso: http://repositório.furg.br

MACHADO, L.C.P. Pastoreio Racional Voisin. São Paulo, SP: Expressão Popular, 2010.

MWANIKI, Z.; NEIJAT, M.; KIARIE, E. Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black soldier fly larvae meal in a corn–soybean meal diet fed to Shaver White Leghorns from wk 19 to 27 of age. Poultry science, v. 97, p. 2829-2835, 2018.

PEDROSO-PAIVA, D. Produção de larvas de mosca para alimentação de galinhas e pássaros. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001

REIS, T.L.; DIAS, A.C.C. Farinha de insetos na alimentação de não ruminantes, uma alternativa alimentar. Veterinária e Zootecnia, v. 27, p. 015-016. 2020.

ROMEIRO, E. T.; OLIVEIRA, I. D.; ESTER FERNANDES CARVALHO, E. F. Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. Contextos da Alimentação – Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade, v. 4 n. 1, 2015.

SOARES, J.P.G, CAVALCANTE, A.C.R. HOLENDA JUNIOR, E.V. Agroecologia e sistemas de produção orgânico para pequenos ruminantes. In: Semana da caprinocultura e da ovinocultura brasileiras, 2006, Campo Grande, MS. Palestras e resumos. Campo Grande, MS: Embrapa gado de Corte; embrapa Caprinos, 2006. Disponivel em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=528796&biblioteca=vazio&busca=528796&qFacets=528796&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1> Acesso em: 20 de julho de 2023.

Van Huis, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. Journal of Insects as Food and Feed, v. 6, p. 27-44, 2020.

Van Huis.A and Gasco.L. (2023). Insects as feed for livestock production: Insect farming for livestock feed has the potential to replace conventional feed. Science. 379, p. 138-139.

ZANUNCIO JUNIOR, J.S., LAZZARINI, A.L., OLIVEIRA, A.A., et al. Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável. Revista Científica Intelletto. Venda Nova do Imigrante, ES. v. 3, n. 3, 2018.

ZUIDHOF, M.J.; MOLNAR, C.L.; MORLEY, F.M.; WRAY, T.L.; ROBINSON, F.E.; KHAN, B.A.; AL-ANI, L.; GOONEWARDENE, L.A. Nutritive value of house fly (Musca domestica) larvae as a feed supplement for turkey poults. Animal feed science and technology, v.105, p. 225-230, 2003.

PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS FRENTE ÀS LIMITAÇÕES DE RECURSOS NATURAIS, POLUIÇÃO AMBIENTAL E CRESCIMENTO POPULACIONAL MUNDIAL

Rogério de Paula Lana[1]

RESUMO - Esta publicação visa apresentar novas informações sobre uso de recursos naturais (fertilizantes), distribuição planetária do carbono na biosfera e perspectivas na produção de alimentos. Entre os anos de 1970 e 2010 houve um aumento expressivo de uso de fertilizantes na agricultura visando a produção de alimentos para atender à demanda da população humana crescente, mas devemos usar os mesmos de forma racional nas próximas décadas através do entendimento e uso de modelos de saturação cinética. A produção mundial total de carnes triplicou entre 1975 e 2015, acompanhando proporcionalmente a produção mundial de cereais e o consumo mundial de fósforo, que também triplicaram em período equivalente. Neste período houve aumento expressivo da produção mundial de carne de frangos (7,2x), seguido de suínos (2,8x) e em menor escala de bovinos (1,6x), indicando possível predominância de produção de carne de frangos nas próximas décadas. O acúmulo de carbono na biosfera demonstra que a maior parte está associada às plantas, que por sua vez podem sofrer ação antrópica e consequentemente do aquecimento global, aumentando assim as emissões de carbono para a atmosfera. Para minimizar os impactos ambientais na produção de alimentos, outras opções têm surgido, como o aumento dos índices de produtividade, eficiência de uso de recursos, verticalização espacial da produção, uso de subprodutos da indústria na alimentação animal, e uso

[1] Universidade Federal de Viçosa-MG.

de áreas menos favoráveis para a agricultura na produção pecuária. Temos que lembrar ainda que tem surgido novas alternativas na produção de alimentos, como na cultura de tecidos visando à substituição da carne e do leite e o possível uso de insetos na alimentação animal e humana.

Palavras chave: biomassa populacional, ecologia, recursos naturais, perspectivas futuras, poluição ambiental, produção de alimentos.

Introdução

A população humana mundial aumentou de 1 para 6 bilhões de pessoas entre os anos de 1800 e 2000, associado ao desenvolvimento tecnológico e uso de recursos naturais disponíveis, que favoreceu, dentre outros fatores, a produção de alimentos. Entretanto, há perspectiva de desaceleração do crescimento entre os anos 2000 e 2100, provocada pela redução do suprimento de recursos naturais e problemas ambientais (Lana, 2009; Lana, 2018, p. 86).

A publicação "The limits to growth" (Meadows et al., 1972) incluiu um modelo associando a industrialização acelerada, o rápido crescimento populacional, a depleção dos recursos naturais não renováveis, a subnutrição generalizada e a poluição ambiental (Lana, 2018, p. 88).

Lana (2018, p. 92-93) apresentou estimativa da população humana e dos animais terrestres, a estimativa de massa corporal, obtidas com base em dados coletados na literatura, bem como estimativa de massa populacional em nosso planeta atualmente. Os dados demonstram que há predominância acentuada da população bovina e humana sobre a percentagem total de massa populacional, evidenciando um desequilíbrio que pode explicar os problemas ambientais e perda de biodiversidade pelo extermínio de um grande número de espécies animais e de plantas que temos presenciado em décadas recentes.

Esta publicação visa apresentar novas informações em relação ao trabalho publicado por Lana (2018; População humana, população bovina e o futuro do nosso planeta) sobre o uso de recursos naturais (fertilizantes), distribuição planetária do carbono na biosfera e perspectivas na produção de alimentos.

Uso de recursos naturais

Entre os anos de 1970 e 2010 houve um aumento expressivo de uso de fertilizantes na agricultura visando a produção de alimentos para atender à demanda da população humana crescente (Scholz et al., 2014; Tabela 1). Observa entre os anos de 1970 e 2010 que houve aumento expressivo no consumo de fósforo na Ásia (8,6x) em relação aos outros continentes, triplicando o consumo mundial deste fertilizante. Considerando que as reservas mundiais de fertilizantes são finitas, segundo o modelo proposto por Hubbert e apresentado por Lana (2009), temos que nos preocupar em usar os mesmos de forma racional nas próximas décadas, especialmente diminuindo o uso na Ásia, onde os solos são férteis por serem de clima temperado.

Tabela 1 - Consumo mundial de fósforo e produção mundial de cereais

Ano	Consumo mundial de fósforo, megatoneladas/ano					Produção mundial de cereais, megatoneladas/ano
	Europa	América do norte	Ásia	Outros	Total	
1970	13	8	8	1	30	1.000
1990	17	11	42	5	75	2.000
2010	12	12	69	9	102	3.000

Fonte: adaptado de Scholz et al. (2014).

Outra ação sobre o uso racional dos recursos naturais não renováveis na agricultura é através do entendimento e uso de modelos de saturação cinética (Lana et al., 2005; Lana, 2009, 2015), onde verifica-se altas respostas por unidade de recurso em níveis mais baixos dos mesmos. Segundo Lana (2009, 2015), modelos de saturação cinética foram inicialmente usados em estudos de atividade enzimática (Michaelis & Menten, 1913) e no desenvolvimento do modelo matemático de dupla recíproca para se obter as constantes cinéticas Km e Vmax de atividade enzimática (Lineweaver & Burk, 1934), posteriormente adaptados para microrganismos (Monod, 1949), plantas e animais (Lana et al., 2005). Estas curvas de respostas de plantas aos nutrientes foram também observadas por Sprengel em 1826 e 1828 e Liebig em 1840 ao estabelecer a lei do mínimo (van der Ploeg et al., 1999) e por Mitscherlich (1909), enquanto que este mesmo

comportamento em respostas de animais aos nutrientes foram relatados por Morgan et al. (1975) e Dumas et al. (2008).

Produção de alimentos

A produção mundial total de carnes triplicou entre 1975 e 2015 (Maia & Almeida, 2018; Tabela 2), acompanhando proporcionalmente a produção mundial de cereais e o consumo mundial de fósforo, que também triplicaram em período equivalente (Scholz et al., 2014; Tabela 1). Temos que ficar atendo à dependência do uso de recursos naturais sobre a produção de alimentos e aplicá-los da forma o mais racional possível, como mencionado no item anterior. Observa-se ainda na Tabela 2 o aumento expressivo da produção de carnes de frangos (7,2x), seguido de suínos (2,8x) e com pouco aumento de bovinos (1,6x) de 1975 para 2015, mostrando que de agora pra frente haverá predomínio da produção de frangos, justificado pela melhor eficiência alimentar e ciclo de vida curto.

A Tabela 3 apresenta o ranqueamento decrescente dos países maiores produtores das principais fontes de carnes (Maia & Almeida, 2018), demonstrando ser a China o maior produtor e justificando parcialmente o aumento no consumo de fertilizantes apresentado na Tabela 1, onde os países asiáticos aumentaram 8,6 vezes o consumo de fósforo na produção agrícola entre os anos de 1970 e 2010.

Tabela 2 - Produção mundial de carnes (em milhões de toneladas/ano)

Ano	Porco	Frango	Boi	Outros	Total
1975	40	14	43	16	113
1995	83	43	51	31	208
2015	112	101	69	43	325

Fonte: adaptado de Maia & Almeida (2018) com base em dados da FAO, 2016.

Tabela 3 - Produção mundial de carnes em 2016 (em milhões de toneladas/ano)

País	Porco	Frango	Boi	Outros	Total
China	54	13	8	12	87
Estados Unidos	11	19	11	4	45
Brasil	3	13	9	3	28
Rússia	3	4	2	2	11
Alemanha	5	1	1	2	9
Índia	0	3	3	2	8
México	1	3	2	1	7
Espanha	4	1	1	1	7
Argentina	0	2	3	1	6
França	2	1	1	1	5

Fonte: adaptado de Maia & Almeida (2018) com base em dados da FAO, 2016.

Emissões e estoque de carbono na biosfera

A elevada massa populacional bovina e humana em relação às outras espécies de animais terrestres são responsáveis pela maior parte da emissão dos gases de efeito estufa por ação antropogênica, onde os bovinos e humanos correspondem à 38 e 34% da biomassa corporal populacional mundial, respectivamente (Lana, 2018).

O acúmulo de carbono na biosfera demonstra que a maior parte está associada às plantas (Tabela 4; Fábio, 2018), que por sua vez podem sofrer ação antrópica e consequentemente do aquecimento global, aumentando assim as emissões de carbono para a atmosfera e agravando a situação do aquecimento global.

A presença de carbono nos animais é baixa (Tabela 4), estando mais presente nos artrópodes e peixes (Tabela 5), mas conforme mencionado no primeiro parágrafo deste item, os humanos e bovinos têm grande participação nas emissões de gases de efeito estufa.

Tabela 4 - Acúmulo de carbono na biomassa

Reino	Carbono, gigatons
Plantas	450
Bactérias	70
Fungos	12
Arqueias	7
Protistas	4
Animais	2
Vírus	0,2

Fonte: adaptado de Fábio (2018).

Tabela 5 - Acúmulo de carbono na biomassa animal

Reino	Carbono, %
Artrópodes	41,9
Peixes	29,3
Moluscos	8,4
Anelídeos	8,4
Cnidários	4,2
Animais	4,2
Humanos	2,5
Nematoides	0,8
Mamíferos selvagens	0,3
Pássaros selvagens	0,1

Fonte: adaptado de Fábio (2018).

Perspectivas futuras

Além das informações mencionadas anteriormente quanto às tendências e restrições na produção de alimentos nas próximas décadas, a exemplo do aumento expressivo da produção de carne de frangos nas

últimas décadas e da limitação das reservas de matérias primas para produção de fertilizantes, outras opções têm surgido, como o aumento dos índices de produtividade, eficiência de uso de recursos naturais (produção por unidade de uso dos recursos), verticalização espacial da produção devido à limitação de espaço (tanto na produção vegetal quanto animal), uso de subprodutos da indústria na alimentação animal, especialmente com o aumento da produção agrícola para atender à produção de alimentos e bioenergia, e uso de áreas menos favoráveis para a agricultura na produção pecuária, como áreas menos férteis, montanhosas, alagadas e áridas.

Temos que lembrar ainda que tem surgido novas alternativas na produção de alimentos, como na cultura de tecidos visando à substituição da carne e do leite e o possível uso de insetos na alimentação animal e humana. Entretanto, estas alternativas encontram restrições culturais quanto à aceitabilidade destas pela população, dentre outros fatores. Há ainda informações de que a cultura de tecidos tem limitação de escala de produção e viabilidade financeira, além da necessidade de uso de elevado nível de antibióticos para controle do crescimento de microrganismos indesejáveis, gerando maiores expectativas sobre a produção e uso de insetos na alimentação animal e humana.

Literatura citada

DUMAS, A.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J. Mathematical modelling in animal nutrition: a centenary review. *Journal of Agricultural Science*, v. 146, p. 123-142, 2008.

FÁBIO, A.C. A massa da humanidade e seu impacto sobre os outros seres vivos. In: *https://www.nexojornal.com.br/expresso*, ano 2018.

LANA, R.P. Uso racional de recursos naturais não renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 330-340, 2009 (suplemento Especial).

LANA, R.P. *Respostas de animais e plantas aos nutrientes*. Viçosa-MG: Editora UFV, 2015. 171 p.

LANA, R.P. População humana, população bovina e o futuro do nosso planeta. In: LANA, R.P. et al. (Eds.) *IX Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável*. Viçosa: Lana, R.P. et al., 2018. p. 85-101.

LANA, R.P.; GOES, R.H.T.B.; MOREIRA, L.M. et al. Application of Lineweaver-Burk data transformation to explain animal and plant performance as a function of nutrient supply. *Livestock Production Science*, v. 98, p. 219-224, 2005.

LINEWEAVER, H.; BURK, D. The determination of enzyme dissociation constants. *Journal of the American Chemical Society*, v. 56, p .658-666, 1934.

MAIA, G.; ALMEIDA, R. A produção de carne no mundo desde 1961. In: *https://www.nexojornal.com.br/grafico*, ano 2018.

MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J. et al. *The limits to growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books, 1972. 205 p.

MICHAELIS, L.; MENTEN, M.L. Kinetics of invertase action. *Biochemistry Zournal*, v. 49, p. 333-369, 1913.

MITSCHERLICH, E.A. Das gesetz des minimuns und das gesetz des abnehmenden bodenertrages. *Landwirtschafliches Jahbuch der Schweiz*, v.38, p.537-552, 1909.

MONOD, J. The growth of bacterial cultures. *Annual Review of Microbiology*, v. 3, p. 371-394, 1949.

MORGAN, H.P.; MERCER, L.P.; FLODIN, N.W. General model for nutritional responses of higher organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 72, n. 11, p. 4327-4331, 1975.

SCHOLZ, R.W.; ROY, A.H.; BRAND, F.S.; HELLUMS, D.T.; ULRICH, A.E. *Sustainable phosphorus management - A global transdisciplinary roadmap*. Springer, ISBN: 978-94-007-7250-2, 2014.

VAN DER PLOEG, R.R.; BÖHM, W.; KIRKHAM, M.B. On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. *Soil Science Society of America Journal*, v. 63, p. 1055-1062, 1999.

BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS NO CULTIVO DE HORTALIÇAS

Cleide Maria Ferreira Pinto[1], Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto[2], Geicimara Guimarães[3], Sérgio Maurício Lopes Donzeles[4], Wellington Souto Ribeiro[5], Maria Regina Miranda de Souza[6]

Introdução

As hortaliças são um grupo diversificado de plantas com mais de uma centena de espécies, classificadas de acordo com a parte da planta mais usada em: 1) folhosas (acelga, agrião, alface, almeirão, alho-porró, cebolinha, coentro, couve, couve-chinesa, chicória, espinafre, repolho, rúcula, salsa); 2) flores (alcachofra, brócolis e couve-flor; 3) frutos (abóbora, abobrinha, berinjela, chuchu, jiló, maxixe, melancia, melão, moranga, morango, pimenta, pimentão, pepino, quiabo e tomate); 4) legumes (ervilha, fava e feijão-vagem); 5) raízes (batata-baroa ou mandioquinha ou cenoura-salsa, batata-doce, beterraba, cará, cenoura, nabo e rabanete); 6) tubérculo (batata); 7) bulbo (alho e cebola e; 8) hortaliças-haste (aspargo e salsão). São essenciais para uma alimentação diária associada aos princípios básicos da segurança alimentar e nutricional.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem incentivado o consumo de hortaliças, alimentos que por apresentarem densidade

[1] Pesq. EMBRAPA HORTALIÇAS/UFV, CEP 36570-900 Viçosa-MG. Correio eletrônico:cleide.pinto@embrapa.br.
[2] Pesq. EPAMIG (1986-2020), atualmente Consultora Microbiologia e Higiene de Alimentos. Correio eletrônico: claudia.epamig@gmail.com.
[3] Dir. GLOBAL GESTÃO Projetos e Parcerias, CEP 36570-084 Viçosa-MG. Correio eletrônico: geicimaraguimaraes01@gmail.com.
[4] Pesq. EPAMIG, CEP 36570-075 Viçosa-MG. Correio eletrônico:slopes@epamig.br
[5] Prof. UFV, CEP 36570-900 Viçosa-MG. Correio eletrônico:wellington.souto@ufv.br.
[6] EPAMIG, CEP 36570-075 Viçosa-MG. Correio eletrônico: reginas.epamig@gmail.com.

energética baixa, serem ricos em sais minerais, fibras, algumas ricas em carboidratos e proteína, além de outros elementos fundamentais ao organismo, são importantes para a composição de uma dieta saudável. É importante ressaltar que o incentivo ao consumo de hortaliças assim, como o de fruta, gera benefícios desde a redução de despesas com saúde à ampliação da produção com reflexos positivos sobre todos os elos da cadeia produtiva. Entretanto, o que vai garantir a competitividade e sustentabilidade do segmento de hortaliças, enquanto atividade inserida no agronegócio brasileiro de grande alcance econômico e social, é a melhoria de toda a cadeia produtiva. É imprescindível produzir hortaliças de boa qualidade seja para consumo in natura e/ou para processamento, principalmente, livre de contaminações biológicas, químicas e físicas. Em caso de processamento, se a matéria-prima for de baixa qualidade ou apresentar níveis de contaminação elevados, as etapas de beneficiamento e preparo do produto serão mais complexas e onerosas. Portanto, é necessário o conhecimento das Boas Práticas Agrícolas e de Boas Práticas de Fabricação (BPF), além das normativas aplicadas aos diversos setores envolvidos na produção e na comercialização dos alimentos. Neste artigo serão relatadas as Boas Práticas Agrícolas no cultivo de hortaliças detalhando as Boas Práticas nas cadeias produtivas de hortaliças folhosas, tomate e morango.

Boas Práticas Agrícolas no agronegócio de hortaliças

A produção sustentável no agronegócio de hortaliças, indiferente de ser no sistema convencional, em ambiente protegido e em sistemas orgânicos, tem grande importância na atualidade e é algo necessário para a garantia de produtos de qualidade. O uso de ferramentas como as Boas Práticas Agrícolas (BPA) é a maneira mais fácil de atingir esse objetivo sem alterar o processo produtivo das propriedades. Denomina-se Boas Práticas Agrícolas (BPA) o conjunto de cuidados e atendimento às normas para manejo preciso dos alimentos, assegurando a integridade e a saúde do consumidor, desde as matérias-primas utilizadas na produção até o produto para consumo humano. Os princípios das BPA se tornam indispensáveis para atender as exigências do novo perfil do mercado consumidor cada vez mais

preocupado com a origem dos alimentos. Todos os procedimentos utilizados para a produção de hortaliças devem ser conduzidos de forma que previnam contaminações ambientais e de todos os envolvidos na cadeia produtiva. Os pontos principais de controle incluem os perigos biológicos, físicos e químicos, além das práticas de cultivo com foco na conservação dos solos, da água e no bem-estar dos trabalhadores, para que, assim, a produção seja economicamente viável, ambientalmente segura e socialmente justa.

Fontes de contaminações de hortaliças e de seus produtos

Ambiente de produção

Em áreas previamente utilizadas como local de despejo de lixo urbano, lixo industrial, substâncias radioativas, hospitalar, de material proveniente de incineração e áreas de mineração ou extração de óleo, deve-se evitar o cultivo de hortaliças, considerando-se a possibilidade de contaminações com metais pesados e outros produtos tóxicos. Em caso de existir criação de animais a uma curta distância do local de cultivo, deve-se avaliar, cuidadosamente, as condições das instalações, dos sistemas de escoamento dos despejos, dos sistemas de drenagem, dos cursos de água, seguida da identificação dos riscos potenciais de contaminação de natureza biológica do solo, dos lençóis subterrâneos e dos cursos de água. O despejo de animais mortos e a presença de águas estagnadas nas áreas adjacentes à de cultivo são possíveis focos de contaminação biológica. Os produtos hortícolas colhidos devem ser protegidos do acesso de animais, associado ao potencial contaminante das fezes, sendo recomendadas barreiras físicas e inspeção periódica da área.

Mesmo que a área selecionada para o cultivo de hortaliças, tenha sido usada, anteriormente, para qualquer produção agrícola, é importante ter conhecimento das práticas de produção utilizadas, a exemplo da aplicação indiscriminada de agrotóxicos o que pode resultar em sérios riscos químicos para a qualidade da hortaliça em cultivo. Em caso da impossibilidade da identificação prévia da área ou se houver

indicação da existência de perigos potenciais, recomenda-se análises do solo e da água subterrânea para os contaminantes mais prováveis.

Solo e água

O cultivo de hortaliças deve ser evitado em solos usados como despejo de lixo de qualquer natureza (comum, hospitalar, de produtos tóxicos, lixo industrial de substâncias radioativas e de material proveniente de incineração ou como aterro sanitário). O lixo é uma fonte de matéria orgânica e pode carrear material de origem fecal e outros compostos químicos prejudiciais ao ambiente ou ao homem como metais pesados e outros químicos tóxicos. Em geral, para cultivo de hortaliças é importante que sejam empregados solos profundos e com baixa capacidade de compactação. As camadas impermeáveis no solo dificultam a drenagem, o que prejudica o sistema radicular da hortaliça que é sensível à asfixia. Os solos mais indicados são aqueles de textura média, ou seja, argilo-arenosos. O bom preparo do solo, facilita o pegamento das plantas hortícolas.

A água utilizada na irrigação das hortaliças pode estar sujeita a contaminação, intermitente ou temporária, pelo lançamento de esgoto doméstico e de resíduos industriais, além da própria atividade rural, como aplicação de fertilizante minerais, agrotóxicos e da criação de animais em áreas adjacentes. Assim, é imprescindível manter os animais fora das áreas de cultivo e proporcionar aos trabalhadores de campo, banheiros construídos de forma adequada ou unidades sanitárias móveis, na propriedade. Água contaminada com microrganismos patogênicos não pode ser utilizada para fins de irrigação. O limite de contaminação estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), para água destinada à irrigação de produtos consumidos crus, é de 1.000 coliformes fecais/100 ml. O Departamento de Saúde do Estado da Califórnia (EUA) apresenta padrões de segurança de apenas 2,2 coliformes fecais/100 ml, para quaisquer produtos consumidos cru, independentemente do sistema de irrigação utilizado. Em caso de as condições locais indicarem risco potencial de contaminação da água com rejeitos industriais ou de outras atividades, testes químicos devem ser realizados para verificar a presença e a concentração de substâncias potencialmente prejudiciais.

Para minimizar a contaminação das hortaliças, via água de irrigação e das fontes de água na propriedade rural, deve-se, de forma preventiva avaliar a qualidade da água e realizar o seu tratamento; não permitir o acesso de animais e de pessoas não autorizadas nas cercanias da fonte e do local de armazenamento de esterco; observar se as fontes de água estão sendo compartilhadas com pastagens, criações intensivas ou de produção de leite; armazenar composto orgânico não tratado distante dos locais do campo de cultivo e; manter os tanques de armazenamento de água em bom estado de conservação e limpeza. Ressalta-se que além do uso na irrigação, na aplicação de fertilizantes foliares e de produtos fitossanitários para controle de pragas e de doenças, a água é usada, no campo, pelos trabalhadores para beber e para lavar as mãos.

Animais de trabalho e de criação

Mamíferos**,** aves, repteis e insetos são considerados veículos de contaminação para organismos patogênicos. Grande número de microrganismos pode ser encontrado na pele, nas penas e nos pelos de animais e em seus sistemas gastrointestinal e respiratório. As fezes de animais são a maior fonte de organismos patogênicos. No entanto, como os animais estão em contato com o solo, esterco e água, podem adquirir contaminantes dessas fontes em suas peles, patas etc. Algumas bactérias patogênicas comumente encontradas no pelo incluem *Salmonella* spp., *Staphylococcus* spp. e *Streptococcus* spp. Penas e outras partes de animais domésticos podem também estar contaminadas com essas bactérias. É recomendável, portanto, controlar o acesso de animais nos campos de produção, instalações para armazenamento, áreas de embalagens, maquinarias etc.; manter as áreas livres de lixo e de plantas daninhas; não acumular entulhos, como restos de vegetações, equipamentos obsoletos, para que não sirvam de abrigo a animais. A presença de animais silvestres a exemplo dos corvos, pássaros migratórios, morcegos e outros, próximos ao campo de produção resulta no aumento considerável do risco de contaminação. Entretanto, é importante considerar as leis ambientais e de proteção animal, ao selecionar um método de afastamento de animais.

É importante, construir barreiras físicas ou de vegetação para evitar entradas dos animais no campo de cultivo, principalmente em

tempos de colheita. Animais mortos ou capturados (ratos) em armadilhas devem ser enterrados ou incinerados imediatamente, a fim de evitar que outros animais sejam atraídos para a área de produção. Nas áreas adjacentes, deve-se manter a grama aparada par evitar a presença de ratos, répteis e outras pragas; manter as áreas livres de lixo; retirar restos de vegetação, equipamentos velhos e inoperantes, para que não sirvam de abrigo, principalmente de ratos e insetos.

Pragas e doenças

As pragas mais comuns nas áreas de cultivo e de armazenamento dos produtos hortícolas colhidos são as formigas, moscas, roedores e aves em geral. O controle efetivo de formigas depende da identificação da espécie, do grau de infestação e das prováveis localizações dos ninhos, sendo boa estratégia a utilização de iscas atrativas. As moscas domésticas são vetores de agentes causadores de cólera, febre tifoide, tuberculose, diarreia infantil, vermes intestinais, disenteria bacilar e poliomielite. A mosca varejeira pode veicular poliovírus, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. e *Escherichia coli*. Trata-se de um inseto que procria em carcaças de animais, embora possa fazê-lo no esterco e nos restos de ração em decomposição. Para eliminar a mosca da unidade de produção deve-se fazer uso de armadilha luminosa ou tratamento químico com produtos permitidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os roedores podem disseminar patógenos microbianos, fontes potenciais de contaminação dos produtos frescos por meio das fezes e urinas. Os ratos transmitem ao ser humano a leptospirose, Salmonelose e a peste bubônica. No ambiente de manipulação de produtos hortícolas (galpões) recomendam-se capas metálicas nas alvenarias e portas; cones ou discos metálicos nas cordas, dutos e pilastras ou postes; telas removíveis em aberturas de aeração ou exaustão; paredes lisas; ralos e telhados reforçados; eliminação de rotas em entradas de condutores de eletricidade ou vãos de adutores de qualquer natureza; manutenção de ralos e tampos firmemente encaixados, com aberturas menores que 5 cm; eliminação de objetos e árvores encostados em muros ou paredes. Corpos e ninhos de pombos são focos de ácaros e podem causar doenças respiratórias e de pele. A toxoplasmose, frequente em animais e aves, tem o gato como hospedeiro definitivo (onde os parasitas se

reproduzem) e o homem e outros animais como hospedeiros intermediários. A transmissão pode ser por meio da inalação de fezes secas das aves. No ambiente de manuseio dos produtos, recomenda-se vedar acessos a forros; utilizar telas ou redes; utilizar fios de nylon, elementos pontiagudos ou visgo de repelência; instalar portas e portões tipo vai-e-vem e telas nas janelas.

Insumos utilizados na produção de hortaliças

Sementes ou material propagativo

A qualidade das sementes ou de partes vegetativas da planta, conhecidas como material propagativo ou muda tais como alho (*Allium sativum* L.), batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) e batata (*Solanum tuberosum* L.), é um fator de considerável importância para o processo produtivo de hortaliças. Assim, recomenda-se utilizar no plantio sementes certificadas produzidas por empresas idôneas, preferencialmente de variedades com tolerância e/ou resistência às principais pragas e doenças para casa espécie olerícola e material propagativo sadio livre de pragas e de doenças.

Adubos orgânicos e inorgânicos

Os fertilizantes orgânicos representam alternativas para os fertilizantes inorgânicos (sintéticos). Entretanto, o esterco, quando fresco pode representar uma fonte potencial de contaminação microbiológica, tais como contaminação por *Salmonella* spp., potencialmente alta no esterco de galinha, por coliformes fecais em esterco bovino e ovino, além de outros patógenos. O tratamento prévio do esterco por ser realizado por meio de práticas como a estabilização passiva, estabilização por biodigestão e compostagem. Os fertilizantes inorgânicos podem representar um perigo químico para a produção de hortaliças, principalmente pelo uso indiscriminado da classe dos nitrogenados (ureia, amônio ou nitrato), os quais em altas doses, promovem a acumulação de nitratos nos tecidos vegetais. A molécula de nitrato pode ser convertida em nitrosamina que é cancerígena. É

importante avaliar o uso seguro de adubos inorgânicos sem risco de acumulação de nitratos nos produtos e de contaminação das águas superficiais ou subterrâneas.

Em quase todo o território brasileiro, os solos são geralmente mais ácidos que a faixa ideal para o desenvolvimento das hortaliças, que exigem, na grande maioria, pH entre 5,5 e 6,5. A acidez elevada do solo pode causar uma série de problemas para a cultura tais como: teores elevados de alumínio e/ou de manganês, o que reduz drasticamente a produção; deficiência de cálcio, magnésio, fósforo e de outros nutrientes indispensáveis para o bom crescimento, desenvolvimento e produção das plantas. É comum o descaso de alguns horticultores no que diz respeito à calagem, da mesma forma que não fazem análise química do solo. Em contrapartida, observa-se o costume de aplicar adubações minerais pesadas em áreas excessivamente ácidas, o que compromete o bom aproveitamento dos nutrientes fornecidos, o desenvolvimento das plantas além de onerar o custo de produção. O manejo adequado da adubação beneficia o meio ambiente, por causar menores níveis de acidificação do solo, eutrofização das águas, poluição do lençol freático e salinização das áreas. É também comum contatar que produtores de hortaliças aplicam certos nutrientes em excesso ou utiliza adubações desequilibradas, o que pode provocar perdas de adubos, bem como ocasionar problemas ambientais. Adicionalmente, são aplicados adubos foliares contendo nitrogênio, o que tem causado grandes desequilíbrios nutricionais nas culturas. As quantidades e os tipos de adubos a serem utilizados devem ter como base a análise química anual do solo, dois a três meses antes do plantio. A quantidade de fertilizantes indicada deverá ser distribuída uniformemente no sulco ou na cova de planto, no momento do transplante das mudas e são feitas aplicações complementares ao logo do ciclo da cultura. O parcelamento é justificado pela possibilidade de altas concentrações de nitrogênio e potássio aumentarem, momentaneamente, a concentração salina do solo que pode ser danosa às mudas recém-transplantadas. Além disso, nitrogênio e potássio são passiveis de ser lixiviados ou arrastados da área por precipitação intensa ou irrigação mal executada. Nas aplicações de cobertura, os adubos deverão ser distribuídos na projeção da copa das plantas. Quando possível, uma irrigação controlada solubiliza o fertilizante e prove uma incorporação, o que diminui as perdas.

Produtos fitossanitários no controle de pragas e doenças

Uma das maiores preocupações dos consumidores de hortaliças frescas ou processadas, é a contaminação com resíduos de agrotóxicos (inseticidas, acaricidas, fungicidas, nematicidas, herbicidas) o que pode ocorrer por meio de teores de resíduos acima do permitido e/ou pelo uso de produtos não autorizados para a cultura. No âmbito das BPA, na produção convencional, os agrotóxicos utilizados devem ser registrados pelo MAPA observando as dosagens recomendadas, respeitando os períodos de carência e seguindo as recomendações de manipulação dos produtos, durante a preparação da mistura e durante e após a aplicação. O produtor deve realizar o registro constante dos produtos utilizados; prevenir a contaminação dos mananciais e dos solos adjacentes à área de produção; regular os bicos dos aplicadores, após a aplicação, lavá-los para eliminar resíduos; manter os produtos em usas embalagens originais, rotuladas e com instruções de aplicação; usar equipamento de proteção individual (EPI) e possuir treinamento para aplicação de produtos.

Os princípios da agricultura ecológica são atendidos pela ação de caldas naturais como calda bordalesa, calda sulfocálcica e calda Viçosa, cujo objetivo não é o de erradicar as pragas e fitopatógenos que atacam as hortaliças, mas sim o de fortalecer as plantas e ativar seu mecanismo de defesa natural. Outros insumos alternativos indicados são os extratos vegetais, óleos, leite cru, sais, sabão, urina de vaca os quais apresentam boa eficiência técnica e praticabilidade de uso pelos agricultores. Além da eficiência, as caldas e demais produtos alternativos apresentam baixa toxicidade, baixo impacto ambiental, são produzidos com materiais oriundos da propriedade, de fácil aquisição, de custo reduzido e de fácil preparação e aplicação. A recomendação desses produtos deve-se basear em resultados de pesquisas, para que sejam aplicados em concentrações e formulações seguras e eficientes.

No Brasil atualmente, existem 96 produtos biológicos e extratos vegetais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a exemplo do bioinseticida criado a partir da bactéria Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*), para defesa de lavouras de hortaliças atacadas por lagartas. Com o lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos pelo MAPA, em maio de 2020, a expectativa

é ampliação da oferta de produtos no mercado, como o controle biológico. Os produtores rurais já podem consultar pelo celular uma lista de produtos de origem biológica indicados para nutrição, controle de pragas e doenças de diversas culturas agrícolas. O aplicativo Bioinsumos, disponível para plataformas iOS e Android, disponibiliza 265 defensivos biológicos (bioacaricidas, bioinseticidas, biofungicidas e bioformicidas) todos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Saúde e higiene dos trabalhadores e instalações sanitárias

A saúde, as práticas e a conduta higiênica dos trabalhadores envolvidos no cultivo de hortaliças têm importância crítica para a redução da ocorrência de contaminações dos produtos, por isso, devem ser monitorados com frequência. Trabalhadores com infecção de ferimentos superficiais, diarreias, gripe e vômitos devem ser afastados, temporariamente, de suas atividades. O asseio dos trabalhadores, principalmente daqueles que entram em contato direto com as hortaliças, deve ser observado. Os trabalhadores devem cortar as unhas, os cabelos, não usar barba e lavar as mãos após a utilização de sanitários, após contato com o solo e após o manuseio de equipamentos sujos, materiais descartáveis, fertilizantes, agrotóxicos, produtos químicos e materiais de limpeza. Cortes ou machucados superficiais devem ser protegidos com ataduras à prova de água, quando for o caso de os trabalhadores continuarem suas atividades. Hábitos e comportamentos, como fumar e cuspir, enquanto desenvolve suas atividades, ou espirrar sobre o produto, são fontes de contaminação e devem ser evitadas.

Instalações sanitárias devem estar disponíveis próximas dos campos de produção, com banheiros providos com fonte de água limpa, sabão, toalhas descartáveis e soluções sanitizantes. Devem ser projetadas de forma que permitam a retirada periódica de dejetos sem contaminar o ambiente; possibilitem a higiene pessoal dos trabalhadores e sejam mantidas em boas condições de funcionamento e limpeza. Os postos sanitários moveis devem estar localizados, no mínimo, a 400 m, da área de trabalho, estar longe de fonte de águas superficiais, também por, 400 m com papel higiênico; papel toalha, e ter boas condições de higiene. Podem ser construídas fossas sépticas em

áreas que não permitam a contaminação do solo, água superficial e lençóis de água subterrâneos para esse fim.

Equipamentos associados com o cultivo e a colheita

Os equipamentos e contentores utilizados no cultivo das hortaliças devem ser limpos e sanitizados, desinfestados empregando-se procedimentos corretos, e devem apresentar em bom estado de conservação. Os contentores para lixo, subprodutos, partes não comestíveis ou substâncias perigosas devem ser identificados.

A colheita também requer um bom padrão de higiene no campo, como o uso de embalagens adequadas, em geral, caixas ou bandejas plásticas, limpas, evitando-se o contato da embalagem com o solo e transportadas o mais rápido possível para a casa de embalagem e/ou de processamento. As hortaliças colhidas devem ser protegidas de danos mecânicos e o seu acondicionamento em caixas não deve exceder a capacidade permitida.

Manuseio pós-colheita e transporte

Prevenção de contaminação cruzada

Durante a produção, colheita e procedimentos pós-colheita, deve-se prevenir a ocorrência de contaminação cruzada, ou seja, contaminação decorrente do contato de um produto sadio com uma superfície, utensílio ou produtos contaminados. Para a sua prevenção, é necessário não expor os contentores ao contato com solo, fezes de animais, esterco ou outros tipos de sujidades na área de produção, separar produtos deteriorados, impróprios para o consumo humano e não transportar agrotóxicos, esterco, lixo e outros produtos nos contentores das hortaliças.

Transporte do campo para o local de armazenamento

As unidades de transporte não devem conter sujidades visíveis, partículas de alimento e resíduos de água acumulados e devem ser

lavadas e descontaminadas com detergentes e sanitizantes próprios para esse fim. Deve-se evitar o transporte de animais ou substâncias químicas na unidade transportadora dos produtos hortícolas. No ambiente de manipulação dos produtos colhidos deve haver bloqueio do acesso de animais domésticos e de outras pragas. Deve ter afastamento adequado de áreas de armazenamento de esterco e de outros resíduos tóxicos. As áreas adjacentes ao ambiente de manipulação (embalagem) devem ser mantidas em boas condições de limpeza e conservação. Após cada jornada de trabalho deve-se lavar o piso da casa de embalagem. O material de embalagem deve ser armazenado em local limpo, seco e arejado, sem contato direto com o piso.

Limpeza, sanitização e tratamento pós-colheita

A limpeza e a sanitização eficientes dos equipamentos e das instalações de manuseio dos produtos hortícolas, são pré-requisitos para a sua qualidade e devem ser realizadas imediatamente antes do contato com esses produtos. A etapa de limpeza é realizada com água e detergentes tem como objetivo remover sujidades e parte considerável dos microrganismos, enquanto a etapa de sanitização é realizada após a limpeza com objetivo de reduzir a população microbiana das superfícies e dos ambientes a números considerados seguros. Diversos sanitizantes podem ser usados, incluindo produtos à base de amônia quaternária, de cloro, de iodo, de ácido peracético e de peróxido de hidrogênio. Para a eficiência dos procedimentos de higienização, devem-se empregar produtos registrados na Anvisa, seguindo-se as instruções do fabricante, principalmente, quanto à concentração, temperatura e tempo de contato.

Nos locais de manipulação das hortaliças colhidas, a higiene e o controle da temperatura são fatores importantes para evitar contaminação e manter a qualidade dos produtos. As caixas de produtos devem ser colocadas sobre paletes para evitar seu contato direto com o piso, com distância mínima de 20 cm entre os paletes e as paredes e de 10 cm entre os paletes e o piso. Essa distância permite a ventilação adequada e facilita a limpeza e a inspeção da presença de roedores e insetos. Paredes, pisos e tetos devem ser higienizados periodicamente.

Rastreabilidade

A rastreabilidade consiste em realizar anotações atualizadas sobre as práticas de produção, colheita e distribuição dos produtos hortícolas por produtores. Os principais pontos a serem anotados incluem o local de produção, área de plantio, época de plantio, informações referentes aos insumos usados como sementes, adubos mineral e/ou orgânico, agrotóxicos e/ou produtos alternativos aplicados e informações sobre doses, grau de toxidez e número de aplicações, tipo de irrigação e informações sobre a qualidade da água, controle de pragas e de doenças, data da colheita etc. No caso de o próprio produtor realizar a embalagem de seus produtos, todas as informações referentes às práticas de manuseio pós-colheita também devem ser anotadas. Os lotes devem ser identificados, preferencialmente com códigos de barra.

Contaminações na cadeia produtiva de hortaliças folhosas

As hortaliças folhosas a exemplo da alface (*Lactuca sativa* L), a mais consumida no Brasil, (Silva 2017; Curti et al., 2019) apresentam baixa durabilidade após a colheita, em razão do murchamento por perda de água (transpiração), do amarelecimento por deterioração da clorofila, da podridão causa causada por microrganismos e de perdas da coloração normal em partes que sofreram injúrias mecânicas (Lana, 2021). O beneficiamento das hortaliças folhosas pode ocorrer no campo ou no galpão de beneficiamento. No campo, retira-se as folhas danificadas ou velhas e realiza-se o acondicionamento em embalagem no ambiente. Quando o beneficiamento é realizado em galpão, retira-se as folhas indesejáveis, realiza-se a lavagem para a remoção das sujidades e o empacotamento no local. A lavagem auxilia na hidratação das hortaliças folhosas colhidas e, assim, mantém a qualidade até chegar ao consumidor (Martínez et al., 2016; Lana, 2021).

A ingestão, in natura, de hortaliças folhosas contaminadas pode causar doenças. As contaminações podem ocorrer durante as etapas de cultivo no campo, na pós-colheita ou no preparo. Entretanto, o cultivo no campo é a fase mais crítica, quando são realizadas adubações e irrigações, muitas vezes, com esterco e água não tratados (Natvig et al.,

2002), além da cultura ser conduzida por indivíduos portadores assintomáticos de helmintos e bactérias. Deve-se atentar, principalmente, à qualidade da água usada na irrigação de hortaliças folhosas uma vez que tais hortaliças são, na maioria, consumidas in natura, um fator de risco para infecção por agentes enteropatogênicos como *Salmonella* e *Escherichia col*i O157 (Heaton & Jones, 2008).

Nesse contexto, as Boas Práticas Agrícolas (BPA) e a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APCC) são fundamentais para o controle de contaminações físicas, biológicas e químicas, e assim para a obtenção de verduras sadias e seguras pelos consumidores (Luengo & Calbo, 2007; Maldonade et al., 2021).

Contaminação física

A contaminação física nas hortaliças folhosas está associada, principalmente, a processos que envolvem a atividade humana, uma vez que são manuseadas em diversas etapas da cadeia produtiva, principalmente na pós-colheita. A colheita é manual e inclui as etapas de corte, separação, embalagem e comercialização.

Uma característica das hortaliças folhosas é o curto prazo entre a colheita e a comercialização. Após a colheita, normalmente tais hortaliças, parte agrupadas em maços, são comercializadas na própria região de produção, em poucas horas, fato que pode resultar na inserção de espécies diferentes da cultura principal, a exemplo de plantas daninhas, não controladas durante o cultivo, no processo final de embalagem (Embrapa & Sebrae, 2010). Algumas plantas daninhas, se consumidas, podem ser maléficas aos seres humanos. Apesar de ser uma contaminação comum, a fácil separação destas plantas daninhas no preparo dos alimentos é responsável pela escassez de relatos de casos de danos aos consumidores.

Na colheita, algumas hortaliças folhosas são arrancadas do solo e comercializadas inteiras, a exemplo do alho-poró, do agrião e até mesmo da alface. Ao serem arrancadas do solo, tais hortaliças podem carregar, nas raízes, pedras e torrões, que, ao não serem identificadas durante o processamento, podem causar danos aos consumidores a exemplo de quebra de dentes e até engasgamentos. Recomenda-se, nesse caso, boa lavagem e retirada do excesso de raízes das plantas. É comum a utilização de barbantes, sacos plásticos, fechos de arame

próprios para alimentos etc. na formação dos maços de hortaliça folhosa com proposito adicional de manter a qualidade ou de separar porções para a comercialização. Entretanto, em pode ocorrer o fracionamento destes materiais em pequenas partes, o que deve ser atentamente observado pelo consumidor. Pequenas peças de bijuterias, unhas, cabelos, pedaços de luvas, toucas, máscaras etc. usadas pelos manipuladores podem ser inseridas, acidentalmente, no manuseio de colheita, beneficiamento, comercialização e processamento de hortaliças folhosas e causarem danos físicos aos consumidores. Grande parte das hortaliças folhosas são comercializadas nas Centrais de Abastecimento (Ceasa), em caixas de diversos tipos, transportadas de diferentes maneiras. Assim, a contaminação física pode ocorrer em qualquer uma dessas etapas. A contaminação física pode ocorrer também na gôndola do supermercado ou nas feiras livres do Brasil.

Contaminação química

A contaminação de ordem química, atribuída principalmente, aos agrotóxicos e/ou a presença de metais pesados, em hortaliças folhosas é extremamente preocupante. Em 286 amostras de alface analisadas pelo Para, em 2017 e 2018, constatou-se que 10,8% apresentaram resíduos acima do LMR para os princípios ativos pesquisados e 18,8% apresentaram resquícios de princípios ativos não permitidos para a cultura. Dentre as detecções regulares, o princípio ativo mais presente foi imidacloprido (26,57%), um constituinte de mais de 40 agrotóxicos de ação sistêmica; já nos irregulares, o acefato (6,29%) foi o mais presente, sendo um constituinte presente em inseticidas (BRASIL, 2019). Resíduos de fungicidas ditiocarbamatos foi observado em salsa, chicória, coentro e alface produzidas em diversas propriedades no Distrito Federal. Ressalta-se que apenas a alface apresentava uso autorizado para fungicida à base de ditiocarbamatos (Araújo, 2019).

A identificação de produtos químicos residuais em vegetais é comum no mundo todo, com destaque para os elevados valores em algumas hortaliças folhosas Na Turquia, 100% das amostras comercializadas de espinafre (*Spinacia oleracea*), 70% de salsinha (*Petroselinum crispum* var. neapolitanum) e 45% de alface (*Lactuca sativa* var. longifólia) apresentaram LMR para 80 princípios ativos

diferentes incompatíveis com a legislação da União Europeia, ou seja, resíduos detectados de produtos não autorizados para estas culturas (Esturk et al., 2014).

Também em nível mundial, foi avaliada a relação dos metais pesados no solo e possíveis contaminações de hortaliças folhosas. No Egito, foram avaliadas as concentrações de zinco (Zn), cobre (Cu) chumbo (Pb), cadmio (Cd) e níquel (Ni) em amostras de alface e espinafre. Observou-se que os limites de Ni, Cd e Pb nessas folhosas estavam acima do estabelecido pela OMS/FAO e União Europeia. A água residual e o solo apresentaram teores acima do permitido de Zn, Cu, Cd (Eissa & Negim, 2018). Na Turquia, foram avaliados os teores de Cu, Cd, Ni, Pb e Zn em diversas folhosas com inclusão da alface, salsa e hortelã (Demirezen & Aksoy 2006). A exceção do Zn, os demais metais estavam acima do limite estabelecido pela OMS/FAO (2007) e pelas legislações da União Europeia (2006) e do Brasil (2021b). No Brasil, na Zona da Mata de Pernambuco, na água usada para irrigação de alface, cebolinha e coentro, não se detectou níveis de metais pesados tóxicos de Cr, Ni, Cd e Pb, entretanto a fonte majoritária de contaminação ocorreu pelo uso de fertilizantes químicos, agrotóxicos e adubos orgânicos. Maiores níveis de contaminantes químicos foram observados em alface (Cunha Filho, 2013).

Contaminação biológica

Diversos microrganismos podem ser veiculados pelas hortaliças folhosas e contaminadas, e causar danos aos consumidores, principalmente se consumidas in natura. As contaminações mais comuns são relacionadas à *Salmonella* sp., c*oliforme*s e *Escherichia coli*., especificamente *E. coli* O157:H7 (Santos et al., 2021).

A contaminação pode ocorrer durante o cultivo no campo, na colheita e na pós-colheita. No campo, deve-se tomar cuidado, principalmente com a qualidade da água usada para a irrigação e de adubos orgânicos, os quais podem ser veículos para a entrada de bactérias e parasitos. Deve-se evitar cultivo de hortaliças folhosas em área de baixadas sujeitas a inundações, pois, nesses locais, pode ocorrer a concentração de agentes biológicos prejudiciais. Além disso, é importante que haja avaliação do histórico de uso do local (Maldonade et al., 2014; Martínez et al., 2016). Deve-se evitar a presença de animais

domésticos nas áreas de cultivo, entretanto em uma avaliação da qualidade higiênico-sanitária de hortas, observou-se a presença de animais domésticos em todas as propriedades (Silva, 2017). Segundo o autor, apesar de 67% das propriedades possuírem instalações sanitárias na residência, metade dos proprietários disseram realizar, com frequência, suas necessidades fisiológicas no mato e 87% disseram usar restos de fezes de animais como adubo orgânico sem nenhum tratamento.Tais resultados indicam as possíveis contaminações microbiológicas durante o cultivo no campo.

A higiene, o asseio e a saúde dos trabalhadores que atuam na colheita, no beneficiamento e no transporte das hortaliças folhosas são essenciais para evitar a ocorrência de contaminações por parasitos ou bactérias na cadeia produtiva (Silva, 2017; Silva et al., 2017). A sanitização e a limpeza das superfícies de acondicionamento das hortaliças e de estabelecimentos comerciais são de fundamental importância para evitar a contaminação cruzada (Santos, 2014). Por serem consumidas in natura, tais hortaliças necessitam de limpeza e de sanitização, processos, em muitos casos, não executados adequadamente, devido à falta de conhecimento, da não visualização dos microrganismos a olho nu, da equivocada consideração de que estão "saudáveis" etc.

A presença de coliformes, incluindo *E. coli*, em águas utilizadas para a irrigação de hortaliças foi constatada por Almeida Filho (2008). As hortaliças cuja inflorescência é a parte comestível, como brócolis e couve-flor e folhosas que possuem folhas sobrepostas, são as que mais favorecem a manutenção dos microrganismos depositados pela água irrigação Beraldo (2010). Assim, a higienização e a sanitização dessas hortaliças devem ser realizadas com mais cuidado. O uso de cloradores é eficiente e de baixo custo para desinfectar poços e minas e disponibilizar água de melhor qualidade para a irrigação (Almeida Filho, 2008).

Após a colheita, as hortaliças folhosas devem ser comercializadas o mais rápido possível, de forma a evitar que murchem o que reduz a sua qualidade visual e o interesse do consumidor. Entretanto, no produto fresco, podem estar presentes microrganismos ativos aderidos à superfície dentre os quais muitos podem ser patogênicos. O fato de o consumo não exigir quase nenhum processamento pós-colheita, aumenta as chances de contaminação via

hortaliças folhosas consumidas in natura, veicular DTA (Tresseler et al., 2009). Das doenças transmitidas por alimento (DTA) nos Estados Unidos, estimou-se que 17% eram provenientes da ingestão de hortaliças folhosas contaminadas com bactérias do gênero *Salmonella* spp. e por parasitos como helmintos e protozoários responsáveis pela gastroenterite (Ayers et al., 2009). Além disso, a ocorrência de microrganismos mesófilos aeróbios que podem ser patogênicos é favorecida pelo armazenamento, transporte e comercialização em temperatura ambiente (Forsythe, 2013). Em cinco supermercados de Brasília, constatou-se condições inadequadas de temperatura e umidade para o acondicionamento das hortaliças folhosas (Santos, 2014).

São comuns estudos de microbiologia envolvendo as hortaliças folhosas prontas para o consumo, desconsiderando que os fatores de produção podem ser responsáveis pela contaminação (Santos et al., 2021). São muitos estudos que evidenciaram irregularidades, incluindo a presença Salmonella spp. e enteroparasitos em alface (Barbosa et al., 2016; Echer et al., 2016; Curti et al., 2019). Em estabelecimentos comerciais (varejões, supermercados, hortas domésticas e feiras livres) Curti et al., 2019 constataram que 53% apresentaram estrutura parasitária, como larvas, cistos de protozoários (*Giardia* sp. e *Entamoeba* sp.) e ovos de helmintos. E amostras coletadas de restaurantes, os autores não constataram presença de parasito, mas 33,3% das amostras apresentaram alto conteúdo de sujidades, como fragmentos de insetos e ácaros.

Em alface, couve e coentro identificou-se a contaminação de 21,3% das amostras com, pelo menos, uma estrutura parasitária, com prevalência geral de enteroparasitos. Nas amostras contaminadas, 31,3% apresentaram cistos de protozoários e, em 68,8%, foram detectados ovos de nematódeos (Galvão et al., 2020). Contaminações microbiológicas foram constatadas em alface cultivada no Mato Grosso e no Paraná (Ferro et al., 2012, Fernandes et al., 2014). A. Ressalta-se que larvas de *Strongyloides venezuelensis* em folhas de alface não foram eliminadas totalmente com utilização de nenhum dos produtos recomendados (Silva et al, 2017).

A presença de estruturas parasitárias em alface é extremamente preocupante do ponto de vista da segurança de alimentos, pois é um indício de falhas na adoção das BPA na cadeia produtiva da hortaliça folhosa mais consumida no país. Diante disso, é necessário reiterar a

importância da sanitização de hortaliças folhosas antes de seu consumo, sobretudo para aquelas que são ingeridas de forma crua (Silva et al., 2016; Silva, 2017).

Contaminação na cadeia produtiva do tomate

O tomate é uma hortaliça amplamente presente na dieta regular nacional, seja pelo consumo in natura dos frutos, seja por meio de produtos processados, como tomate pelado, ou ultraprocessados, como extratos de tomate, molhos tipo ketchup, dentre outros (Brasil, 2014b; Santos, 2014; Santos et al, 2015).

De acordo com o produto desejado, se tomate para mesa, visando ao consumo in natura, ou tomate para indústria, o tomateiro apresenta cadeias produtivas distintas. Para fins industriais, o tomateiro, normalmente, possui crescimento determinado, com desenvolvimento rasteiro de seus ramos sobre a terra (Batista, 2016; Madeira et al., 2019). Para consumo in natura, é produzido em plantas de crescimento indeterminado, tutoradas para conduzir seu crescimento de forma ereta, a fim de evitar o contato dos frutos com o solo. Diante de processos produtivos distintos, as formas de contaminações são distintas o que poderá influenciar no produto gerado.

Para a comercialização, os frutos de tomates deverão apresentar as características da cultivar bem definidas, estarem sadios, limpos, inteiros, firmes e serem de coloração uniforme; não apresentarem elementos ou agentes que comprometam a higiene do produto, estarem livres de umidade externa anormal, de odor e de sabor estranho.

Contaminação física

A cadeia produtiva do tomate para mesa apresenta fontes de contaminação física distintas, concentrada principalmente em operações pós-colheita. As principais matérias estranhas são sujidades na superfície dos frutos, lascas de madeira ou fragmentos de pedras (Cenci, 2006). Geralmente, os frutos de tomate, após a colheita, são lavados para posterior classificação e embalagem (Magalhães et al., 2009), no entanto, é importante ressaltar a necessidade da lavagem e da

sanitização já que o consumo de tomate para mesa ocorre, principalmente, na forma in natura.

A colheita do tomate industrial geralmente ocorre de forma mecanizada (Moretti & Mattos, 2009; Batista, 2016; Madeira et al., 2019), processo que pode promover maior contaminação dos frutos por partículas físicas, como torrões de terra, fragmentos de vidro, insetos e penugens de roedores (Santos et al., 2015).

No campo, a presença de roedores se deve, em muitos casos, ao manejo de rotação com a cultura do milho (Moretti e Mattos, 2009). Esses animais, seus ninhos ou restos podem ser inseridos no processo de colheita dos frutos e causar elevada contaminação e, inclusive, inviabilizar a comercialização do produto. Assim, é importante a lavagem dos frutos de tomate antes do beneficiamento. A primeira lavagem é por imersão para a retirada de partículas mais finas e, posteriormente, pelo processo de aspersão para limpeza de sujidades mais grossas. A RDC n°1431, de 28 de março de 2014, determina os limites máximos tolerados de matérias estranhas que podem estar presentes em produtos alimentícios à base de tomate e estabelece o limite de 1 fragmento de pelo de roedores e/ou 4 fragmentos de insetos em 100 g. Foi constatado que 76,2% de amostras de molho de tomate apresentavam fragmentos de insetos dentro do limite estabelecido pela legislação; 28,6% apresentaram pelos de roedores e dentre os 28,6%, 11,9% apresentaram tais matérias estranhas acima do estabelecido pela RDC n°14/2014. Ainda, foi constatada a presença de pelos de não roedores em 26,2% das amostras, matéria estranha que não pode estar presente em nenhum alimento, segundo a legislação brasileira, o que indica falhas na adoção das BPA (Anversa et al., 2020). Fragmentos de insetos, ácaros e pelos de rato foram identificados em amostras de ketchup, polpa de tomate, extrato de tomate e ketchup de sachê, entretanto os resultados estavam dentro do limite máximo estabelecido pela legislação (Santos et al., 2015).

Contaminação química

Em razão de matérias jornalísticas sobre altos teores de resíduos de agrotóxicos nos frutos, nos últimos anos, o tomate recebeu um status de "vilão" perante os consumidores. Em geral, deve-se considerar que o tomateiro apresenta considerável susceptibilidade ao ataque de pragas

e de microrganismos, principalmente em condições climáticas mais extremas nas áreas de plantio, com altas temperaturas e umidade e, por isso, muitos produtores recorrem a pulverizações de agrotóxicos para o controle tanto para o cultivo estaqueado quanto para o rasteiro. Em alguns casos, são utilizados produtos químicos sem a presença de pragas e de doenças, adotando-se um combate preventivo (Moraes et al., 2002; Reis Filho et al, 2009; Souza et al., 2012).

A análise dos contaminantes químicos na cultura de tomate, através do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos - Para (Brasil, 2020), mostra a quantidade de amostras insatisfatórias e dessa forma, inadequadas para o consumo.

Em face do consumo do tomate para mesa ocorrer, majoritariamente, na forma in natura, a lavagem dos frutos antes do consumo pode diminuir a carga de resíduos de agrotóxico. A eficácia da lavagem depende do tipo de princípio ativo utilizado se sistêmico ou de contato, pois parte do resíduo de contato pode ser retirado em lavagens (Cruz, 2014). Entretanto, os princípios ativos sistêmicos e parte daqueles de contato já absorvidos pelo metabolismo vegetal, mas ainda não degradados, podem ser fontes de riscos para os consumidores.

Estudos sobre a contaminação de metais pesados, além dos agrotóxicos, em frutos e produtos à base de tomate, são de suma importância, uma vez que podem estar associados a doenças e desordens de mal funcionamento do cérebro, rins e fígado (Massadeh & Al-Massaedh, 2017; Bouna et al, 2020). Dessa forma, as BPA na cadeia produtiva de tomates para mesa e para processamento são necessárias para a minimização de ocorrências de contaminações químicas nos alimentos obtidos (Moretti & Mattos, 2009; Cruz, 2014) e para maior segurança aos consumidores.

Contaminação biológica

A contaminação biológica do tomate ocorre em diversas etapas da cadeia produtiva (Santos, 2014; Palumbo et al., 2019). No campo, a fonte de água usada na irrigação deve ser avaliada com regularidade, a fim de reconhecer a presença de microrganismos patogênicos, principalmente quando a irrigação aspergida sobre os frutos é realizada próxima ao período de colheita. Adubos orgânicos podem ser fonte de microrganismos e parasitos, devendo sua utilização seguir protocolos

de tratamento. Animais domésticos e silvestres podem ser veículos de contaminação para os frutos e para solo no campo de cultivo e, por isso, a sua presença deve ser evitada (Moretti & Mattos, 2009).

Na colheita, principalmente do tomate industrial, é necessário que as colhedoras sejam corretamente limpas com água e detergentes específicos (Moretti & Mattos, 2009). A colheita do tomate industrial é realizada com alto grau de maturação do fruto (Santos, 2014; Oliveira et al., 2019; Anversa et al., 2020). Desse modo, as operações pós-colheita devem ser realizadas, cuidadosamente, de modo a evitar danos aos frutos o que, consequentemente, vai desfavorecer infecção por microrganismos, principalmente fungos (Santos, 2014; Anversa et al., 2020). A exclusão dos frutos danificados e a sanitização daqueles destinados à industrialização também são importantes para a obtenção de produtos de qualidade (Santos, 2014; Oliveira et al., 2019). Na industrialização, uma das principais fontes de contaminação do tomate são próprios manipuladores, os quais podem contaminar o alimento com microrganismos naturalmente presentes na epiderme e no trato respiratório humano, como *Staphylococcus* e *Streptococcus*, dentre outros (Souza et al., 2012).

Os microrganismos, sobretudo fungos (*Alternaria, Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Penicillium, Phytophthor*a, *Rhizopus* e *Stemphylium* (Santos, 2014; Ardiles, 2016; Anversa et al., 2020) que podem atacar as plantas de tomate no campo e os frutos na pós-colheita, exercem importante papel no que tange à contaminação biológica em alimentos à base de tomate, seja pela capacidade de deterioração do alimento seja pela síntese de micotoxinas. Quanto maior o tempo entre a colheita e o processamento, maior é probabilidade de crescimento de microrganismos sobre o fruto, em especial por fungos oportunistas, como *Penicillium* e *Aspergillus* (Santos, 2014). A pasteurização, processo realizado após a produção de alimento à base de tomate com objetivo de diminuir a carga microbiológica não é capaz de destruir as micotoxinas presentes (Roca, 2009; Oliveira et al., 2019; Anversa et al., 2020), o que reforça a necessidade do bom controle de qualidade da matéria-prima (Santos, 2014). As hifas fúngicas não são degradadas na pasteurização, e assim, em análises laboratoriais são utilizadas como indicadores da qualidade dos frutos usados e de práticas de

processamento adotadas (contagem de filamentos micelianos pelo método de Howard) (Anversa et al., 2020).

Com relação às microtoxinas, os níveis não estão estabelecidos na IN n° 88, 26 de março de 2021 (Brasil, 2021a). Há muitos estudos sobre micotoxinas estabelecidas, como OTA e aflotoxinas em alimentos secos, mas poucos estudos sobre outras micotoxinas em alimentos frescos e derivados processados (Van de Perre et al., 2014) o que pode justificar a ausência na legislação nacional sobre esse contaminante em alimentos frescos e processados. Em relação ao tomate de mesa, por ser consumido in natura, poderá proporcionar maior risco aos consumidores, caso os frutos estejam contaminados por microrganismos. Cuidados recomendados para a produção industrial de tomate quanto à água de irrigação e ao uso de fertilizantes orgânicos também são válidos para a produção de tomates para mesa. A colheita do tomate para mesa é realizada, principalmente, de forma manual (Souza, 2014; Bartz et al., 2015), operação que pode facilitar a contaminação por agentes biológicos presentes nas mãos dos manipuladores. Assim, é imprescindível o controle do asseio e da higiene dos colaboradores, a fim de evitar a contaminação cruzada (Cenci, 2006).

O ponto de colheita dos frutos é fundamental para a manutenção da sua qualidade dentro da cadeia produtiva. Quanto mais maduro estiver o fruto, maior é o seu conteúdo líquido e maior a chance de danos mecânicos e probabilidade de ataques por microrganismos e insetos. Desse modo, o tomate para mesa é colhido no ponto denominado verde maduro, assim ele poderá completar seu amadurecimento após o transporte e a maior parte de seu manuseio ocorre com o fruto firme (Ferreira, 2004).

Em amostras de tomate comercializadas em mercados de diversos países, incluindo Bélgica, Espanha, Egito, Brasil, Índia e África do Sul foi constatada a presença de *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Alternaria* spp. e ainda micotoxinas derivadas de *Alternaria* spp (Van de Perre et al., 2014). Nos EUA, entre 2004 e 2012, o tomate esteve associado a 24 surtos de DTA, com envolvimento de *Salmonella* spp., Novovírus, *Campylobacter* spp. e vírus da Hepatite A. Na União Europeia, o tomate esteve ligado a apenas dois surtos de DTA, com envolvimento de *Salmonella* spp. e Novovírus (Callejón et al., 2015).

Contaminações na cadeia produtiva do morango

O Brasil, se configura como o maior produtor do morango na América do Sul, com produção cerca de 165 mil toneladas anuais (Antunes et al., 2020). No País, a cultura é desenvolvida por grande número de agricultores, o que ressalta sua importância social para manutenção das pessoas nas áreas rurais e para o desenvolvimento dessas regiões (Madail, 2016).

Os morangos necessitam de diversos cuidados durante o cultivo, colheita e pós-colheita. A colheita para o consumo fresco, em sua maioria, é realizada de maneira manual, sendo a classificação realizada nesta etapa, daí a importância de manter o campo de cultivo com boa uniformidade (Ferreira, 2011). Muitas empresas produtoras de morango não realizam a deposição dos frutos diretamente na embalagem final, mas sim em sacolas ou cestos para posterior classificação e embalagem dos produtos. Nesses casos, deve tomar cuidado para que os recipientes de colheita não contaminem o local de classificação e em ambos os casos, os frutos devem ser resfriados também o mais rápido após a colheita, evitando o excesso de manuseio que pode causar danos e aumentando a probabilidade de contaminação microbiológica. Os morangos possuem elevada quantidade de água e alta taxa respiratória, que aumentam com a elevação da temperatura e presença de danos mecânicos nos frutos (Calegário et al., 2005). Essas características fazem com que o metabolismo e a senescência sejam mais rápidos, o que pode proporcionar a fermentação dos produtos por microrganismos. Dessa forma, manter os morangos em temperaturas baixas é importante para o controle da qualidade final dos frutos e menor contaminação pelos microrganismos, que, em muitos casos, são provenientes do cultivo no campo. Aliado a isso, as embalagens de comercialização devem ser permeáveis e com perfurações que permitam o rápido resfriamento e reduzam a fermentação dos frutos.

A embalagem do produto deve possuir etiqueta com informações básicas, como a identificação do local de produção e da propriedade, o contato da unidade produtora, além de itens que diferenciem o produto (Senar, 2019). A certificação do produto e a rastreabilidade são ferramentas que indicam a qualidade final dos

morangos e contribuem para a oferta de frutos seguros e com maior valor agregado. A Portaria nº 37332 do Mapa, de 5 de agosto de 2021, estabelece as características de identidade e qualidade exigidas para frutos de morango frescos após serem acondicionados e embalados. Sendo assim, os morangos devem estar limpos e íntegros, não devendo apresentar elementos que comprometam sua sanidade, estando livres de umidade atípica, odor e sabor não característico. Também fica deliberado que os lotes que apresentarem inconformidades com relação aos requisitos gerais ficam com sua comercialização vedada para consumo in natura, podendo ser rebeneficiados e reclassificados ou destinados para outros fins (Brasil, 2021b). Essa portaria estipula que os morangos podem apresentar defeitos leves, como ausência de cálice, ausência de pedúnculo e deformações. Os lotes podem ser desclassificados e considerados inaptos para o consumo humano, com comercialização vedada, quando apresentarem as seguintes características: mal estado de conservação, com deterioração generalizada; acima de 10% de podridão e 30% de frutos passados; e odor estranho, que afete seu consumo para humanos (Brasil, 2021b).

A redução da manipulação, a classificação ainda no campo com retirada dos frutos podres, a padronização dos produtos nas embalagens, o treinamento do colhedor e a utilização de Boas Práticas Agrícolas contribuem para a redução da contaminação dos produtos pelos diversos agentes envolvidos no processo.

Contaminação física

Considerando que a colheita e as atividades de pós-colheita do morango fresco destinado ao mercado in natura ocorrem, basicamente, por processos manuais, muitas das principais contaminações físicas desses frutos ocorrem nessas etapas, sendo muitas vezes vinculadas aos manipuladores. O morango é colhido através do corte do pedúnculo, com seleção individual de frutos no ponto ideal de colheita e pelo fato de não ser colhida toda a planta, há redução da chance de se encontrar pedras, paus, torrões, partes ou restos de animais e insetos, como exúvia, outras plantas que nem o morango etc. Entretanto, alguns produtores embalam os morangos no campo e mantêm as caixas em locais sem proteção, como sob a sombra de árvores, o que pode proporcionar a entrada de alguns contaminantes, como animais, poeira,

folhas etc. Nas embalagens de plástico transparente e cobertas com o filme plástico, é possível identificar contaminantes físicos, como arames, pedaços de plásticos e vidros, bijuterias, unhas, cabelos e pedaços de itens de proteção, como luvas, toucas etc. danos aos consumidores (Bower et al., 2003; Mattos & Cantillano, 2016).

Atualmente, com as tecnologias de cobertura do solo por plástico (mulching) e cultivo em estufas, os frutos apresentam cor avermelhada intensa e maior tempo de prateleira uma vez que dispensam a lavagem pós-colheita. O fato de não entrarem em contato direto com o solo, minimiza as contaminações por agentes físicos, como poeira e torrões (Gonçalves et al., 2016; Reisser Júnior & Vignolo, 2016; Junkes & Groff, 2020).

Na etapa de pós-colheita, pode ocorrer a contaminação física, sobretudo devido às práticas inadequadas de higiene pelos manipuladores, à adoção de empacotamento impróprio, ao não uso de equipamentos apropriados para as operações ou à contaminação proveniente de outros frutos.

A maioria dos contaminantes físicos do morango ocorre durante o armazenamento, o transporte e a comercialização devido ao manuseio do produto o que enfatiza a necessidade de treinamento de todos os envolvidos.

Contaminação química

Os morangos também foram notícias, no Brasil, por serem considerados os campeões em resíduos de agrotóxicos utilizados no controle de pragas e de doenças assim como pela presença de resíduos de agrotóxicos oriundos de fontes indiretas, como da água usada na irrigação, do solo e das plantações nos arredores (Calegário, 2006; Jardim & Caldas, 2012; Lorenz et al., 2014; Lima, 2015; Lima, 2015; Mattos & Cantillano, 2016).

No entanto, com a produção em estufa e hidroponia, os frutos de morango não entram em contato direto com o solo e matéria orgânica, o que além de reduzir o ataque por microrganismos previne o uso de agrotóxicos (Bortolozzo et al., 2007; Miranda et al., 2014; Gonçalves et al., 2016). Nestes sistemas, com menor pressão de agentes prejudiciais, deve-se adotar outros métodos de controle, como o manejo

biológico, a fim de aumentar a seguridade e a qualidade final do produto (Bortolozzo et al., 2007).

Em morango, foi constatada pela Anvisa em 2013 a 2015, que 26,1% das amostras analisadas, possuíam resíduos de agrotóxicos acima do permitido para LMR e 70,1% apresentaram resíduos de princípios ativos não permitidos para a cultura. O fungicida sistêmico de uso preventivo foi detectado em um quinto das amostras (Brasil, 2016). Em 26,6% das amostras de morango produzidos em Atibaia, Jarinu e Valinhos, foram detectados dois ingredientes ativos não permitidos para a cultura e 14,8% das amostras apresentaram LMR acima do recomendado (Lima, 2015).

A contaminação química de frutos de morangos por metais pesados deve ser considerada uma vez que devido à sua bioacumulação em tecidos humanos, tornam importantes perigos para a saúde a longo prazo. Morangos produzidos em hortas urbanas em Portugal apresentaram elevada concentração de Pb (entre 14 e 22 μg.kg-1) e de Cd (entre 1,8 e 2,6 μg.kg-1), resultados em desacordo com a legislação européia (Lopes, 2014). É importante ressaltar que as principais fontes de chumbo em zonas urbanas advêm do ar e do solo, devido à combustão da gasolina e ressuspensão de chumbo, respectivamente (Laidlaw et al., 2012) e resíduos de cádmio têm como principal fonte o desgaste de pneus (Lopes, 2014). A localização de área para cultivo de morango é um fator importante dentro da cadeia de produção no que se refere à contaminação por metais pesados.

Contaminação biológica

Na cadeia produtiva do morango, todas as etapas de produção e pós-colheita são passíveis de contaminação biológica, devido às características dos frutos e à vulnerabilidade a ataque de pragas e doenças (Mattos, 2004). No campo de cultivo, como fontes possíveis de contaminação biológica, destacam-se a água usada na irrigação e a utilização de estercos de animal (Mattos, 2004; Mattos & Cantillano, 2016). A água pode incluir bactérias do grupo dos coliformes, vírus entéricos e parasitos (Mattos, 2004; Bower et al., 2003; Mattos & Cantillano, 2016). O esterco animal pode ser uma fonte de parasitos e seu uso deve ser recomendado após um rigoroso controle de qualidade (Bower et al., 2003; Mattos, 2004; Mattos & Cantillano, 2016).

A colheita do morango pode levar à contaminação biológica, decorrente da contaminação por microrganismos presentes nas mãos dos manipuladores e/ou do acondicionamento em caixas de colheita inadequadas e mal sanitizadas, geralmente forradas com jornal, dentre outras (Mattos et al., 2004; Mattos & Cantillano, 2016), práticas que vão em desencontro das BPA, conforme a IN n°1435, de 01/04/2008, complementada posteriormente pela IN nº 2436, de 04/08/2010, que preveem as normas a serem seguidas na produção integrada de morango. A recomendação é a utilização de caixas de colheitas de plástico limpas e higienizadas, evitando-se o uso de materiais que possam contribuir para a contaminação dos frutos, como papel de jornal ou papel reciclado. A IN recomenda instalações sanitárias para que os funcionários façam a correta higienização das mãos, além de outras instalações para a sanitização dos materiais usados na colheita (Brasil, 2008).

O período pós-colheita do morango é curto, com média inferior a cinco dias, com tendência à desidratação acelerada, às "desordens fisiológicas, a hematomas, às lesões mecânicas e às infecções causadas por vários agentes patogênicos" (Henz et al., 2008, Menel et al, 2012, et al., 2019). Os principais microrganismos responsáveis pela contaminação biológica em morango são *Salmonella* sp., *Escherichia coli* e Novovírus (Callejón et al., 2015; Huang et al., 2016; Wei et al., 2017; Alves et al., 2019). O Novovírus foi o principal agente biológico causador de surtos de doenças alimentares por ingestão de morangos nos EUA e na União Europeia, de 2004 a 2012 (Callejón et al., 2015).

Para consumo in natura, os morangos. normalmente, não são lavados após a colheita (Mattos, 2004; Huang et al., 2016; Mattos & Cantillano, 2016), e por esta razão, a contaminação adquirida no campo de cultivo ou na colheita permanece nas etapas seguintes. Por isso, é crucial que os consumidores adotem medidas de sanitização dos frutos antes do consumo, incluindo lavagens subsequentes em água corrente e imersão em solução sanitizante, como a de água com vinagre ou hipoclorito de sódio (água sanitária) diluído em água (Mattos, 2004; Mattos & Cantillano, 2016; Wei et al., 2017). O transporte e o armazenamento dos frutos de morango devem ser realizados de forma higiênica e sem mistura de frutos provenientes de cultivos diferentes, visando evitar a contaminação cruzada (Brasil, 2008).

O controle da temperatura e da umidade durante o transporte e o armazenamento são cruciais para qualidade e a segurança dos frutos de morango. Felizmente, considerando a limitação imposta pela IN 60/2019 quanto à presença ou indicação da presença de *Salmonella* nas amostras de frutas in natura, não se observou crescimento bacteriano em 100% das amostras de morango analisadas, sugerindo que no cultivo e na comercialização as recomendações normativas foram seguidas (Duarte et al., 2021).

Considerações finais

No Brasil, parte da produção de diversas hortaliças é comercializada para consumo na forma in natura (frescas) e parte é processada em agroindústrias de pequeno, médio e grande portes. É imprescindível considerar as BPA para a obtenção de hortaliças e seus derivados de boa qualidade. Todos os procedimentos utilizados na produção de hortaliças devem ser conduzidos de forma que previnam contaminações ambientais e de todos os envolvidos na cadeia produtiva. As BPA aplicam-se à produção de hortaliças com focos principais nos perigos microbiológicos, físicos e químicos durante seu cultivo no campo, ou seja, do plantio à colheita. A adoção de tecnologias ambientalmente adequadas como os sistemas de produção integrada de frutas e hortaliças, já implementadas em culturas como melão e batata, são iniciativas fundamentadas nas BPA e que contribuem para agregação de valor à produção. Para práticas que mantenham a segurança durante a fase de processamento ou comercialização do produto acabado existem normas estabelecidas como as Boas Práticas de Fabricação (BPF), Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Referências

ALMEIDA FILHO, P. C. *Avaliação das condições ambientais e higiênico-sanitárias na produção de hortaliças folhosas no núcleo hortícola suburbano de Vargem Bonita, Distrito Federal.* Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/bitstream/123456789/1725/1/Texto%20completo.pdf. Acesso em: abr. 2023.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango crescimento constante em área e produção. *Anuário Campo & Negócios HF*, v. 37, p. 89-92, 2020. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1122535. Acesso em: mai. 2023.

ALVES, H. et al. Aspectos microbiológicos e físico-químicos de morango exposto ao gás ozônio em diferentes concentrações durante o armazenamento. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 22, p. 1-12, 2019. https://doi.org/10.1590/1981-6723.00218

ANVERSA, L. et al. Microbiological quality and presence of extraneous matter in industrialized tomato sauces. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 23, 2020. e2019276. https://doi.org/10.1590/1981-6723.27619.

ARAÚJO, F. J. M. *Análise de resíduos de fungicidas ditiocarbamatos em hortaliças folhosas produzidas na região de Vargem Bonita*, Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/36188/1/2019_FaustoJaimeMirandadeAraujo.pdf. Acesso em: mai. 2023.

ARDILES, N. E. *Análise microscópica de produtos à base de tomate*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12379/3/LD_COALM_2016_1_05.pdf. Acesso abr. 2023.

AYERS, L. T. et al. Centers for Disease Control and Prevention. Surveillance for foodborne disease outbreaks - United States, 2006. MMWR. *Morbidity and Mortality* Weekly Report, v. 58, p. 609-615, 2009. doi:.org/10.1016/j.annmergmed.2009.22.004.

BARBOSA, V. A. A. et al. Comparação da contaminação de alface (*Lactuca sativa*) proveniente de dois tipos de cultivo. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 10, n. 2, p. 231- 242, 2016. http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20160020

BARTZ, J. A. et al. Internalization of *Salmonella enterica* by tomato fruit – Review. *Food Control*, v. 55, p. 141-150, 2015. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.046Get rights and content.

BATISTA, J. Tomateiro: Para molho ou para a salada? Os tomateiros rasteiros encontram espaços na fabricação de derivados, já os tomates tutorados atendem o desejo de qualidade do consumidor. *Revista da fruta*, v. 2016, p. 20-23, 2016. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355126/10765216/2016+Revista+da+Fruta+-

+Tomate+%28Leonardo+Boiteux%29.pdf/bc64d799-a5e0-43a7-a0e7-cea5b6e9b62e. Acesso em: mar. 2023.

BRASIL. *Ministério da Agricultura e Abastecimento*. Instrução Normativa n° 14, de 03 de abril de 2008. Diário Oficial da União: seção 1, n 64, Brasília - DF, 02 abr., 2008. Disponível em: instrucao-normativa-no-14-de-03-de-abril-de-2008.pdf. Acesso em: mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada – RDC n° 14, de 28 de março de 2014. Dispõe sobre matérias estranhas macroscópicas e microscópicas em alimentos e bebidas, seus limites de tolerância e dá outras providências. Brasília: Anvisa, 2014a. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0014_28_03_2014.pdf. Acesso em: abr. 2023.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia alimentar para a população brasileira / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014b. 156 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. *Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA. Gerência Geral de Toxicologia.* Relatório das Análises de Amostras Monitoradas no Período de 2013 a 2015. Brasília: Anvisa, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3778json-file-1. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA. Gerência Geral de Toxicologia. Relatório das Amostras Analisadas no período de 2017-2018. Brasília: Anvisa, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3770json-file-1. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 88, de 26 de março de 2021. Diário oficial da união: seção 1, Brasília, DF, ed. 61, p. 226, 31 mar. 2021a. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5780314/%282%29IN_88_2021_COMP.pdf/b160d138-5507-461c-8702-cec57a95e790. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 373, de 5 de agosto de 2021. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF ed. 150, p. 13, 10 ago., 2021b. Disponível em: n.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-373-de-5-de-agosto-de-2021-337232644. Acesso em: abr. 2023.

BERALDO, R. M. *Qualidade bacteriológica de águas de irrigação de hortas nos municípios de Araraquara, Boa Esperança do Sul e Ibitinga, SP. 2010*. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2010. 63f. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/88586>. Acesso em: mai 2023.

BORTOLOZZO, A.R. et al. *Produção de morangos no sistema semihidropônico*. Bento Rodrigues: Embrapa, 2007. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MorangoSemiHidroponico/custo.htm. Acesso em: abr. 2023.

BOUNAR, A.; BOUKAKA, K.; LEGHOUCHI, F. Determination of heavy metals in tomatoes cultivated under green houses and human health risk assessment. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, v 12, n. 1, p. 76-86, 2020. doi: 10.15586/QAS2019.639

BOWER, C.K. et al. *Promoting the Safety of Northwest Fresh and Processed Berries*. Corvallis: Oregon State University – Extension Servive, 2003. Disponível em: https://smallfarms.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/em8838.pdf. Acesso em: mar. 2023.

CALEGÁRIO F. F. et al. *Sistema de Produção de Morango para Mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste*. Sistema de Produção, v. 6, 2005. Disponível em: sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/index.htm. Acesso em: mar. 2023.

CALEGARIO, F. F. *Cuidados pré e pós-colheita na produção de morangos e sistema APPCC*. In: III Simpósio Nacional do Morango – II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul – Palestras. [S.l.], 2006. https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131201/1/2006AA-073.pdf. Acesso em:mar.2023.

CALLEJÓN, R. M. et al. Reported Foodborne Outbreaks Due to Fresh Produce in the United States and European Union: Trends and causes. *Foodborne Pathogens and Disease*, v. 12, n. 1, p. 32-38, 2015. doi: 10.1089/fpd.2014.1821.

CENCI, S. A. Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar. In: NASCIMENTO NETO, F. do (Org.). *Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar*. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 66-80, 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/83839/1/manual-boas-praticas.pdf. Acesso em: abr. 2023.

CUNHA FILHO, F. F. da. *Metais pesados em solo, água e hortaliças em áreas produtoras de olerícolas na Zona da Mata de Pernambuco*. 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. 78f. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/10120/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Fernando%20Ferreira%20da%20Cunha.pdf. Acesso em: mai. 2023.

CURTI, S. et al. Contaminação por enteroparasitas em Alfaces (*Lactuca sativa*) comercializadas na cidade de Araraquara (SP) e na micro-região (Américo Brasiliense, Matão, Santa Lúcia, Rincão e Taquaritinga), Brasil. *Journal of the Sciences Institute*, v. 37, n. 4, p. 316-322, 2019. https://repositorio.unip.br/wp-content/uploads/2020/12/05V37_n4_2019_p316a322.pdf. Acesso em: abr. 2023.

CRUZ, G.V. *O quadro da contaminação de frutas, legumes e verduras (FLVs) com resíduos de agrotóxicos no Brasil e as oportunidades emergentes*. Dissertação

(Mestrado em Agronegócios) – Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. 135f. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/101490. Acesso em: abr. 2023.

DEMÍREZEN, D.; AKSOY, A. Heavy metals levels in vegetables in turkey are within safe limits for Cu, Zn, Ni and exceeded for Cd and Pb. *Journal of Food Quality*, n.29, p.252-265, 2006. doi.org/10.1111/j.1745-4557.2006. 00072.x

DUARTE, P. M. et al. Análise qualitativa da presença de Salmonella spp. em polpas de frutas congeladas comercializadas em varejo da cidade de Primavera do Leste, MT. *Ensaios e Ciência*, v. 25, n. 1, p. 39-43, 2021. doi:10.17921/1415-6938.2021v25n1p39-43

ECHER, R. et al. Alface à mesa: implicações socioeconômicas e ambientais da semente ao prato. *Revista Thema*, v.13, n.3, p.17-29, 2016. doi.org/10.15536/thema.13.2016.17-29.361

EISSA, M. A.; NEGIM, O. E. Heavy metals uptake and translocation by lettuce and spinach grown on a metal-contaminated soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.18, n. 4, p. 1097- 1107, 2018. doi.org/10.4067/S0718-95162018005003101

EMBRAPA; SEBRAE – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. *Catálogo Brasileiro de hortaliças: Saiba como plantar e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no País*. Brasília: Embrapa/ Sebrae, 2010. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194354/1/Catalogo-hortalicas.pdf. Acesso em: abr. 2023.

ESTURK, O.; YAKAR, Y.; AYHAN, Z. Pesticide residue analysis in parsley, lettuce and spinach by LC-MS/MS. *Journal of Food Science Technology*, v.51, n.3, p.458-466, 2014. doi: 10.1007/s13197-011-0531-9

FERNANDES, K. C. et al. Contaminação por enteroparasitos em verduras de supermercados e feiras de Umuarama – PR. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia*, v. 17, n. 2, p. 115-119, 2014. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-758555. Acesso em: mar. 2023.

FERREIRA, S. M. R. *Características de qualidade do tomate de mesa (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba*. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. 249f. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/659/FERREIRA-2004-DEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: mai. 2023.

FERREIRA, M. D. Colheita, beneficiamento e classificação em frutas e hortaliças. In: FERREIRA, M. D. (Org.). *Tecnologias pós-colheita em frutas e hortaliças*. 1ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, p.99-115, 2011. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2009-09/11483/1/LI_2008.pdf. Acesso em: abr. 2023.

FERRO, J. J. B.; COSTA-CRUZ, J. M.; BARCELOS, I. S. C. Avaliação parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa*) comercializadas no município de Tangará da Serra, Mato

Grosso, Brasil. *Revista de Patologia Tropical*, v. 41, n. 1, p. 47-54, 2012. doi: 10.5216/rpt. v41i1.17745

FORSYTHE, S. J. *Patógenos de origem alimentar: bactérias. In: FORSYTHE, S. J. Microbiologia da Segurança dos Alimentos*. 2ed. Porto Alegre: Artmed, p.208-228, 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5698538/mod_resource/content/1/Microbiologia%20da%20Seguranca%20dos%20Alimentos%20-%20Stephen%20J.pdf. Acesso em: abr.2023.

GALVÃO, M. L. et al. Contaminação parasitária de hortaliças comercializadas em supermercados e feiras livres no município de Belém-Pará. *Biota Amazônia*, v.2, p.30-33, 2020. http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n2p30-33.

GONÇALVES, M. A. et al. Produção de Morango Fora do Solo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 32 p. (Documentos 410 / Embrapa Clima Temperado). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145140/1/Documento-410.pdf. Acesso em: mai. 2023.

GUIMARÃES, A. M. et al. Frequência de enteroparasitas em amostras de alface (*Lactuca sativ*a) comercializadas em Lavras, Minas Gerais. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* [online], v. 36, n. 5, p. 621- 623, 2003. Disponível em: 10.1590/S0037-86822003000500014. Acesso em: mai. 2023.

HEATON, J. C.; JONES, K. Microbial contamination of fruit and vegetables and the behaviour of enteropathogens in the phyllosphere: a review. *Journal of Applied Microbiology*, v. 104, p. 613- 626, 2008. doi: 10.1111/j.1365-2672.2007. 03587.x

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Brazilian monitoring programs for pesticide residues in food e results from 2001 to 2010. *Food Control*, v. 25, p. 607-616, 2012. doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.11.001

JUNKES, V. H.; GROFF, A. M. Rendimento e qualidade de morangos produzidos em dois sistemas de produção. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 55125-55134, 2020. doi.org/10.34117/bjdv6n8-072

LAIDLAW, M. A. S. et al. Re-suspension of lead contaminated urban soil as a dominant source of atmospheric lead in Birmingham, Chicago, Detroit and Pittsburgh, USA. *Atmospheric Environment,* v. 49, p. 302-310, 2012. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.11.030

LANA, M. M. *Boas práticas na colheita e pós-colheita – Hortaliças folhosas*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2021. 52p. (Documentos / Embrapa Hortaliças, 190). Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1133593/boas-praticas-na-colheita-e-pos-colheita-hortalicas-folhosas. Acesso em: abr. 2023.

LIMA, M. A. Qualidade de morango quanto à segurança. *Vigilância Sanitária-Visa Debate*, v. 3, n. 4, p. 50-54, 2015. doi: https://doi.org/10.3395/2317-269x.00498

LOPES, H. R. D. et al. *A cultura do morangueiro no Distrito Federal*. 2 ed. Brasília: Emater- -DF, 2019. 90p. Disponível em: http://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/handle/123456789/91. Acesso em: mar. 2023.

LOPES, H. G. A. *Avaliação do estado nutricional e do teor em metais pesados de plantas cultivadas nas hortas sociais do Instituto Politécnico de Bragança*. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2014. Disponível em: https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/11444/1/Lopes_Henda.pdf. Acesso em: abr.2023.

LORENZ, J.G. et al. Multivariate Optimization of the QuEChERS-GC-ECD Method and Pesticide Investigation Residues in Apples, Strawberries, and Tomatoes Produced in Brazilian South. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 25, n. 9, p. 1583-1591, 2014. doi.org/10.5935/0103-5053.20140143

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. *Pós-colheita de hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 100 p. (Coleção Saber, 6). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/86808/1/00081040.pdf. Acesso em: mar. 2023.

MADAIL, J. C. M. Panorama econômico. In: ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. Morangueiro. p.15-33. ed. Brasília: Embrapa, 2016. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179724/1/Luis-Eduardo-MORANGUEIRO-miolo.pdf. Acesso em: abr. 2023.

MADEIRA, N.R. et al. *Cultivo do tomateiro em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH*). Brasília: Embrapa, 2019. Circular Técnica 168. 30p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201211/1/CT-168-22-08-2019-1.pdf. Acesso em: mar. 2023.

MALDONADE, I.R.; MATTOS, L.M.; MORETTI, C.L. *Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014. 44p. (Documentos/Embrapa Hortaliças). Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1009227/manual-de-boas-praticas-agricolas-na-producao-de-alface. Acesso em: mar. 2023.

MAGALHÃES, A. M.; FERREIRA, M. D.; MORETTI, C. L. Eficácia de limpeza durante o beneficiamento do tomate de mesa. *Ciência Rural*, v.39, n.9, p.2431-2438, 2009. doi.org/10.1590/S0103-84782009005000218

MARTÍNEZ, L. P. G. et al. *Boas práticas agrícolas: na produção de hortaliças folhosas*. Brasília: Emater- DF, 2016. 45p. Disponível em: http://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/handle/123456789/63. Acesso em: mar. 2023.

MASSADEH, A.; AL-MASSAEDH, T. Determination of heavy metals in canned fruits and vegetables sold in Jordan Market. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, n. 2, p. 1914-1920, 2017. doi: 10.1007/s11356-017-0611-0.

MATTOS, M. L. T. *Segurança Alimentar: o caso do morango*. In: RASEIRA, M. C. et al. (orgs.). 2° Simpósio Nacional de Morangos. 1° Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul. Pelotas: Embrapa, 2004. p. 162-169. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/744606/1/documento124.pdf. Acesso em: abr. 2023.

MATTOS, M. L. T.; CANTILLANO, R.F.F. Segurança Alimentar e Ambiental. In: ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (orgs.). *Morangueiro*. 1. ed. Brasília: Embrapa, p.537-562, 2016. Disponível em:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179724/1/Luis-Eduardo-MORANGUEIRO-miolo.pdf. Acesso em: mai.2023.

MENEL, K.; FATEN, K.; MOKTAR, H. Combining biocontrol agent and high oxygen atmosphere, to reduce postharvest decay of strawberries. *African Journal of Microbiology Research,* v. 6, n. 24, p. 5179-5187, 2012. doi:10.5897/AJMR11.1388

MIRANDA, F. R. et al. *Produção de morangos em sistema hidropônico fechado, empregando substrato de fibra de coco, na Serra da Ibiapaba, CE*. Fortaleza: Embrapa, 2014. 13p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110926/1/CIT14003.pdf. Acesso em: mai.2023.

MORAES, S. L. et al. Análise de resíduos de pesticidas em tomates por cromatografia em camada delgada. *Quimica Nova*, v. 25, n. 2, p. 196-202, 2002. doi.org/10.1590/S0100-40422002000200005

MORETTI, C.L.; MATTOS, L.M. B*oas Práticas Agrícolas para a Produção Integrada de Tomate Industrial.* Brasília: Embrapa-Hortaliças, 2009. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103066/1/ct-75.pdf. Acesso em abr.2023.

NATVIG, E. E. et al. *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* and *Escherichia coli* contamination of root and leaf vegetables grown in soils with incorporated bovine manure. *Applied and Environmental Microbiology,* v. 68, n. 6, p. 2737- 2744, 2002. doi: 10.1128/AEM.68.6.2737-2744.2002

OLIVEIRA, J.; VAZ, N. A.; GROFF, A. M. *Processo produtivo do extrato de tomate.* In: XIII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial – Perspectivas e Contribuições da Engenharia de Produção para a Indústria e Agronegócio. Campo Mourão, 2019. In: Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Boas práticas agrícolas para a produção de alimentos seguros: Café, Feijão, Tomate, Morango e Hortaliças Folhosas / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável e Irrigação. – Brasília: Mapa/SDI, 2022. 308p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/boas-praticas-agricolas/publicacoes-tecnicas/livro-boas-pratica-agricolas-para-a-producao-de-alimentos-seguros.pdf. Acesso em: mar.2023.

OMS; FAO – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Report of the Thirty-Eight Session of the Codex Committee on Food Hygiene. Houston: Joint FAO/ WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission 13th Session, 2007. Disponivel em: https://www.fao.org/3/w0124e/w0124e00.htm.Acesso em: mar.2023.

PALUMBO, D. et. al. The Best Approach for Early Detection of Fungi in Tomato Sauce. In: FRANCIA, G. DI. *et al.* Sensors and Microsystems. p. 239–246. AISEM 2019. Lecture Notes in Electrical Engineering, v. 629, Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37558-4_36.

PARK, H.; HUNG, Y.C.; CHUNG, D. Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating E. coli O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Food Microbiology*, v .91, p. 13-18. 2004. doi: 10.1016/S0168-1605(03)00334-9.

REIS FILHO, J. S.; MARIN, J. O. B.; FERNANDES, P. M. Os agrotóxicos na produção de tomate de mesa na região de Goianápolis, Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 4, p. 307-316, 2009. Disponível em: https://revistas.ufg.br/pat/article/view/4947. Acesso em: 29 mai. 2023.

REISSER JUNIOR, C.; VIGNOLO, G. K. Plasticultura. In: ANTUNES, L.E.C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. *Morangueiro*. 1. ed. Brasília: Embrapa, p.259-280, 2016. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179724/1/Luis-Eduardo-MORANGUEIRO-miolo.pdf. Acesso em: mar.2023.

ROCA, M. G. G. *Valorização do tomate nacional - Extração de licopeno por CO2 supercrítico a partir de repiso de tomate*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

SANTOS, G. G. *Qualidade físico-química, microbiológica e ocorrência de micotoxinas de Alternaria alternata em derivados de tomate*. 2014. 92 f. Tese (Doutorado em Nutrição Humana) -Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/16124. Acesso em: mai.2023.

SANTOS, S. G. S. *Análise das condições higiênico-sanitárias de comercialização de folhosos em uma rede de supermercados localizados na asa sul e asa norte, Brasília/DF*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Faculdade de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/11061/1/2014_SusanGleicaSilvaDosSantos.pdf. Acesso em: jun. 2023.

SANTOS, G. G.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L. *Qualidade microbiológica e presença de resíduos microscópicos em derivados de tomate.* In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR – Alimentação e Saúde, 5, 2015, Bento Gonçalves. Anais [...]. Porto Alegre: SBCTA-RS, 2015.

SANTOS, A. P. et al. Qualidade microbiológica de hortaliças folhosas produzidas em cultivos agroecológicos e convencionais em propriedades rurais do território de identidade do Médio Sudoeste da Bahia. In: SOUZA, C. S.; SABIONI, S. C.; LIMA, F. de S. *Agroecologia – Métodos e Técnicas para uma Agricultura Sustentável,* v. 3, p. 54-72, 2021.

SENAR – Olericultura: cultivo do morango / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2019. 80 p. (Coleção Senar, 238). Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/238_Olericultura-cultivo-do-morango.pdf. Acesso em: jun.2023.

SILVA, W. L.; MEDEIROS, R. A. B.; PIRES, E. M. F. *Eficiência do cloro para sanitização de hortaliças*. *Higiene e alimentação, v.30*, n.256, p. 132-136, 2016. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1701. Acesso em: abr.2023.

SILVA, A. P. R. et al. *Avaliação da eficácia dos desinfetantes para controle de larvas de nematoda em hortaliças.* Embrapa Hortaliças. Separata. 2017. Disponível em:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171451/1/galoa-proceedings-medtrop-73161-avaliacao-da-efi.pdf. Acesso em: abr.2023.

SILVA, J. J. B. *Qualidade microbiana e parasitária de hortaliças e ambiente de cultivo e condições de saúde de horticultores em Santo Antônio de Jesus, Bahia*. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas Embrapa – Mandioca e Fruticultura, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/161. Acesso em: mai.2023

SOUZA, E. A. et al. Controle microbiológico de produto industrializado à base de tomate. *Revista de Biotecnologia & Ciência*, v. 1, n. 1, p. 72-86, 2012. Disponível em: https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/20832/3/Artigo%20-%20Elias%20Alves%20de%20Souza%20-%202012.pdf. Acesso em: mar.2023.

SOUZA, J. de P. et al. ANÁLISE S.W.O.T. CADEIA PRODUTIVA DO TOMATE DE MESA EM GOIÁS1. *Revista Gestão & Saúde*, *[S.l.]*, v. 4, n. 3, p. 3328-3361, 2014. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/2481. Acesso em: mai. 2023.

TRESSELER, J. F. M. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de hortaliças minimamente processadas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 3, p. 1722-1727, 2009. doi.org/10.1590/S1413-70542009000700004

UNIÃO EUROPEIA. *Comissão Europeia. Regulamento nº 1881, de 19 de dezembro de 2006. Official Journal of the European Union, 2006*. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=FR. Acesso em 10/04/2023.

VAN DE PERRE, E. et al. Screening of moulds and mycotoxins in tomatoes, bell peppers, onions, soft red fruits and derived tomato products. *Food control*, v.37, p.165-170, 2014. doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.034

WEI, W. et al. Evaluation of Sanitizing Methods for Reducing Microbial Contamination on Fresh Strawberry, Cherry Tomato, and Red Bayberry. *Frontiers in Microbiology*., v. 8, n. 2397, 2017. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02397

Bibliografia consultada

BETTIOL, W. et al. *Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 155p (Embrapa Meio Ambiente, Documentos 88).

BETTIOL, W.; GHINI, R.; MORANDI, M.A.B. Alguns métodos alternativos para o controle de doenças de plantas disponíveis no Brasil. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de PALLINI, A. *Controle alternativo de pragas e doenças*. Viçosa/MG: EPAMIG/CTZM, 2005. p. 163-183.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Boas práticas agrícolas para a produção de alimentos seguros: Café, Feijão, Tomate, Morango e Hortaliças Folhosas / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável e Irrigação. – Brasília: Mapa/SDI, 2022. 308

p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/boas-praticas-agricolas/publicacoes-tecnicas/livro-boas-pratica-agricolas-para-a-producao-de-alimentos-seguros.pdf. Acesso em: mar.2023.

FERNANDES, M.do C. de A.; LEITE, E.C.B.; MOREIRA, V.E. *Defensivos alternativos***.** Niterói: Programa Rio Rural, 2008. 17p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico, 1). Disponível em: https://xdocz.com.br/doc/apostila-sobre-defensivos-alternativos-jvodjywlz7o6. Acesso em: mai.2023.

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E SISTEMA APPCC Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004. 101 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18226/1/MANUALBOASPRATICASAGRICappcc.pdf. Acesso: mai.2023.

MAROUELLI, W.A. Fontes de água e práticas de irrigação. p. 105-121.*In: Elementos de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC/PAS* Campo – 2.ed. rev., atual. – Brasília, DF: Embrapa, 2006. 204 p. – (Série Qualidade e segurança dos alimentos). Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/15423975.pdf#page=94. Acesso em: jun. 2023.

MATTOS L.M. et al. Produção segura e rastreabilidade de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 4, p. 408-413, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA) lança Programa Bioinsumos.mp3. 27 maio 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/centrais-de-conteudo/audios/momento-agro/mapa-lanca-programa-nacional-de-bioinsumos/programa-bioinsumos.mp3/view. Acesso em: mai.2023.

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E SISTEMA APPCC Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004. 101 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18226/1/MANUALBOASPRATICASAGRICappcc.pdf. Acesso em: mai.2023.

NEVES, M.C.P. Riscos associados ao histórico do solo. p.89-92. *In: Elementos de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC/PAS* Campo – 2.ed. rev., atual. – Brasília, DF: Embrapa, 2006. 204 p. – (Série Qualidade e segurança dos alimentos). Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/15423975.pdf#page=94. Acesso em: jun.2023.

NEVES, M.C.P.; DUARTE, R.L.; PEIXOTO, R.T.G. Riscos associados ao uso de fertilizantes. p.94-104. In: Elementos de Apoio para as Boas Práticas Agrícolas e o Sistema APPCC / PAS Campo – 2.ed. rev., atual. – Brasília, DF: Embrapa, 2006. 204 p. – (Série Qualidade e segurança dos alimentos). Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/15423975.pdf#page=94. Acesso em: jun.2023

PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M.; TEIXEIRA, J.; BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B.; VILLELA, F.M.F.; CASTRO, M.L.M.P. Regulamentação e uso de produtos à base de agentes biológicos para o controle de doenças de plantas e pragas no Brasil. *Informe Agropecuário*. Defesa vegetal e sustentabilidade do agronegócio, Belo Horizonte, v. 34, n. 276, p. 50-57, 2013.

PENTEADO, S.R. *Controle alternativo de pragas e doenças, com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa.* Campinas: Bueno Mendes. 2000. 95p.

PINTO, C.M.F.; PINTO, C.L.O.; DONZELES, S.M.L. Boas Práticas Agrícolas na produção de pimentas. *Informe Agropecuário*. Pimenta: do produtor ao consumidor, Belo Horizonte, v. 33, n. 267, p. 21-31, 2012.

Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar / organizador, Fénelon do Nascimento Neto. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 243p. - (Programa de Agroindustrialização da Agricultura Familiar). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/83839/1/manual-boas-praticas.pdf. Acesso em: abr.2023.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; LOPES, C.A. Horticultura Brasileira sustentável Sonho eterno ou possibilidade futura? *Revista de Política Agrícola*, v. 24, n. 2, p. 90-101, 2015. Disponível em: https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1014. Acesso em: jun. 2023.

BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) NA AGROINDÚSTRIA FAMILIAR

Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto[1], Cleide Maria Ferreira Pinto[2], Sérgio Maurício Lopes Donzeles[3], Maria Regina de Miranda Souza[3], Michele Lopes Pereira[4], Geicimara Guimarães[5]

Introdução

Os produtos alimentícios provenientes das agroindústrias familiares constituem uma alternativa de renda e, desta forma, têm grande importância social e econômica. A agroindústria familiar representa uma forma de organização social, em que os familiares produzem, processam ou transformam parte da produção agropecuária da propriedade rural para obter valor de troca por meio da comercialização. Essas agroindústrias contribuem com a economia local, por agregar valor à produção agropecuária o que propicia a sua comercialização com consequente desenvolvimento regional. Para atender aos requisitos mínimos exigidos para comercialização, os produtos da agroindústria familiar precisam atingir padrões de qualidade e de segurança estabelecidos pelos órgãos responsáveis pela inspeção e fiscalização sanitária dos alimentos. A regularização sanitária contribui para a obtenção de um produto de acordo com os padrões de inocuidade e qualidade o que possibilita a ampliação de mercado e, assim, a sustentabilidade econômica da atividade. A implementação e a adoção das diretrizes higiênico-sanitárias básicas, incluindo as Boas Práticas de Fabricação (BPF), são requisitos

[1] Pesquisadora Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG (1986 a 2020); Consultora em Microbiologia e Higiene de Alimentos, Doutorado em Microbiologia Agrícola - Correio eletrônico: *claudia.epamig@gmail.com.*

[2] Pesquisadora EMBRAPA HORTALIÇAS/UFV, CEP 36570-900 Viçosa-MG.

[3] Pesquisadores EPAMIG Sudeste, Caixa Postal 216, CEP 36570-075 Viçosa-MG.

[4] Graduada em Serviço Social, Mestre em Economia Doméstica pela UFV.

[5] Bacharelado em Gestão de Cooperativas; Mestrado em Agroecologia. Gestora Sustentável de Projetos**.**

imprescindíveis e obrigatórios para a obtenção da garantia da qualidade e inocuidade dos produtos alimentícios independente dos tipos de produtos ou órgãos reguladores responsáveis pelo registro, inspeção e fiscalização.

Neste capítulo, serão relatadas, à título de exemplo, as Boas Práticas de Fabricação no processamento de pimenta *Capsicum*, especiaria dentre as mais valorizadas e consumidas mundialmente no setor culinário de hortaliças, processada em agroindústrias familiares ou em agroindústrias de médio e grande portes.

Segurança alimentar e Boas Práticas de Fabricação (BPF)

O conceito de segurança alimentar, que antes referia-se apenas ao abastecimento de alimentos em quantidade adequada para a população, passou a incluir aspectos nutricionais e de higiene, por impactarem diretamente a saúde da população, como resultado da I Conferência Nacional de Segurança Alimentar, realizada em Brasília - DF, em 1994. A partir desta alteração novas legislações associadas a qualidade e inocuidade de alimentos foram estabelecidas no Brasil, dentre essas incluem-se legislação sobre Boas Práticas de Fabricação (BPF). Essas práticas são conceituadas como um conjunto de procedimentos adotados na cadeia produtiva de alimentos para garantir a qualidade do produto final. São fundamentadas na obtenção de produtos livres de contaminações, prevenção de contaminação cruzada e de condições que favoreçam a multiplicação microbiana e/ou produção de toxinas e rastreabilidade do processo e do produto acabado. A sua implementação permite a produção de alimentos e a obtenção de produtos de acordo com padrões de segurança alimentar, e a orientação dos manipuladores envolvidos na cadeia produtiva.

No Brasil e em outros países, as BPF seguem as recomendações do *Codex Alimentarius*. Essas práticas devem ser descritas, formalmente, em um Manual de Boas Práticas de Fabricação, específico para cada estabelecimento. Também são exigidos os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP), que são requisitos específicos das BPF os quais devem ser detalhados de forma objetiva, com a inclusão de instruções sequenciais para a realização de operações rotineiras e

específicas na produção, armazenamento e transporte de alimentos monitorados e, se necessário, corrigidos e verificados.

A falta de adequação e, ou a precariedade das instalações de produção estão entre as principais causas da ocorrência de contaminações dos alimentos e, em consequência, da ocorrência de doenças de origem alimentar. Essas doenças são causadas pela ingestão de alimentos e/ou água contaminados com agentes biológicos (bactérias patogênicas e suas toxinas, vírus, parasitas e protozoários); agentes químicos (resíduos de antibióticos, micotoxinas pesticidas e metais pesados) e agentes físicos (fragmentos de vidros, metal ou madeira). Essas contaminações constituem um entrave considerável do setor alimentício em todo o mundo sendo, uma das principais ameaças à saúde pública e ao desenvolvimento socioeconômico dos países, com alta taxa de morbidade e mortalidade**.** Portanto, os riscos e as consequências das contaminações alimentares constituem uma preocupação mundial. As contaminações dos alimentos são associadas a condições inapropriadas de higiene na produção, transporte e comercialização; instalações, equipamentos e utensílios; hábitos higiênicos inadequados e saúde dos manipuladores; qualidade insatisfatória da água; falta/ineficiência de um programa de controle de pragas e vetores; contaminações cruzadas e ineficiência do seu controle na cadeia produtiva.

Doenças de origem alimentar

Existem mais de 250 tipos de doenças de origem alimentar e, a sua maioria é associada a bactérias e suas toxinas, vírus e parasitas. Outras doenças incluem envenenamentos com toxinas naturais provenientes de cogumelos venenosos, de algas e peixes ou com produtos químicos tóxicos, por exemplo, chumbo, agrotóxicos. Como exemplos de agentes etiológicos pode-se citar norovírus, *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens* e *Campylobacter* spp., *Toxoplasma gondii*, *Listeria monocytogene*s. As doenças de origem alimentar podem ser associadas ao consumo de diversos tipos de alimentos contaminados incluindo as especiarias. Existem relatos, em diversos países de surtos associados ao consumo de especiarias contaminadas com microrganismos patogênicos como de especiarias contaminadas *Salmonella e Bacillus* spp. e envolvimento de grande número de pessoas em países desenvolvidos como Estados Unidos, Dinamarca e Alemanha.

Em países em desenvolvimento, a situação é mais grave considerando que, parte da população é mais exposta aos agentes etiológicos das doenças de origem alimentar considerando os fatores: escassez de água potável, condições de armazenamento e transporte de alimentos frequentemente inadequados e falta de conscientização sobre as boas práticas de produção e fabricação. A subnotificação de casos é, ainda, um entrave para estimar o número real das ocorrências. Embora no Brasil tenha tido um avanço na legislação relativa ao controle de doenças de origem alimentar e aos serviços de vigilância sanitária e epidemiológica, as doenças de origem alimentar acometem uma fração considerável da população. Estima-se que o número real dessas ocorrências é bem inferior ao número real em razão da subnotificação. Poucos estados brasileiros têm estatísticas sobre os agentes etiológicos e alimentos mais comuns envolvidos em casos e surtos. As regiões sudeste e sul têm seus serviços de vigilância sanitária e epidemiológica.

Grande parte das adequações às BPF de estabelecimentos processadores de alimentos, em geral, não exige investimentos dispendiosos e sim, mudanças de hábitos e de organização como: aspectos de higiene pessoal, prevenção de contaminações, controle da qualidade da água, organização dos ambientes, entre outros. As adequações referentes à infraestrutura demandam maiores investimentos. Nesse caso, deve-se buscar orientação nos órgãos competentes sobre a existência programas de financiamento e como ter acesso a linhas de crédito para esse fim. Os profissionais responsáveis pela produção e, ou industrialização de alimentos devem atuar de forma preventiva na busca da adequação dos processos e de instalações para atingir os padrões de qualidade exigidos pela legislação e pelos consumidores. Todos os esforços investidos contribuem para a inserção dos produtos no mercado e sustentabilidade do setor produtivo.

Edificação, instalações, equipamentos, móveis e utensílios

Ao planejar as instalações de um estabelecimento de produção de alimentos, faz-se necessária a orientação de profissional especializado e a busca de informações nos órgãos fiscalizadores, nesse caso o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e

suas secretarias estaduais ou municipais e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). O estabelecimento deve situar-se em locais isentos de odores indesejáveis, fumaça, pó ou outros contaminantes; não estar exposto a inundações e ser devidamente cercado e afastado do limite de vias públicas. A edificação e as instalações devem ter o seu projeto aprovado, com previsão de fluxo ordenado e sem cruzamentos em todas as etapas do preparo de alimentos, e facilitadas às operações de manutenção, limpeza e, quando for o caso, desinfecção. O acesso às instalações deve ser controlado e independente, não comum a outros usos. Outras exigências são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Itens exigidos para quanto a edificação, instalações, equipamentos, móveis e utensílios

Item	Exigência
Dimensionamento da edificação e das instalações	Compatível com todas as operações
Projeto	Prevenção de contaminação cruzada: separação das áreas, setores de alvenaria ou outro material aprovado por órgãos competentes, com definição de um fluxo de pessoas e alimentos.
Refeitórios, lavabos, vestuários e banheiros do pessoal auxiliar e o local de armazenamento do material de limpeza	Proibição de acesso direto: separação completa dos locais de manipulação de alimento.
Os insumos, matérias-primas e produtos acabados	Estocagem sobre estrados e separados das paredes.
Piso, parede e teto	Íntegros, conservados, livres de rachaduras, trincas, goteiras, vazamentos, infiltrações, bolores, descascamentos, ausência de focos de contaminações: utilização de materiais resistentes ao impacto, revestimento liso, impermeável e lavável.
Portas	Mantidas ajustadas aos batentes e, aquelas da área de preparo e armazenamento de alimentos, devem possuir fechamento automático, de material não absorvente, fácil limpeza, com dobradiças vai e vem e sem maçanetas.
Aberturas externas das áreas de armazenamento e preparo de alimentos, e sistema de exaustão	Uso de telas removíveis de malha milimétrica para impedir o acesso de vetores e pragas urbanas.

Continua...

Quadro 1 - Cont.

Item	Exigência
Janelas e outras aberturas no ambiente.	Devem ser mantidas ajustadas aos batentes e outras aberturas devem ser construídas de forma a evitar o acúmulo de sujidades. Aquelas que possuíram comunicação com o exterior devem ser providas de proteção de telas anti-pragas, serem de fácil limpeza e possuírem boa conservação. Devem ser projetadas para que propiciem uma boa ventilação e impedir o excesso de sol. O peitoril não deve ser utilizado para depósito ou colocação de plantas e outros objetos.
Paredes	Construídas de alvenaria e revestidas de materiais impermeáveis, laváveis e de cores claras. Devem ser lisas, sem frestas, de fácil limpeza e sanitização, e altura de até 2m. Os ângulos entre as paredes e os pisos e entre as paredes e o teto devem ser abaulados e sem frestas de qualquer espécie, para facilitar a limpeza.
Pé direito, pisos	Deve permitir a instalação adequada de equipamentos, com altura mínima de 3m. Os pisos devem ser de cor clara, de material resistente ao trânsito, impermeáveis, laváveis, antiderrapantes, de fácil limpeza e sanitização, não devem possui frestas. A sua inclinação deve ser eficiente para o escoamento de líquidos em direção aos ralos. Os ralos, do tipo sifão ou similar, devem ser lavados com frequência para evitar o acúmulo de gorduras e a proliferação de pragas.
Os tetos ou forros	Construídos e/ou acabados de modo a facilitar a limpeza e que se impeça o acúmulo de sujeira e minimize ao máximo a condensação e o crescimento de fungos. Deve possuir sistema de vedação contra insetos e outras fontes de contaminação. A junção com a parede deve ser arredondada. As dependências industriais deverão dispor de iluminação natural e/ou artificial que possibilitem a realização das tarefas e não comprometem a higiene dos alimentos.

Continua...

Quadro 1 - Cont.

Item	Exigência
Fontes de luz artificial	As fontes de luz devem ser suspensas inócuas, protegidas contra rompimentos. A iluminação não deve alterar as cores. As instalações elétricas deverão ser embutidas ou aparentes e, neste caso, estarem protegidas por canos isolantes e, apoiadas nas paredes e tetos, não sendo permitida a presença de cabos pendurados nas áreas de manipulação.
Ventilação	Suficiente para evitar o calor excessivo e a condensação de vapor. A corrente de ar nunca deve fluir de uma área suja para uma área limpa. Aberturas como janelas, portas e outras que permitem a ventilação deverão ser dotadas de dispositivos que protejam contra a entrada de agentes contaminantes.
As escadas, montacargas e estruturas auxiliares, como plataformas, escadas de mão e rampas	Deverão estar localizadas e construídas de forma a não causarem contaminação.
Materiais que dificultem a limpeza e a desinfecção adequadas	Deverá ser evitado o uso de madeira, a menos que a tecnologia empregada torne imprescindível o seu uso, e não constitua uma fonte de contaminação.
Locais refrigerados	Uniformidade da temperatura na conservação das matérias-primas dos produtos e durante os processos industriais: Uso de termômetro de máxima e mínima ou de dispositivos de registro da temperatura.

Nota: BPF – Boas Práticas de Fabricação

Instalações sanitárias e vestiários

Os estabelecimentos deverão dispor de vestiários, sanitários e banheiros adequados, situados em locais corretos de acordo com o projeto, o que garante a eliminação higiênica das águas residuais. Os locais devem ser bem iluminados ventilados sem comunicação direta com as áreas onde os alimentos são manipulados. Devem dispor de pias com água fria ou fria e quente, providas de elementos adequados à lavagem das mãos e meios higiênicos convenientes para secá-las Junto aos sanitários, e localizadas de tal maneira que o pessoal tenha que passar junto a elas quando retornar em área de manipulação. Não é permitido o uso de toalhas de pano. Toalhas de papel devem ficar junto

aos sanitários bem como perto das áreas de manipulação dos alimentos para que as mãos depois de lavadas sejam secadas. As toalhas de papel deverão ser em quantidade suficiente, adaptadas em porta-toalhas e recipientes coletores. Devem ser colocados avisos indicando a obrigatoriedade de lavar as mãos após o uso de tais instalações.

Nos casos em que substâncias contaminantes sejam manipuladas, ou quando o tipo de tarefa requerer desinfecção adicional à lavagem deve existir local para a desinfecção das mãos. As instalações deverão estar providas de tubulações sifonadas, que levem as águas residuais aos condutos de escoamento.

Equipamentos

Para a limpeza e a desinfecção dos utensílios e equipamentos de trabalho, devem existir instalações adequadas construídas com materiais resistentes à corrosão e que possam ser limpas com facilidade. São necessários meios adequados para o fornecimento de água fria ou fria e quente, em quantidade suficiente. Os equipamentos, móveis e utensílios que entram em contato direto com os alimentos devem ser de materiais que não transmitam substâncias tóxicas, odores, nem sabores aos alimentos. Além disso, devem apresentar resistência à corrosão, manutenção de bom estado de conservação mesmo com repetidas operações de limpeza e desinfecção. Deve ser realizada manutenção programada e periódica dos equipamentos e utensílios e calibração dos instrumentos ou equipamentos de medição, mantendo registro da realização dessas operações. Os equipamentos fixos deverão ser instalados de modo que permitam fácil acesso e uma limpeza profunda. Deverão ser usados, exclusivamente, para as finalidades sugeridas pelo formato que apresentam.

Os recipientes para colocação de materiais não comestíveis e resíduos deverão ser construídos de metal, ou outro material não absorvente, e resistente, que facilite a limpeza e eliminação do conteúdo. Suas estruturas e vedações terão de garantir que não ocorrerão perdas nem vazamentos. Esses equipamentos deverão ser marcados com a indicação do seu uso e não poderão ser utilizados para produtos comestíveis. As superfícies dos equipamentos, móveis e utensílios utilizados na preparação, embalagem, armazenamento, transporte e distribuição devem ser lisas, impermeáveis, laváveis e estar

isentas de rugosidades, frestas e outras imperfeições que possam comprometer a higienização dos alimentos e ser fonte de contaminação dos alimentos. Toda peça ou equipamento que esteja quebrado deve ser retirado da área de processamento de alimentos até ser consertado ou substituído. Não é permitida a presença de animais nos estabelecimentos de produção e comercialização de alimentos.

Manipuladores - saúde e higiene pessoal

O controle da saúde dos manipuladores deve ser registrado. Os manipuladores com lesões e/ou sintomas de enfermidades, que possam comprometer a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos, devem ser afastados da atividade de preparação de alimentos até a sua recuperação. Os manipuladores devem ter asseio pessoal, apresentando-se com uniformes compatíveis à atividade, conservados e limpos. Os uniformes devem ser trocados, no mínimo, diariamente e usados exclusivamente nas dependências internas do estabelecimento. Além disso, devem usar calçados fechados e máscaras laváveis ou descartáveis. As roupas e os objetos pessoais devem ser guardados em locais específicos e, reservados para esse fim. Os manipuladores de alimentos devem lavar as mãos com frequência, com produtos de limpeza autorizados e água potável fria ou quente. As mãos devem ser lavadas antes do início do trabalho, imediatamente após o uso do banheiro, entre a manipulação de alimentos cru e cozidos, após pentear os cabelos, ao entrar na área de preparação dos alimentos, antes de usar os equipamentos ou manipular produtos alimentícios, após: comer, fumar, assuar o nariz, manipular lixo, restos de alimento ou qualquer material contaminante. Devem ser afixados cartazes de orientação aos manipuladores sobre a correta lavagem e anti-sepsia das mãos e demais hábitos de higiene, em locais de fácil visualização, inclusive nas instalações sanitárias e lavatórios. Os manipuladores não devem fumar, falar, cantar, assobiar, espirrar, cuspir, tossir, comer, manipular dinheiro ou praticar outros atos que possam contaminar o alimento, durante o desempenho das atividades. Devem usar cabelos presos e protegidos por redes, toucas, ou outro acessório apropriado para esse fim. Não é permitido o uso de barba. As unhas devem estar curtas e sem esmalte ou base. Durante a manipulação, devem ser retirados todos os objetos de adorno pessoal como anéis, pulseiras, maquiagem e

similares. O uso de luvas não dispensa o funcionário da obrigação de lavar as mãos cuidadosamente. Os visitantes devem cumprir os requisitos de higiene e de saúde estabelecidos para os manipuladores. Os manipuladores de alimentos devem ser supervisionados e capacitados periodicamente em higiene pessoal, em manipulação higiênica dos alimentos e em doenças de origem alimentar. A capacitação deve ser comprovada mediante documentação. Os manipuladores de alimentos devem lavar as mãos com frequência com produtos de limpeza autorizados e água potável fria ou quente. As mãos devem ser lavadas antes do início do trabalho, imediatamente após o uso do banheiro, entre a manipulação de alimentos crus e cozidos, após pentear os cabelos, ao entrar na área de preparação dos alimentos, antes de usar algum equipamento ou manipular qualquer tipo de produto alimentício, após comer, fumar, assuar o nariz, manipular lixo ou restos de alimento, manipulação de qualquer material contaminante.

Qualidade da água

O uso de água de qualidade insatisfatória inviabiliza a obtenção de produtos alimentícios de acordo com os padrões. O abastecimento de água potável deve ser abundante e corrente, e a fonte, canalização e reservatório deverão ser protegidos. O sistema deve dispor de conexões com rede de esgoto ou fossa séptica. Os ralos devem permitir o perfeito escoamento da água de forma a evitar o seu acúmulo no piso. As grelhas devem possuir dispositivo que permitam seu fechamento. É imprescindível o controle frequente da potabilidade da água. O vapor e o gelo usados para contato direto com os alimentos ou com as superfícies que entrem em contato com estes não deverão conter qualquer substância contaminante, que cause risco à saúde. A água não potável usada na produção de vapor, refrigeração, combate a incêndios e outros fins correlatos, não relacionados com alimentos, deverá ser transportada por meio de tubulações separadas, identificadas, de preferência com cores específicas, sem que haja conexão transversal e sifonada, refluxos ou qualquer outro recurso técnico que a faça com as tubulações que conduzem água potável. As análises para avaliar a qualidade da água indicam suas características sensoriais (cor, sabor, odor e turbidez), riscos à saúde humana (metais pesados, pesticidas, solventes orgânicos, nitratos, nitritos, microrganismos patogênicos),

indicadores de depósitos, incrustações e corrosão (cobre, ferro, zinco, cálcio, magnésio, cloretos, sulfatos, sílica, bicarbonatos/ácido carbônico, oxigênio), indicadores de poluição (amônia, nitrito, nitrato) e características microbiológicas.

Limpeza e sanitização

Os prédios, equipamentos e utensílios, e as demais instalações do estabelecimento, incluindo os condutos de escoamento das águas, deverão ser mantidos em bom estado de conservação e funcionamento. As salas da área de produção deverão estar permanentemente limpas, sem vapor, poeira, fumaça e acúmulos de água. Os vestiários, sanitários e banheiros, as vias de acesso e os pátios deverão estar permanentemente limpos.

As áreas de manipulação de alimentos, os equipamentos e utensílios deverão ser limpos e sanitizados com a frequência necessária e não deverão ser usadas substâncias odorizantes e ou desodorizantes. Os produtos de limpeza e sanitização deverão ter seu uso aprovado por órgão competente e pelo setor de controle de qualidade da empresa e devem ser guardados em local adequado, fora das áreas de manipulação de alimentos. O estabelecimento deve dispor de recipientes adequados, em número e capacidade, necessários para depósitos de dejetos e/ou materiais não-comestíveis. Os resíduos de detergentes e desinfetantes devem ser eliminados mediante lavagem minuciosa, com água potável, antes que as áreas e os equipamentos voltem a serem utilizados para a manipulação de alimentos.

Precauções adequadas, quanto à limpeza e sanitização, devem ser tomadas, quando forem realizadas operações de manutenção geral e/ou específica de equipamentos, utensílios ou qualquer elemento que possa contaminar o alimento. Imediatamente após o término da jornada de trabalho, ou quantas vezes sejam necessários, o chão, os condutos de escoamento de água, as estruturas de apoio e as paredes das áreas de manipulação de alimentos deverão ser rigorosamente limpos. Os manipuladores devem ter conhecimento da importância dos riscos das contaminações e da prevenção e controle. Devem possuir também capacitação em técnicas de limpeza e sanitização.

Os equipamentos e os utensílios devem ser construídos com materiais que não transmitam substâncias tóxicas, odores e sabores aos

alimentos. Além disso, devem possuir características não absorventes, resistência à corrosão e a repetidas operações de limpeza e sanitização. As superfícies deverão ser lisas e isentas de imperfeições, incluindo fendas, amassaduras, entre outras. O uso de madeira e de outros materiais deve ser evitado. A natureza do material empregado para construção e desenho dos equipamentos é tão importante quanto o das instalações. O aço inoxidável é o material mais empregado na fabricação de equipamentos e utensílios. Esse material, apesar de ser mais resistente, pode ser danificado pelo contato com soluções de salmoura e soluções de higienização em função da temperatura, concentração, velocidade de fluxo e pH.

Prevenção de contaminações cruzadas

Contaminação é a presença não intencional de qualquer material estranho nos alimentos, de origem química, física ou biológica que os tornam inadequado para o consumo humano. Contaminação cruzada é a transferência de substâncias ou microrganismos prejudiciais à saúde humana, de uma fonte contaminada para o alimento não contaminado ou pronto a ser consumido. Exemplos podem ser ilustrados como o fatiamento de carnes prontas para o consumo com faca anteriormente utilizada para cortar carnes cruas, circulação de pessoas que trabalham na recepção de leite em áreas de produtos processados.

Medidas eficazes devem ser tomadas para evitar contaminações, nas etapas iniciais do preparo dos alimentos, por contato direto ou indireto, com o material contaminado. As mãos devem ser cuidadosamente lavadas entre uma e outra manipulação de produtos nas diversas fases do processo. Todos os equipamentos e utensílios que tenham entrado em contato com matérias-primas ou com material contaminado devem ser limpos e sanitizados cuidadosamente antes de ser utilizado em produtos acabados. As matérias-primas devem ser protegidas de possíveis contaminações, por contato com lixos ou sujidades de origem animal, doméstica, industrial ou agrícola que possam causar risco à saúde. Recomenda-se, como medida preventiva de contaminações dos alimentos, não cultivar, produzir, ou extrair alimentos ou criar animais destinados à alimentação humana, em áreas em que a água usada nos diversos processos produtivos seja de

qualidade insatisfatória. Ao usar substâncias tóxicas nos recipientes, estes deverão ser descartados com o objetivo de evitar possíveis contaminações nos alimentos. As matérias-primas inadequadas para consumo humano devem ser separadas durante os processos produtivos para prevenir a contaminação dos alimentos, água e ambiente. Medidas de proteção contra a contaminação das matérias primas e danos à saúde pública devem ser tomadas para evitar contaminações químicas, físicas ou microbiológicas ou por outras substâncias indesejáveis além de medidas quanto à prevenção de possíveis danos. Os meios para transportar as matérias-primas dos locais de produção ou armazenamento, devem ser adequados para a finalidade a que se destinam e construídos de materiais que permitam a limpeza, desinfecção e desinfestação fáceis e completas.

Controle integrado de pragas e vetores

O controle Integrado de Pragas (CIP) compreende o tratamento com agentes químicos, biológicos ou físicos com o objetivo de aperfeiçoar o controle de pragas e minimizar os riscos de contaminações. Deve ser realizado apenas sob a supervisão direta do pessoal que conheça os perigos potenciais que representam para a saúde. Uma forma ativa de contaminação dos alimentos é o seu contato com insetos e ou roedores que atuam como vetores de diversas doenças. O armazenamento dos produtos deve ser feito em locais cujo controle garanta a proteção contra a contaminação e reduza ao mínimo as perdas da qualidade nutricional ou deteriorações. Os equipamentos e os recipientes não devem constituir um risco à saúde, devendo ser lavados e sanitizados. Além do conhecimento das pragas existentes, é essencial, o conhecimento do local, da região onde está localizada a empresa, *layout* e identificação de pontos críticos. O CIP minimiza o uso de inseticidas no ambiente, com o emprego de barreiras físicas visando menor exposição das pessoas e/ou animais aos produtos. Os procedimentos devem contemplar as medidas preventivas e corretivas destinadas a impedir a atração, o abrigo, o acesso e ou proliferação de vetores e pragas urbanas. No caso do controle químico, o estabelecimento deve apresentar comprovante de realização do serviço fornecido pela empresa especializada contratada. As agroindústrias de alimentos apresentam diversos locais propícios à infestação de insetos

e roedores. Nessas áreas, o controle de pragas só pode ser realizado por profissionais treinados e legalizados. É vetada a prática doméstica e os produtos devem ser de uso profissional com registros no Ministério da Saúde para essa finalidade, exclusivamente.

Manejo de resíduos

O estabelecimento deve dispor de recipientes identificados e íntegros, de fácil higienização e transporte, em número e capacidade suficientes para conter os resíduos. Os coletores utilizados para deposição dos resíduos das áreas de preparação e armazenamento de alimentos devem ser dotados de tampas acionadas sem contato manual. Os resíduos devem ser frequentemente coletados e estocados em local fechado e isolado da área de preparação e armazenamento dos alimentos, a fim de evitar focos de contaminação e atração de vetores e pragas urbanas. Imediatamente após a retirada dos resíduos dos recipientes utilizados para o armazenamento, todos os equipamentos que tenham entrado em contato com eles deverão ser limpos e desinfetados. A área de armazenamento de resíduos deverá ser limpa e desinfetada.

Recepção de matérias-primas

As recomendações incluem a inspeção de todos os ingredientes, embalagens de produto, itens descartáveis, roupas lavadas, estrados e documentos de entrada quanto a evidências de contaminação. Não devem ser aceitas matéria prima ou ingrediente que contenha parasitas, microrganismos ou substâncias tóxicas, decompostas ou estranhas, que não possam ser reduzidas a concentrações aceitáveis, pelos procedimentos normais de classificação e/ou preparação ou elaboração. Recomenda-se inspeção e classificação de matérias-primas ou ingredientes, antes de serem introduzidos na linha de fabricação/elaboração, se necessário, deverão ser submetidos a controles laboratoriais. Para a elaboração dos produtos, somente matérias-primas ou ingredientes limpos e em boas condições deverão ser usados. As matérias-primas ou ingredientes armazenados nas dependências do estabelecimento deverão ser mantidos em condições que evitem a sua deterioração, que sejam protegidos contra a

contaminação, a fim de reduzir as perdas ao mínimo. Deverá ser assegurada a rotatividade adequada dos estoques de matérias-primas e ingredientes.

Armazenamento de produtos e matérias-primas

Itens secos, refrigerados e congelados

Devem ser mantidos em áreas limpas e organizadas, pelo menos com 15 cm acima do piso, sobre prateleiras, estrados ou bandejas limpas, dispostos na ordem adequada para a rotação "Primeiro que entra primeiro que sai" (Peps). Os produtos ou ingredientes mais recentes devem ser colocados atrás ou embaixo daqueles mais antigos para evitar a contaminação cruzada. Os produtos que possam vazar ou gotejar devem ser armazenados abaixo dos demais em recipientes limpos, tampados e rotulados, se tiverem sido retirados dos recipientes originais.

Evitar armazenar os produtos e matérias-primas sob tubulações de esgoto, de água ou de refrigeração, onde possam existir condensação acumulada ou evidência de vazamento, nem em banheiros, vestiários, locais de refugo ou de recuperação ou salas de equipamentos mecânicos. Não devem ser colocados diretamente sobre o piso ou encostados nas paredes e em locais muito cheios.

Armazenamento a seco

Os recipientes devem ser mantidos fechados até o momento do uso. Quando for usada apenas uma porção do conteúdo de uma embalagem ou um recipiente, o restante deve ser transferido para recipientes plásticos ou metálicos limpos, sanitizados, tampados e rotulados. Os produtos críticos como os pós de base láctea, sementes, açúcar e produtos aromatizantes, entre outros devem ser examinados com frequência, a fim de detectar presença de sinais de infestação por pragas. Um espaço de pelo menos 45 cm deve ser deixado entre as pilhas de produtos e entre estas e as paredes. Os utensílios de limpeza e os suprimentos de embalagem e descartáveis devem ser armazenados bem fechados sob as mesmas condições sanitárias que as matérias–primas. Os agentes de limpeza e sanitizantes não devem ser

armazenados acima ou próximo dos ingredientes, suprimentos de embalagem, itens descartáveis e itens que entrem em contato com os produtos. Os produtos inseticidas e os outros materiais tóxicos devem ser armazenados trancados em uma área separada daquela usada para o armazenamento dos agentes de limpeza, sanitizantes e dos produtos.

Armazenamento em temperatura controlada

A temperatura do congelador deve ser verificada pelo menos duas vezes por dia. Os itens congelados devem ser mantidos a -17°C ou menos, e os itens refrigerados a +4,4°C ou menos.

Desinfecção das matérias-primas

Na sanitização da matéria-prima são usados agentes com atividades antimicrobianas, sendo que a legislação brasileira recomenda o uso de substâncias cloradas.

Armazenamento e transporte do alimento pronto para o consumo

As matérias-primas e os produtos acabados deverão ser armazenados e transportados em condições que impeçam a contaminação e/ou a multiplicação de microorganismos e protejam contra a alteração do produto e danos aos recipientes ou embalagens. Durante o armazenamento, deverá ser feita uma inspeção periódica dos produtos acabados, com o objetivo de que só sejam liberados alimentos aptos para o consumo humano e cumprir as especificações aplicáveis aos produtos acabados. Os veículos de transporte próprios ou contratados deverão estar autorizados pelo órgão competente. Os veículos de transporte deverão realizar as operações de carga e descarga fora dos locais de elaboração dos alimentos, evitando, assim, a contaminação destes alimentos e do ar pelos gases de combustão. Os veículos destinados ao transporte de alimentos refrigerados devem dispor de meios que permitam verificar a umidade, quando necessário, e a temperatura, que deve ser mantida dentro das faixas adequadas.

Os alimentos perecíveis, principalmente os de alto risco, que deterioram facilmente, necessitam de maior atenção como os produtos à base de leite, cremes e outros. O controle da temperatura é importante para impedir o crescimento das bactérias, e produção de suas toxinas.

A área de armazenamento de alimentos congelados deve ser seca, limpa e bem ventilada. O freezer deve estar funcionando na temperatura correta, a -18 ºC, os alimentos não devem ser armazenados acima da linha de carga do freezer. Os prazos de validade devem ser frequentemente verificados. Os alimentos descongelados não devem ser re-congelados. Os alimentos devem ser embalados corretamente.

Embalagem

As embalagens devem ser armazenadas em condições higiênico-sanitárias, em local destinado para este fim sendo que o material deve ser seguro e apropriado ao produto acabado. As condições previstas de armazenamento não devem permitir que sejam transferidas para produto final substâncias indesejáveis, que excedam os limites aceitáveis pelo órgão competente. Conferir uma proteção apropriada contra as contaminações. Não devem ter sido anteriormente utilizadas para nenhuma outra finalidade que não seja o acondicionamento do produto acabado. Devem ser inspecionadas imediatamente antes do uso, para verificar sua segurança. Em casos específicos, devem ser limpas e/ou desinfetadas e, se necessário devem ser secas antes do uso. Na área de envase e de embalagem, devem permanecer apenas as embalagens necessárias para uso imediato. O ato de embalar deve ser feito em condições que excluam as possibilidades de contaminação do produto.

Rotulagem e apresentação

Todos os alimentos adquiridos de fornecedores e expostos à venda devem apresentar rotulagem completa e legível o que possibilita identificar a procedência e o registro do produto nos Serviços de Inspeção Municipal (SIM), Serviço de Inspeção Estadual (SIE), ou Serviço de Inspeção Federal (SIF). O rótulo deve conter as informações: nome e marca do alimento, nome do fabricante ou produtor, número de registro no órgão competente, identificação dos aditivos, ingredientes do produto, data de fabricação, data de validade, carimbo de inspeção para produtos de origem animal e seus derivados, peso e volume, temperatura de armazenamento e condições de estocagem e informação nutricional.

Documentação e registro

As agroindústrias devem dispor de Manual de BPF e a descrição de "Procedimentos Operacionais Padronizados". Esses documentos devem estar acessíveis aos manipuladores envolvidos e disponíveis à autoridade sanitária. Devem ser aprovados, datados e assinados pelo responsável do estabelecimento. Os registros devem ser mantidos por período mínimo de 01 (um) ano e deve ser mantido em local de fácil acesso e ser de fácil disponibilidade ao serviço de fiscalização. O Manual de BP é um documento com descrição das atividades realizadas pela empresa para produção de alimentos dentro dos padrões legais de qualidade

Rastreabilidade

A documentação permite ao produtor aumentar a credibilidade com os seus clientes e, em consequência, a melhoria do mercado para os produtos. A adoção das práticas que permitem a rastreabilidade do processo tem impacto positivo sobre o cliente, por indicar a preocupação da empresa com o bem-estar do consumidor. As anotações sobre as práticas de produção, colheita e distribuição de seus produtos devem ser atualizadas com frequência. Os dados devem ser arquivados por período superior ao período de comercialização ou de vida útil dos produtos. Por exemplo, para os produtos de origem vegetal as principais anotações são o local de produção, área de plantio, época de plantio, informações dos insumos, como adubos mineral ou orgânico, agrotóxicos aplicados e informações sobre doses, grau de toxicidade e número de aplicações, tipo de irrigação, informações sobre a qualidade da água, controle de pragas e data de colheita. Todas as informações de práticas de manuseio pós-colheita também devem ser anotadas. Os lotes devem ser devidamente identificados, preferencialmente com código de barras. A sistematização dessas informações possibilita ao produtor a implementação de sistemas de garantia da qualidade, como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

Exemplo

Considerações sobre Boas Práticas no Processamento de Pimentas "*Capsicum*"

Pimentas *Capsicum* estão entre as especiarias mais valorizadas e consumidas mundialmente no setor culinário. As pimentas são cultivadas em todo o território brasileiro numa variação rica de cores, tamanhos, sabores e de pungência (ardume). Seus pigmentos, aromas e substâncias pungentes (picantes, ardidas) são amplamente usados na indústria de alimentos. A pimenta possui muitos efeitos benéficos para a saúde humana associados as suas propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais, por isso é considerada um alimento nutracêutico.

Além de consumidas in natura, as pimentas podem ser processadas e usadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos incluindo: conservas, molhos, geleias, pápricas, corantes, aromatizantes, oleorresinas e outras. Na forma in natura ou processada, as pimentas permitem agregar valor as preparações culinárias e representam uma ampla oportunidade de mercado.

Fungos filamentosos são contaminantes comuns encontrados em pimentas *Capsicum* incluindo fungos de campo (*Alternaria, Fusarium, Cladosporium, Rhizopus* e *Mucor*). Os fungos de estocagem, encontrados em produtos processados e armazenados em condições de umidade relativamente baixas são (*Aspergillus, Penicillium* e *Eurotium*, *Alternaria, Fusarium, Cladosporium, Rhizopus, Ulocladium, Wallemia* e *Mucor*). Alguns, são produtores potenciais de micotoxinas. A presença de fungos toxigênicos em produtos *Capsicum* é muito comum, embora não implique, necessariamente, na presença de micotoxinas considerando que a sua produção é dependente da capacidade toxigênica da linhagem, de fatores intrínsecos e extrínsecos e não, necessariamente, da população fúngica. Existem centenas de micotoxinas, entretanto, poucas têm importância em segurança alimentar. Por exemplo, na legislação européia encontram-se estabelecidos limites toleráveis para produtos *Capsicum* apenas para aflatoxinas, ocratoxina A com limites de 5µg/kg para aflatoxina B1, 10µg/kg para aflatoxinas e 30µg/kg para ocratoxina A. No Brasil, os

limites toleráveis são 20µg/kg para aflatoxina B1, B2, G1 e G2 e 30µg/kg para ocratoxina A.

Ao considerar a alta perecibilidade de frutos, o processamento de pimenta, após a colheita, é a melhor alternativa para a prevenção de perdas para produtores e empresários. A primeira condição para obter produtos derivados com alta qualidade é o uso de matéria-prima de alta qualidade. Para isto, é imprescindível a implementação das Boas Práticas Agrícola (BPA) na produção e das BPF no processamento. Assim, será possível a redução dos custos gerados por perdas e devoluções e prevenção da ocorrência de casos e surtos de infecções e de intoxicações de origem alimentar. Todos os esforços investidos na adoção dessas práticas contribuem para a inserção dos produtos no mercado e sustentabilidade do agronegócio pimenta.

Desta forma, a qualidade das pimentas e dos produtos derivados tem importância decisiva para o comércio interno e externo sendo a competitividade do mercado associada à atenção dispensada às condições de produção e de apresentação dos produtos, no que se referem às embalagens, rótulos e símbolos, condições de transporte e sistema de comercialização, exigidas pela legislação. A estruturação de um modelo adequado de gestão da qualidade é imprescindível para a obtenção da matéria-prima e de seus derivados inócuos e com alto padrão de qualidade e, assim para atendimento às expectativas do mercado. Independente da forma de consumo de pimentas *Capsicum*, frescas ou processadas, a sua qualidade deve ser preservada ao longo de toda a cadeia produtiva, da produção ao consumo. A garantia da qualidade dos frutos de pimentas e de seus derivados refere-se ao atendimento das especificações, padrões legais e características do produto. E a garantia da produção é conferida pela análise de todo o processo com a inclusão de práticas de prevenção e de controle de contaminações de natureza física, química ou microbiológica que comprometer a saúde do consumidor.

Além das BPF deve-se considerar todas as etapas envolvidas no processamento do produto que se pretende produzir com: seleção adequada da matéria-prima, as recomendações técnicas para o processamento e pós-processamento de acordo com o produto.

Conclusões

Os trabalhos de extensão realizados por Empresas de Extensão e de Pesquisa, Universidades, Institutos Federais entre outras instituições são de extrema importância para orientação de processadores de produtos de origem animal e de origem vegetal sobre BPF e sua implementação em agroindústrias processadoras.

Ressalta-se que as BPF são pré-requisitos para a implantação de sistemas de garantia de qualidade como o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e para a certificação de processos e produtos pois contribui para assegurar que os seus produtos sejam, consistentemente, processados e controlados de acordo com as normas de qualidade. São práticas direcionadas, principalmente, a redução dos riscos inerentes a qualquer produção alimentícia e proteção da saúde. Assim, possui grande importância para a sustentabilidade do setor alimentício associada à conquista de novos mercados e acesso a produtos de alta qualidade, de acordo com padrões nacionais e internacionais.

Agradecimentos

Aos coordenadores do SIMBRAS 2023 pela oportunidade de contribuir no ciclo de palestras do evento.

Bibliografia consultada

ANDRADE, N. J.; MACÊDO, J. A. B. *Higienização na indústria de alimentos*. Editora Varela, São Paulo, 1996. 182p.

ANDRADE, N. J.; PINTO, C. L. O. Higienização na Indústria de Laticínios. In: SOCORRO, M.S.R.B. *Ferramentas da Ciência e Tecnologia para a Segurança dos Alimentos*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical: Banco do Nordeste do Brasil, p. 41-68, 2008.

ANTUNES, M. A. et al. Controle de qualidade de produtos à base de pimenta. Boas Práticas Agrícolas na produção de pimentas. *Informe Agropecuário.* Pimenta: do produtor ao consumidor, Belo Horizonte, v. 33, n. 267, p. 41-51, mar./abr., 2012.

ANVISA. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos de alimentos. *Diário Oficial [da] República*

Federativa do Brasil, Brasília, 10 jan. 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/ >. Acesso: mai. 2023.

_____. Resolução - RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002. Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,* Brasília, DF, 23 set. 2002.

_____. Resolução - RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 06 nov. 2002.

_____. R Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do Ministério da Saúde. Resolução RDC nº14, de 28 de março de 2014. Dispõe sobre matérias estranhas macroscópicas e microscópicas em alimentos e bebidas, seus limites de tolerância e dá outras providências. Ministério da saúde agência nacional de vigilância sanitária diretoria colegiada. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 de março. 2014.

_____**.** ANVISA**.** Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde- SVS *Doenças transmitidas por alimentos: causas, sintomas, tratamento e prevenção.* Disponível em: < http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/doencas-transmitidas-por-alimentos>. Acesso: 23 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 22000***:** Sistemas de gestão da segurança de alimentos – requisitos para qualquer organização da cadeia produtiva de alimentos. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Portaria nº. 368, de 4 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil***,** Brasília, 8 set. 1997a. Seção 1, p. 19697.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 46, de 10 de fevereiro de 1998. Institui o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC a ser implantado, gradativamente, nas indústrias de produtos de origem animal sob o regime do serviço de inspeção federal - SIF, de acordo com o manual genérico de procedimentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**,** Brasília, DF, 16 mar. 1998, Seção I, p. 24.

_____. Resolução n. 10, de 22 de maio de 2003. Institui o Programa Genérico de Procedimentos - Padrão de Higiene Operacional-PPHO, a ser utilizado nos Estabelecimentos, de Leite e Derivados, que funcionam sob o regime de Inspeção Federal, como etapa preliminar e essencial dos Programas de Segurança Alimentar do tipo APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle). *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 28 maio. 2003, Seção I, p. 04.

_____. Ministério da Saúde. Portaria n. 326, de 30 de julho de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimento Produtores/Industrializadores de Alimentos,

conforme anexo l. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 01 de agosto de 1997b.

CARMO, A. P.; PINTO, C. L. O.; MARTINS, M.L. Queijos artesanais: Necessidade de adequação às boas práticas de produção e de comercialização. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, v. 58, n. 333, p. 178-180, jul./ago. 2003.

CENTERS OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *How many cases of foodborne disease are there in the in United States*. Atlanta, 2020. Disponível em: <http://www.cdc.gov/foodborneburden/index.html>. Acesso em: 31 mar. 2023.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2017, *EFSA Journal***,** v. 16, n. 12, p. 1-262, 2018.

FURTADO, A. A. L. SILVA, F. T. *Manual de processamento de conserva de pimenta***.** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2005. 18 p.

GELLI, D. et al. Avanços da segurança de alimentos no Brasil Advances in food safety in Brazil. *Vigilância Sanitária em Debate*, v. 3, n. 2, p. 122-130, 2015.

MACEDO, A**.** *Pimentas Capsicum: uma história de sucesso na cadeia produtiva de hortaliças***.** Brasília – DF, ano IV, n. 18, p. 9, 2015.

McLINDEN, T. et al. *Component costs of foodborne illness: a scoping review***.** *BMC Public Health*, v. 1, p. 509, 2014.

PAIXÃO, M. G. et al. Impacto econômico da implantação das boas práticas agropecuárias relacionadas com a qualidade do leite. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 61, n. 5, p. 612-621, 2014.

PINTO, C. L.O. et al. Análise de condições de comercialização de produtos da agroindústria familiar no Território da Serra do Brigadeiro. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Porto Alegre, v.2, n.2, 2007. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/viewarticle.php?id=1745>. Acesso em: jul. 2023.

PINTO, C. L. O. et al. Produção e processamento de alimentos de origem vegetal na agricultura familiar: boas práticas agrícolas e de fabricação. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 31, n. 254, p. 84-93, jan/fev. 2010.

PINTO, C. L. O. et al. Produção de alimentos na agroindústria familiar: a higiene em foco. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 31, n. 256, p. 26-35, maio/jun. 2010.

PINTO, C. M. F. PINTO, C. L. O. LOPES, S. M. Pimenta *Capsicum*: Propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 3, n. 2, 30 dez. 2013.

PINTO, C.M.F. et al. Pimenta (*Capsicum* spp.). In: PAULA JUNIOR, T., VENZON, M. **101** *Culturas, Manual de tecnologias agrícolas*. 2.ed. Belo Horizonte: Epamig, 2019, p. 729-737.

RIBEIRO, C. S.C. *Pimentas Capsicum*. Embrapa Hortaliças, 2008. 200p.

RITTER et al. Foodborne illnesses in Brazil. **J***ournal of Infection in Developing Countries*, v. 8, n. 3, p. 254-257, 2014. SCALLAN E, H. et al. Foodborne illness

acquired in the United States-major pathogens. *Emerging Infectious Diseases Journal*, v. 17, p. 17, p. 7-15, 2011.

SCHMIDT, R. H. *Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operation*s. Gainesville: University of Florida - Institute of Food and Agricultural Sciences, 2003. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/FS077>. Acesso em: 14 mai. 2023.

SILVA, F. T. Boas Práticas de Fabricação. In: II Encontro Nacional do Agronegócio Pimentas (*Capsicum* spp.), 2. Mostra Nacional de Pimentas e Produtos derivados, 2. 2006, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006. 12 p. CD-ROM.

MANEJO DE DEJETOS E A SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA

Marcelo Henrique Otenio[1], Clérison Wagner Nascimento[2], Guilherme Henrique da Silva[3], Larice Aparecida Rezende Santana[4], Camila Souza Coelli[5], Felipe Ferreira Coelho[6]

RESUMO - O acondicionamento dos dejetos em esterqueiras ou lagoas de decantação para serem utilizados em lavouras e pastagens são ações sustentáveis mais aplicadas nas fazendas leiteiras do país, seguido pela geração e utilização de energias renováveis e uso racional da água, como exemplo os biodigestores. O aproveitamento de dejetos da bovinocultura leiteira para a geração de energias renováveis é uma oportunidade para os produtores e para a cadeia de valor do leite. Pois esses dejetos são considerados biomassa passível de uso para geração de energia e fertilização de culturas vegetais, reduzindo o uso de fontes convencionais de energia e fertilizantes comerciais. Os dejetos, quando manejados de forma adequada, por meio do processo de biodigestão anaeróbia, torna o produtor rural autossuficiente em energia elétrica. A biodigestão anaeróbia no manejo de dejetos na agropecuária promove a geração do biogás, além de permitir a reciclagem do efluente e redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários dos dejetos. Assim sendo, os biodigestores são estruturas destinadas a conter a biomassa e seu produto, o biogás. Diante do exposto, a busca por fontes alternativas para tratamento de resíduos e produção de energia demonstra o

[1] Professor do Departamento de Leite e Derivados, UFJF.

[2] Estudante de Pós-graduação Mestrando em Leite e Derivados na UFJF.

[3] Estudante de Pós-graduação Doutorando em Engenharia Agrícola na UFV.

[4] Estudante de Pós-graduação Doutoranda em Ciências Farmacêuticas na UFJF.

[5] Estudante de Graduação em Medicina Veterinária na UFJF.

[6] Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária na UFJF.

processo de biodigestão anaeróbia com utilização dos dejetos bovinos como substrato uma opção economicamente viável.

Palavras chave: agronegócio, impactos ambientais, sustentabilidade.

WASTE MANAGEMENT AND THE SUSTAINABILITY OF DAIRY FARMING

ABSTRACT - Conditioning of manure in slurry tank or stabilization ponds to be used in crops and pastures are sustainable actions most applied in dairy farms in Brazil, followed by the generation and use of renewable energies and rational use of water, as an example the biodigesters. The use of dairy cattle manure to generate renewable energy is an opportunity for farmers and the milk value chain. Because these wastes are considered biomass that can be used to generate energy and fertilize pasture crops, inviting the use of traditional sources of energy and commercial fertilizers. Manure when handled properly, through the process of anaerobic digestion, makes rural producers self-sufficient in electricity. Anaerobic biodigestion in the management of waste in agriculture promotes the generation of biogas, in addition to allowing the recycling of effluent and reduction of the polluting potential and sanitary residues of the waste. Therefore, biodigesters are structure to contain biomass and its product, biogas. Given the above, the search for alternative sources for waste treatment and energy production demonstrates the process of anaerobic digestion using bovine manure as a viable economic option.

Keywords: agribusiness, environmental impacts, sustainability.

Introdução

A cadeia produtiva do leite e derivados é um setor de grande importância econômica e social para o Brasil, o país é o terceiro maior produtor mundial de leite, produz 35 bilhões de litros de leite por ano. As propriedades rurais, em sua maioria de pequeno e médio porte, estão distribuídas em 98% dos municípios brasileiros, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), totalizando mais de 4 milhões de pessoas empregadas no setor de produção de leite no

país. A Secretaria de Política Agrícola, estima que para 2030 apenas os produtores mais eficientes, que se adaptarem à nova realidade de adoção de tecnologia, melhorias na gestão com eficiência técnica e econômica, permanecerão no mercado.

A produção leiteira, presente em todas as regiões, é uma importante atividade para contribuir com a segurança alimentar, geração de emprego e renda e permanência da população no campo. No entanto, seu desenvolvimento necessita de atenção, pois, muitas vezes, gera problemas ambientais, econômicos e sociais na área onde está inserido. Por isso, a sociedade em geral vem pressionando o setor a encontrar processos mais intensivos e sustentáveis. O setor, além de ter uma demanda para aumentar a produtividade, tem visto um aumento nas expectativas dos consumidores nos últimos anos em relação à qualidade do produto e questões de sustentabilidade e bem-estar animal.

Para diminuir o estresse animal e aumentar o seu bem-estar e sua capacidade produtiva, o sistema intensivo de confinamento tem sido cada vez mais inserido no Brasil. Neste sistema, os animais são criados em área restrita, separados por lotes e recebem uma dieta balanceada e adequada ao período produtivo. Um dos maiores problemas no confinamento de bovinos de leite é a quantidade de dejetos produzidos diariamente numa área reduzida. Estão entre as exigências esperadas para a produção de leite: o controle rigoroso da qualidade e do gasto de água nos processos produtivos da agropecuária; a destinação ambientalmente correta dos resíduos produzidos na fazenda de leite ou o seu aproveitamento em bases sustentáveis e processos de produção que levem em consideração o conforto animal, as medidas de proteção e de conservação do ambiente. Consideramos que os produtores devem estar atentos com suas atitudes para permanecer de forma competitiva no mercado, produzindo de forma sustentável. O produtor de leite precisa estar atento aos possíveis ajustes no seu sistema de produção.

A cadeia produtiva leiteira deverá inevitavelmente realizar a transição para alternativas tecnológicas mais sustentáveis, vide a representatividade e a importância do agronegócio e da pecuária leiteira nos quesitos sociais e econômicos. Ações rotineiras realizadas nas fazendas produtoras de leite reduzem a pegada ambiental e intensificam a produção sustentável. Ações sustentáveis como acondicionamento dos dejetos em esterqueiras ou lagoas de estabilização para serem utilizados posteriormente nas lavouras e pastagens é uma prática mais

aplicada nas fazendas leiteiras do país, seguido pela geração e utilização de energias renováveis e pelo uso racional da água, exemplo biodigestores.

O manejo inadequado dos dejetos, ricos em matéria orgânica e agentes patogênicos, causa poluição de águas superficiais e subterrâneas, devido ao carreamento desse material pela ação das chuvas. A contaminação do solo, lagos e rios pelos resíduos animais, a infiltração de águas residuárias no lençol freático e o desenvolvimento de moscas e gases malcheirosos são alguns dos problemas de poluição ambiental provocados pelos dejetos animais.

O aproveitamento de dejetos da bovinocultura leiteira para a geração de biogás é uma oportunidade para os produtores e para a cadeia de valor do leite. Pois o avanço da pecuária leiteira para criações dos animais em sistemas de confinamento ou semiconfinamento tende a aumentar o volume de dejetos gerados. Além da grande quantidade produzida, os dejetos da bovinocultura leiteira são considerados biomassa passível de uso para geração de energia e fertilização de culturas vegetais, reduzindo o uso de fontes convencionais de energia e fertilizantes comerciais.

A biodigestão anaeróbia (BA) é uma tecnologia alternativa para o tratamento de resíduos como os dejetos da bovinocultura leiteira, por minimizar seu potencial poluidor, promover a geração do biogás, utilizado como fonte de energia alternativa e a geração de efluente, que pode ser utilizado como biofertilizante.

Os dejetos, quando manejados de forma adequada, por meio do processo de BA, torna o produtor rural autossuficiente em energia elétrica e recupera o capital investido na implantação do biodigestor, equipamento usado para o processamento de matéria orgânica. O tempo de retorno dos investimentos pode ser reduzido se o biofertilizante produzido no biodigestor for aproveitado para fertirrigação, viabilizando ainda mais o uso da tecnologia.

Neste capítulo vamos abordar o manejo dos dejetos da produção leiteira, com aplicação da tecnologia da biodigestão anaeróbica, para agregação de valor e ganhos na sustentabilidade da produção agropecuária.

Biodigestão anaeróbia no manejo de dejetos bovinos para produção de biogás e biofertilizante

A biodigestão anaeróbia é um bioprocesso sustentável de baixo custo operacional e recuperação de energia, utilizada para tratamento de resíduos orgânicos complexos, como os dejetos (WANG et al., 2019). É um bioprocesso de degradação da matéria orgânica e matéria celular biodegradável realizada pela ação de diferentes grupos de microrganismos e ocorre em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (Figura 1) (PASALARI et al., 2021).

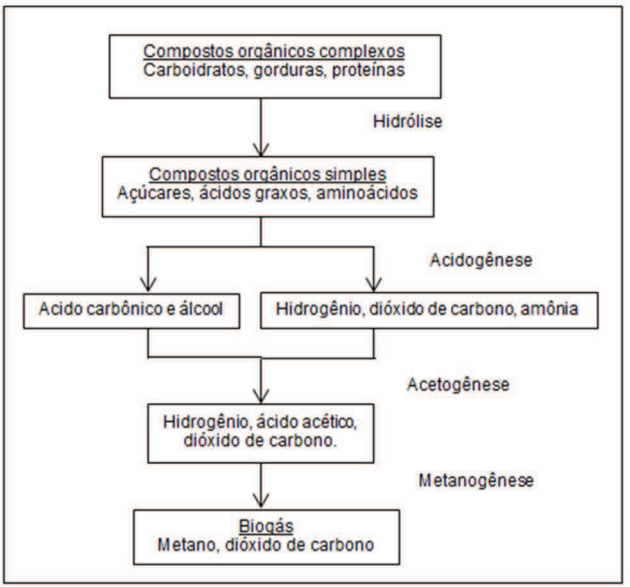


Figura 1 - Etapas da degradação do processo de biodigestão anaeróbia.
Fonte: Adaptado de AZIZ, HANAFIAH, ALI; 2018.

Na etapa da hidrólise os microrganismos hidrolíticos como dos gêneros *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria* e *Chloroflexi* produzem enzimas extracelulares como amilase, celulase,

xilanase, lipase e protease (PASALARI et al., 2021). Essas enzimas degradam e/ou solubilizam os compostos orgânicos complexos como proteínas, lipídios e polissacarídeos em moléculas solúveis menores, como ácidos graxos, açúcares simples, aminoácidos, álcoois e aldeídos (AKINDOLIRE; RAMA; ROOPNARAIN, 2022; PRAMANIK et al., 2019). Na acidogênese os produtos da hidrólise são transformados em ácidos graxos voláteis (AGV), como ácido butírico e ácido propiônico, como dos gêneros *Clostridium*, *Bacteroides* e *Firmicutes* como *Paenibacillus sp.* e *Ruminococcus sp.* que estão presentes em todas as fases, mas são dominantes na acidogênica (OTTONI et al., 2022; PRAMANIK et al., 2019).

Na etapa de acetogênese, microrganismos acetogênicos dos gêneros como *Desulfococcus* e *Desulfotomaculum* transformam os produtos da acidogênese em ácido acético, ácido acético, gás carbônico e hidrogênio gasoso. Estas bactérias só podem sobreviver em simbiose com o gênero que consome hidrogênio e as redutoras de sulfato são capazes de degradar o lactato e o etanol, mas não são capazes de degradar os ácidos graxos e compostos aromáticos (OTTONI et al., 2022).

A metanogênese é a etapa final do bioprocesso, onde os microrganismos metanogênicos, como *Archaeas metanogênicas*, *Methanosarcina sp.* e *Methanobacterium sp.* transformam o ácido acético em metano e gás carbônico pelas bactérias metanogênicas acetoclásticas e o gás carbônico e o hidrogênio são combinados, formando metano, pelas bactérias metanogênicas hidrogenotróficas. As bactérias metanogênicas aparecem na segunda fase da fermentação, porém, a quantidade aumenta fase metanogênica (OTTONI et al., 2022; PRAMANIK et al., 2019).

A biodigestão anaeróbia no manejo de dejetos na agropecuária promove a geração do biogás, além de permitir a reciclagem do efluente e redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários dos dejetos. Atualmente, esse bioprocesso a partir de dejetos bovinos é a chave para um sistema de produção mais sustentável, devido à redução do uso de energias convencionais, fertilizantes comerciais, além de fornecer um método altamente eficiente para reciclagem de recursos e fechamento do ciclo de produção (ABBASI, TAUSEEF, ABBASI; 2012).

O biodigestor é um equipamento utilizado para o processamento de matéria orgânica e proporciona as condições necessárias para que as bactérias metanogênicas atuem sobre a biomassa para a produção de biogás e biofertilizante (Figura 2) (AFRIANTI *et al.*, 2023).

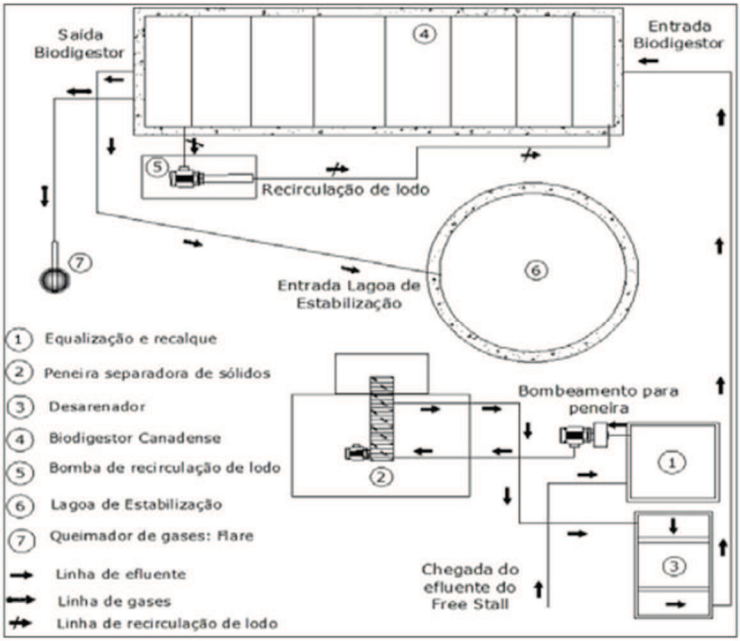


Figura 2 - Esquema do sistema de tratamento de ARB da área experimental da Fazenda Embrapa Gado de Leite.

Fonte: DE MENDONÇA et al. 2016.

O biogás produzido é uma mistura de gases contendo, aproximadamente, até, 75% de CH_4 e 25% de CO_2. Esse biogás é canalizado e direcionado a um motor/gerador de energia a partir de biogás. A energia elétrica gerada é usada para o funcionamento dos equipamentos utilizados no sistema de produção (BIENIEK *et al.*, 2019) ou na geração distribuída, onde a energia produzida é injetada na rede da concessionária de energia do estado. A geração de biogás depende da característica do resíduo, que é o substrato para o

crescimento dos microrganismos. No entanto, a dieta dos animais interfere na distinção dos resíduos quanto à potencialidade de produção de biogás. As características bioquímicas dos resíduos devem permitir o desenvolvimento e a atividade microbiana anaeróbica. Já que o processo microbiológico requer não apenas fontes de carbono e nitrogênio, mas também deve haver um certo equilíbrio de minerais (BÜCKER *et al.*, 2020).

As fontes de carbono mais utilizadas pelos microrganismos são os carboidratos e compostos orgânicos, especialmente hexoses, que são degradadas por uma única via. Os resíduos da pecuária são considerados os substratos mais aplicados na biodigestão anaeróbia por apresentarem nutrientes como arsênio, cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, zinco e elevado teor de matéria orgânica. Baixa concentração de fósforo, potássio e nitrogênio (HUSSEIN et al., 2017). O correto manejo destes resíduos estabilizados traz benefícios ao solo, à cultura e possibilita a redução do uso de fertilizantes químicos convencionais (MACIEL et al., 2019).

O biofertilizante é uma matéria orgânica rica em elementos minerais, possuindo grande capacidade de recuperação de solos degradados, sua composição varia de acordo com a matéria-prima a ser fermentada. Quando aplicado no solo, o biofertilizante promove o saneamento ambiental e restitui parte dos nutrientes consumidos pelas culturas, podendo contribuir significativamente para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável no Sistema Intensivo de Produção de Leite.

Esse desenvolvimento de uma agricultura sustentável ocorre devido a capacidade do biofertilizante em manter os sais minerais em formas aproveitáveis pelas plantas, evitando que esses sais sejam levados pelas águas; melhorar a estrutura e a textura, deixando-o mais fácil de ser trabalhado e facilitando a penetração das raízes; dar firmeza ao solo, de modo que resistam à ação desagregadora da água; deixar a terra com estrutura mais porosa, permitindo maior penetração do ar; favorecer a multiplicação das bactérias, fixando o nitrogênio atmosférico; aumentar a produtividade e reduzir o perigo de infestações nas lavouras. Os estercos bovinos destacam-se como fonte principal, seja pela maior disponibilidade, pelo elevado valor fertilizante ou pela alta necessidade de se promover a reciclagem dos nutrientes no sistema solo-planta-animal (MACIEL et al., 2019).

O processo de biodigestão anaeróbia apresenta como vantagem precisar de menos espaço que aterros sanitários e compostagem; diminuir o volume de resíduo a ser descartado; reduzir o problema de saneamento ambiental com o aproveitamento de dejetos animais; produzir de biofertilizante; redução de custos energéticos; redução significativa da quantidade emitida de metano na atmosfera; constituir uma fonte de renda para propriedades rurais; geração de créditos de carbono; redução de custos energéticos; preservação da vegetação local; e melhoria da qualidade do solo. Como desvantagens variabilidade da produção de biogás em função do clima; a quantidade de energia gerada pelo biogás não ser constante; formação de gás sulfídrico, aumentando custos de manutenção devido à corrosão; custo de investimento inicial e de manutenção; e período de retorno do investimento variar com a tecnologia disponível (KHANH NGUYEN *et al.*, 2021).

Fatores que afetam a produção de biogás

A produção de biogás é afetada por fatores como teor de sólidos, concentração de nutrientes, pH, temperatura, tempo de retenção hidráulica (TRH), concentrações de sólidos voláteis e substâncias tóxicas (FLORES-MENDOZAA *et al*., 2020; NKUNA *et al.*, 2022). A mobilidade das bactérias metanogênicas no substrato é limitada à medida que aumenta o teor de sólidos e, portanto, podem afetar a eficiência e a produção de gás. O teor de sólidos está diretamente relacionado com a quantidade de água e nutrientes presente no substrato. A carência de água no biodigestor pode provocar entupimento na tubulação e o excesso de água pode atrapalhar o processo da hidrólise, pois é exigida uma elevada carga de biomassa para que a mesma se processe adequadamente (CHERNICHARO, 2010).

Para a síntese de nova de biomassa são necessários macro e micronutrientes. Além de existir uma relação carbono/nitrogênio mantida entre 20:1 e 30:1. Pois o excesso de nitrogênio pode levar a redução da produção de biogás, podendo ter como produto final compostos nitrogenados como a amônia (NH_3) (NKUNA *et al.*, 2022).

O processo anaeróbio é adversamente afetado por pequenas mudanças nos níveis de pH. Os microrganismos metanogênicos são mais

susceptíveis. A baixa variação no pH e valores próximos à neutralidade entre 6,5 a 7,5 indica que a produção de ácidos orgânicos voláteis será neutralizada por substâncias alcalinizantes, mantendo os níveis adequados para o bom desempenho do bioprocesso (NKUNA *et al.*, 2022).

A temperatura de operação do biodigestor é considerada um dos principais parâmetros, devido à grande influência deste fator na taxa de biodigestão anaeróbia. A velocidade da reação depende da velocidade de crescimento dos microrganismos envolvidos, que por sua vez dependem da temperatura. O aumento da temperatura acelera a velocidade de crescimento dos microrganismos e o aumento da produção do biogás. No entanto, as variações bruscas de temperatura no biodigestor podem desencadear a desestabilização do processo. Existem três intervalos de temperatura em que se pode trabalhar com microrganismos anaeróbios, abaixo de 25 °C (psicrófilos), de 25 a 45 °C (mesófilos) e entre 45 e 65 °C (termófilos) (NKUNA *et al.*, 2022).

O tempo de retenção hidráulica é o tempo necessário para o resíduo ser digerido no biodigestor. Ocorre quando a produção de gás é máxima, definindo o ponto de melhor qualidade do biogás no processo de biodigestão anaeróbia. Em processo contínuo é determinado pela relação entre volume do biodigestor e o volume diário de carga introduzida. Usualmente, o TRH dura de 30 a 45 dias, em algumas situações é possível a existência do biogás logo na primeira semana (NKUNA *et al.*, 2022).

Quanto maior a concentração de sólidos voláteis no substrato, maior é o potencial de produção do biogás. Os sólidos voláteis contêm componentes orgânicos, que, teoricamente, deveriam ser convertidos em metano. Assim sendo, a remoção de sólidos voláteis está associada à sua transformação em biogás pelos microrganismos (DIVYA, GOPINATH, MERLIN CHRISTY; 2015; NKUNA *et al.*, 2022). O uso de substâncias tóxicas como desinfetantes, antibióticos e bactericidas podem "contaminar" o esterco, afetando as bactérias envolvidas no processo (CHEN *et al.*, 2014).

Tipos de biodigestores

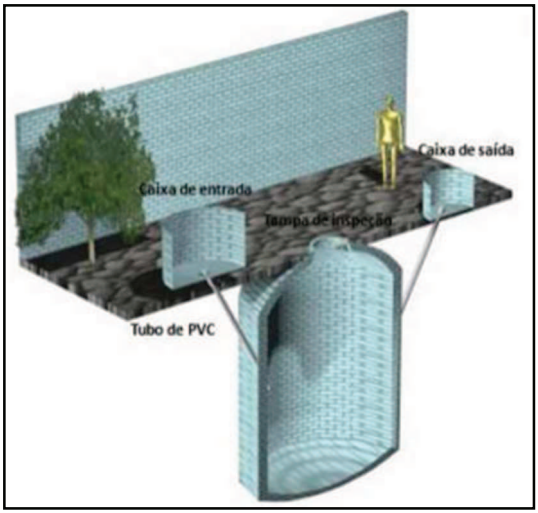
Os biodigestores são estruturas destinadas a conter a biomassa e seu produto, o biogás. O biodigestor não produz o biogás, mas

proporciona condições adequadas para que as bactérias metanogênicas atuem sobre a biomassa para produção desse combustível (MUHONGO, PREGO, VALENTIM; 2022). Existem dois modelos de biodigestores, contínuo e descontínuo (LEON *et al.*, 2021).

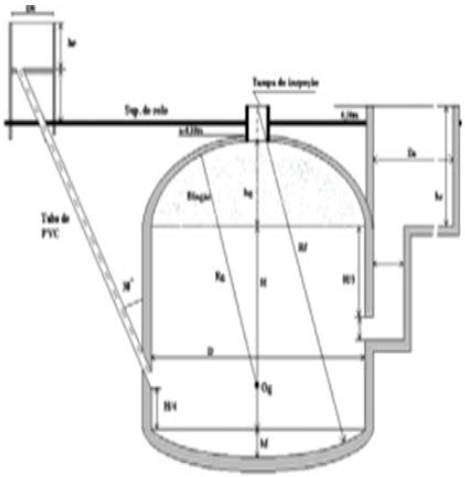
Os bidigestores contínuos se adaptam à maioria das biomassas; são abastecidos com cargas diárias ou periódicas e descarregam o biofertilizante de forma contínua. Enquanto os biodigestores descontínuos são específicos para biomassas de decomposição lenta; recebem a carga total, retendo-a até terminar o processo de biodigestão; ao término do processo, o biodigestor é totalmente esvaziado; e para novo processo, o biodigestor deve ser recarregado (LEON *et al.*, 2021). Os biodigestores mais utilizados são os contínuos como Chinês, Indiano e Lagoa Coberta (FREITAS et al., 2019).

O biodigestor modelo Chinês é mais simples e barato em relação ao biodigestor modelo indiano é voltado para as pequenas propriedades rurais. Esse biodigestor funciona de acordo com o princípio da prensa hidráulica e apresenta menor efetividade do processo de produção do biogás. No entanto, a biomassa fornecida a este modelo deve conter no máximo 8% de sólidos totais para facilitar a fermentação. A construção do biodigestor modelo chinês é considerada o obstáculo da tecnologia por requerer mão de obra qualificada. Visto que construído de forma inadequada pode causar contaminação do lençol freático se houver contato direto com o substrato (Figura 3) (FREITAS et al., 2019).

O biodigestor modelo indiano é de abastecimento contínuo, geralmente aplicado em propriedades pequenas que apresentam regularidade no fornecimento de dejetos. Pode ser construído em diversos tipos de solo, mesmo em ambientes com clima frio/temperado ou tropical. Neste modelo a fase de fermentação ocorre de forma mais rápida do que nos outros modelos de biodigestores, apresenta estabilidade da pressão de exaustão do biogás, devido à campânula flutuante, que por sua vez apresenta uma desvantagem de alto custo para o projeto. A concentração de sólidos totais dos dejetos adicionados neste biodigestor não deve ser superior a 8%, para evitar entupimentos na entrada e saída do biodigestor e facilitar a circulação da matéria orgânica. A água de lavagem de currais pode ser aproveitada, após a remoção de resíduos como pelos e ração que são carregados durante o manuseio da água (Figura 4) (FREITAS et al., 2019).



(a)

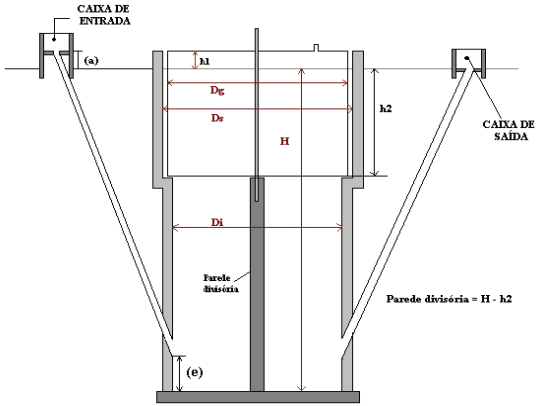


(b)

Figura 3 - (a) Vista tridimensional Biodigestor Chinês; (b) esquema do biodigestor modelo chinês.

Fonte: DEGANUTTI et. al, 2002.

(a)



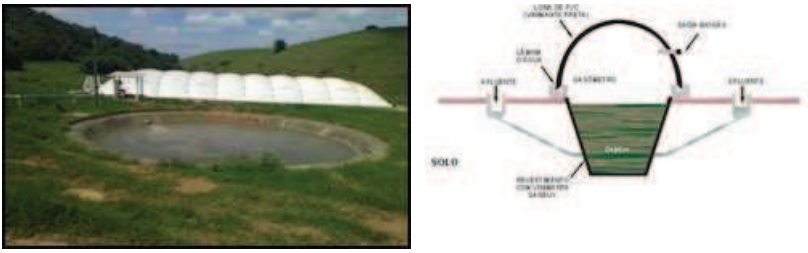
(b)

Figura 4 - (a) Foto do biodigestor modelo Indiano. Fonte: Elaborado pelo autor (2022). (b) Esquema do biodigestor modelo indiano.

Fonte: (DEGANUTTI et al., 2002).

O biodigestor modelo Lagoa Coberta é a tecnologia mais utilizada. É um biodigestor horizontal com caixa de carga em alvenaria e com a largura maior que a profundidade; apresenta uma área maior de exposição do sol, com grande espaço para produção de biogás; na qual o biogás pode ser enviado para um gasômetro separado. Como a

localização do biodigestor é de grande importância, uma vez que afeta o sucesso ou a falha do sistema ele deve estar pelo menos entre 30 e 50 metros de distância de qualquer fonte de água para evitar contaminações; estar localizado, preferencialmente, em área protegida de ventos frios e onde a temperatura permanece relativamente estável, tentando receber o máximo de energia solar (Figura 5) (FREITAS et al., 2019).



a b

Figura 5 - (a) Biodigestor modelo Lagoa Coberta. Fonte: Elaborado pelo autor (2022). (b) esquema do biodigestor lagoa coberta / modelo canadense.

Fonte: (DEGANUTTI et al., 2002).

Uma análise comparativa e econômica dos diferentes modelos de biodigestores deve ser realizada para determinar a melhor tecnologia para o projeto específico (FREITAS et al., 2019).

Conclusões

A busca por fontes alternativas para tratamento de resíduos e produção de energia demonstra o processo de BA com utilização dos dejetos bovinos como substrato uma opção economicamente viável. Pois os resíduos gerados pela pecuária são poluentes e questões sobre sustentabilidade são levantadas. Além do produto final do processo de BA apresentar potencialidade de uso como biofertilizante. Uma vez que a utilização do biofertilizante não traz efeito deletério ao solo a fertirrigação com este efluente é considerada uma alternativa de disposição final ambientalmente controlada, o que proporciona ao

produtor rural uma opção de manejo adequado dos resíduos produzidos e economia na produção agrícola.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas cotas de bolsa. Esta pesquisa foi financiada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Gado de Leite) '[número da concessão SEG-EMBRAPA 03.16.04.023.00.00]'; e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) '[Projeto: APQ-02872-18] e programa de bolsas; e pelo CNPq.

Literatura citada

ABBASI, T; TAUSEEF, S. M.; ABBASI, S. A. Anaerobic digestion for global warming control and energy generation - An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* v. 16, n. 5, p. 3228–3242, 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.046. Acesso em: 20 jun. 2023.

AFRIANTI, S. *et al.* Model combination of biodigester and composter. *Caspian Journal of Environmental Sciences* v. 21, n. 1, p. 151–159, 2023. DOI: 10.22124/cjes.2023.6206. Acesso em: 21 jun. 2023.

AKINDOLIRE, M. A.; RAMA, H.; ROOPNARAIN, A. Psychrophilic anaerobic digestion: A critical evaluation of microorganisms and enzymes to drive the process. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Oxford, v. 161, p. 112394, mar. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s12649-017-9849-5. Acesso em: 22 jun. 2023.

AZIZ, N. I. H. A.; HANAFIAH, M. M.; ALI, M. Y. M. Sustainable biogas production from agrowaste and effluents – A promising step for small-scale industry income. *Renewable Energy*, [s.l.], v. 132, p. 1–27, mar. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.149. Acesso em: 22 jun. 2023.

BIENIEK, A. *et al.* Application of biogas to supply the high compression ratio engine. *Combustion Engines* v. 179, n. 4, p. 40–46, 2019. DOI: 10.19206/CE-2019-406. Acesso em: 07 jun. 2023.

BÜCKER, F. *et al.* Fish waste: An efficient alternative to biogas and methane production in an anaerobic mono-digestion system. *Renewable Energy*, v. 147, p. 798–805, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.140. Acesso em: 22 jun. 2023.

CHEN, J. L. *et al.* Toxicants inhibiting anaerobic digestion: A review. *Biotechnology Advances*, v. 32, p. 1523–1534, 2014. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.01.057. Acesso em: 12 jun. 2023.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios. 2.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2010.

DE MENDONÇA, Henrique Vieira et al. Crescimento de cana-de-açúcar sob aplicação de biofertilizante da bovinocultura e ureia. *Revista em agronegócio e meio ambiente*, v. 9, n. 4, p. 973-987, 2016. *DOI:* https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n4p973-987. Acesso em: 12 jun. 2023.

DENAGUTTI, R.; PALHACI, P. J. C. M. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. *UNESP.* Bauru, SP. 2002.

DIVYA, D.; GOPINATH, L. R.; MERLIN CHRISTY, P. A. review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v. 42, p. 690–699, 2015. DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.055. Acesso em: 25 jun. 2023.

FLORES-MENDOZAA, A. P. *et al*. Methanogenesis of raw cheese whey: pH and substrate-inoculum ratio evaluation at mesophyll temperature range. *Chemical Technology and Biotechnology*, p. 1-26, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/jctb.6391. Acesso em: 22 jun. 2023.

FREITAS, F. F. et al. The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v. 101, n. June 2018, p. 146–157, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.007. Acesso em: 29 jun. 2023.

HUSSEIN, M. *et al*. Sustainable production of housefly (Musca domestica) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. *PLoS ONE*, São Francisco, v. 12, n. 2, p. e0171708, fev. 2017. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171708. Acesso em: 18 jun. 2023.

JURGUTIS, L. *et al.* Towards a full circular economy in biogas plants: Sustainable management of digestate for growing biomass feedstocks and use as biofertilizer. *Energies* v. 14, n. 14, p. 4272, 2021. DOI: *https://doi.org/10.3390/en14144272.* Acesso em: 18 jun. 2023.

KHANH NGUYEN, V. *et al.* Review on pretreatment techniques to improve anaerobic digestion of sewage sludge. *Fuel* v. 285, p. 119105, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119105. Acesso em: 18 jun. 2023.

NKUNA, R. *et al.* Insights into organic loading rates of anaerobic digestion for biogas production: a review. *Critical Reviews in Biotechnology* v. 42, n. 4, p. 487–507, 2022. DOI: https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1942778. Acesso em: 22 jun. 2023.

LEON, F. A. *et al.* Proposal for modelling and numerical simulation with scilab for learning the continuous and discontinuous dynamics of biological and anaerobic digesters. *Desalination and Water Treatment* v. 234, p. 15–21, 2021. DOI: 10.5004/dwt.2021.27535. Acesso em: 22 jun. 2023.

MACIEL, A. M *et al*. Aplicação de biofertilizante de bovinocultura leiteira em um planossolo. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 12, n. 1, p. 151-171, 2019. *DOI:* https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n1p151-171. Acesso em: 17 jun. 2023.

MUHONGO, V. R.; PREGO, G. J.; VALENTIM, A. F. Production of biogas and electric energy in the rural environment. *Environment. International*, v. 11, n. 4, p. 66-74, 2022. Doi: 10.11648/j.ijrse.20221104.11. Acesso em: 22 jun. 2023.

OTTONI, J. R. *et al*. Cultured and uncultured microbial community associated with biogas production in anaerobic digestion processes. *Archives of Microbiology*, Germania, v. 204, n. 340, mai. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s00203-022-02819-8. Acesso em: 22 jun. 2023.

PASALARI, H. *et al.* Perspectives on microbial community in anaerobic digestion with emphasis on environmental parameters: A systematic review. *Chemosphere*, [s.l.], v. 270, p. 128618, mai. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128618. Acesso em: 20 jun. 2023.

PRAMANIK, S. K. *et al.* The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints. *Bioresource Technology Reports*, v. 8, p. 100310, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100310. Acesso em: 26 jun. 2023.

WANG, C. *et al.* Responsiveness extracellular electron transfer (EET) enhancement of anaerobic digestion system during start-up and starvation recovery stages via magnetite addition. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 272, p. 162-170, jan. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.10.013. Acesso em: 22 jun. 2023.

A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DA FAUNA SILVESTRE PARA UMA AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

Maria Eduarda Souza Silva[1], Felippe Augusto Silva Frigo[1], Laura Pereira Mattoso[1], Thiago José Santana Ferreira[1], Renata de Souza Reis[2]

RESUMO - A importância da conservação da fauna silvestre para uma agropecuária sustentável é tema relevante nos dias atuais, à medida que a necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental se torna cada vez mais evidente. A fauna silvestre desempenha um papel crucial nos ecossistemas, contribuindo para a manutenção da biodiversidade, a polinização de plantas, o controle de pragas e a saúde dos ecossistemas. Uma agropecuária sustentável busca equilibrar a produção de alimentos com a conservação dos recursos naturais e a preservação da fauna silvestre. A integração de práticas sustentáveis na atividade agropecuária é fundamental para garantir a conservação da fauna e, por sua vez, promover a sustentabilidade a longo prazo. Ao preservar a fauna silvestre em áreas agrícolas epecuárias, os agricultores e pecuaristas podem se beneficiar de diversos serviços ecossistêmicos. Por exemplo, a presença de aves e morcegos pode auxiliar no controle natural de pragas agrícolas, reduzindo a necessidade de pesticidas. Da mesma forma, animais silvestres podem contribuir para a polinização de cultivos, aumentando a produtividade e a qualidade dosalimentos. A perda de espécies animais pode desencadear um desequilíbrio ecológico, afetandonão apenas a fauna, mas também a flora e a qualidade do solo. Para promover a conservação dafauna silvestre em uma agropecuária sustentável, é importante adotar práticas como a proteçãode áreas de mata nativa, a implementação de corredores ecológicos, a preservação de habitats ea adoção de técnicas de manejo adequadas. Sendo assim, o

[1] Estudante de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de São João del Rei

[2] Professora do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de São João del Rei

objetivo principal deste trabalho é embasar de maneira simples e objetiva a conscientização dos agricultores e pecuaristas sobre a importância da fauna silvestre, estabelecendo uma agropecuária sustentável, capaz de suprir asnecessidades alimentares da sociedade sem comprometer a saúde dos ecossistemas e a sobrevivência das espécies silvestres.

Palavras chave: agroecossistemas, animais, biodiversidade, conservação.

THE IMPORTANCE OF WILD FAUNA CONSERVATION FOR A SUSTAINABLE AGRICULTURE

ABSTRACT - The importance of wildlife conservation for sustainable agriculture is a relevant topicin today's world, as the need to reconcile economic development with environmental preservation becomes increasingly evident. Wildlife plays a crucial role in ecosystems, contributing to biodiversity maintenance, plant pollination, pest control, and ecosystem health.Sustainable agriculture seeks to balance food production with the conservation of natural resources and wildlife preservation. Integrating sustainable practices into agricultural activities is essential to ensure wildlife conservation and, in turn, promote long-term sustainability. By preserving wildlife in agricultural and livestock areas, farmers and ranchers can benefit from various ecosystem services. For example, the presence of birds and bats can assist in the naturalcontrol of agricultural pests, reducing the need for pesticides. Similarly, wild animals can contribute to crop pollination, increasing productivity and food quality. The loss of animal species can trigger an ecological imbalance, affecting not only fauna but also flora and soil quality. To promote wildlife conservation in sustainable agriculture, it is important to adopt practices such as protecting native forest areas, implementing ecological corridors, preserving habitats, and adopting appropriate management techniques. Therefore, the main objective of this work is to provide a simple and objective basis for raising awareness among farmers and ranchers about the importance of wildlife, establishing sustainable agriculture capable of meeting society's food needs without compromising ecosystem health and the survival of wildspecies.

Keywords: agroecosystems, animals, biodiversity, conservation.

Introdução

Ao longo da história, diferentes abordagens e perspectivas sobre a interação homem versus natureza surgiram, refletindo a evolução do pensamento e das práticas relacionadas entre a fauna silvestre e a agropecuária. No início da agropecuária, as comunidades humanas viviam em estreito contato com a natureza e dependiam diretamente da fauna silvestre para a sua subsistência. No entanto, com o avanço da agricultura e o crescimento populacional, houve uma intensificação da produção e uma maior pressão sobre os recursos naturais, resultando em perdas significativas de habitats naturais e de espécies animais.

A agropecuária é uma atividade vital para a segurança alimentar e o desenvolvimento socioeconômico global. No entanto, a expansão descontrolada das áreas agrícolas e a intensificação da produção têm levado à perda e fragmentação dos habitats naturais, ameaçando a sobrevivência de muitas espécies animais. É nesse contexto que a conservação da fauna silvestre se torna crucial, tanto para a manutenção dos serviços ecossistêmicos quanto para o próprio sucesso da atividade agropecuária.

A conservação da fauna silvestre desempenha papel crucial na promoção da agropecuáriasustentável, uma vez que a preservação da diversidade biológica é fundamental para a manutenção da produtividade e estabilidade dos ecossistemas agrícolas. A interação entre a fauna silvestre e a agropecuária pode trazer benefícios mútuos, desde que seja realizada de forma equilibrada e consciente. A busca por boas práticas agroecológicas, a criação de corredores ecológicos, a restauração de habitats naturais e a promoção da conectividade entre áreas agrícolas e áreas protegidas, são algumas das estratégias adotadas para conciliar a produção agropecuária com a conservação da fauna silvestre.

Diversos estudos científicos têm evidenciado a importância da presença e conservação da fauna silvestre para a agropecuária sustentável. Por exemplo, a presença de predadores naturaiscomo aves de rapina, cobras e insetos em áreas agrícolas pode auxiliar no controle de pragas, reduzindo a necessidade de pesticidas e promovendo um papel ecológico relevante em agroecossistemas, causando implicações

positivas para o manejo sustentável de pragas agrícolas (Letourneau et al., 2011; Pejchar, L et al., 2018). Além disso, a polinização realizada por insetos e aves silvestres é essencial para a reprodução de muitas plantas cultivadas, contribuindo para a produtividade e qualidade dos cultivos (Garibaldi et al., 2013).

A conservação da fauna silvestre em áreas agrícolas não se resume apenas aos benefícios diretos mencionados anteriormente. Ela também está intrinsecamente ligada à preservação da paisagem e dos processos ecológicos que sustentam a vida no campo. A manutenção de habitats naturais, como áreas de vegetação nativa, matas ciliares e corredores ecológicos, promove a conectividade entre diferentes áreas ecológicas, permitindo a movimentação de animais e a troca genética entre populações (Cunha, 2017). Isso é essencial para a resiliência dos ecossistemas agrícolas diante de mudanças ambientais e para a adaptação das espécies às pressões evolutivas.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo embasar de maneira simples o assuntopara promover a conscientização sobre a importância da conservação da fauna silvestre na agropecuária sustentável. Demonstrando que é viável adotar práticas sustentáveis, como o usoresponsável dos recursos naturais, a proteção de habitats e a implementação de medidas de mitigação de impactos. O objetivo final é estabelecer uma agropecuária sustentável, capaz de suprir as necessidades alimentares da sociedade sem comprometer a saúde dos ecossistemas e a sobrevivência das espécies silvestres.

Interação fauna silvestre e a agropecuária

Tendo em vista o alcance do objetivo, faz-se necessário recorrer à literatura teórica, empírica e estudos experimentais já realizados para assim, obter informações da importância dessa interação para a conservação de ambientes agroecológicos. É necessário ressaltar que a fauna silvestre desempenha papéis ecológicos fundamentais, como a polinização de plantas, a dispersão de sementes e o controle de pragas. No entanto, a expansão da agropecuária pode causar modificações nos habitats naturais, levando ao desmatamento e à fragmentação de ecossistemas, o que pode afetar negativamente as populações de animais silvestres.

Para minimizar os impactos negativos da interação entre fauna silvestre e agropecuária, é importante adotar práticas agrícolas sustentáveis que promovam a conservação da biodiversidade. Isso inclui o uso de técnicas de manejo do solo que reduzam a erosão, a implementação de sistemas agroflorestais que promovam a diversidade de habitats e o uso responsável de pesticidas e outras substâncias químicas.

Além disso, é fundamental promover a conscientização e a capacitação dos agricultores para que compreendam a importância da conservação da fauna silvestre e adotem práticas que conciliam a produção agrícola com a conservação da biodiversidade.

Estudos, como os apresentados a seguir, têm demonstrado que a presença de áreas agrícolaspode levar à diminuição da diversidade de espécies e à perda de habitat para animais silvestres.Por exemplo, a transformação de florestas em pastagens pode reduzir a abundância de aves e mamíferos, bem como afetar negativamente a migração de espécies que dependem de corredores ecológicos.

Um estudo publicado por Fischer et al. (2014) analisou a relação entre a expansão daagropecuária e a perda de habitat para a fauna silvestre em diferentes regiões do mundo. Osresultados indicaram que o desmatamento para dar lugar a pastagens e plantações tem sido um dos principais impulsionadores da perda de habitats naturais, resultando em impactos negativossignificativos sobre a fauna local. Além disso, a agropecuária também pode levar à predação de animais silvestres considerados como pragas ou competidores pelos agricultores. Isso ocorreespecialmente em cultivos de grande escala, onde é comum o uso de medidas de controle, comoarmadilhas e envenenamento, que podem ter efeitos diretos e indiretos na fauna silvestre local. No contexto específico da interação entre a fauna silvestre e a pecuária, uma pesquisa conduzida por Cohnstaedt et al. (2019) analisou os riscos de transmissão de doenças entre avida selvagem e o gado. Os resultados demonstraram que a proximidade entre animaisselvagens, como cervos e bovinos, pode aumentar o risco de transmissão de doenças, como a tuberculose bovina. Portanto, medidas de controle e monitoramento são necessárias paraminimizar esses riscos e garantir a saúde dos rebanhos e da fauna silvestre. Por outro lado,pesquisas mostram que a presença de certas espécies de animais silvestres pode trazer benefícios para a agropecuária. Karp et al. (2013) investigaram o papel

dos polinizadores na produtividade das lavouras. Os resultados mostraram que a presença de polinizadores, comoabelhas e borboletas, contribui para o aumento da produção de frutas e sementes em cultivos agrícolas. Esses polinizadores desempenham um papel crucial na transferência de pólen e na

promoção da reprodução das plantas.

Para minimizar os impactos negativos da interação entre fauna silvestre e agropecuária e promover uma agricultura mais sustentável, é crucial adotar práticas de manejo que conservema biodiversidade. Neste contexo, Garibaldi et al. (2013) enfatizam a importância de práticas agrícolas que favoreçam a manutenção de habitats naturais em paisagens agrícolas, como a implantação de sistemas agroflorestais e a criação de corredores ecológicos que facilitem a movimentação das espécies.

Conflito entre a fauna silvestre e humanos

A relação entre a fauna silvestre e os seres humanos é complexa e, muitas vezes, gera conflitos, especialmente em sistemas agropecuários. O crescimento da agricultura e pecuária tem levado à perda e fragmentação de habitats naturais, resultando em maior proximidade entreanimais selvagens e áreas de cultivo (FAO, 2011). A expansão da agropecuária tem contribuídopara a perda e fragmentação de habitats naturais em diferentes regiões do mundo.

A falta de áreas contínuas e adequadas para a sobrevivência da fauna silvestre resulta no aumento da ocorrência de encontros indesejados entre animais selvagens e atividades agrícolas, causando prejuízos econômicos para os agricultores (FAO, 2011). Essa interação indesejada traz consequências econômicas significativas para os agricultores, que enfrentam prejuízos causados pela predação de animais em suas plantações, bem como pela transmissão de doenças entre a fauna silvestre e animais domésticos (Ribeiro et al., 2018).

Tendo isso em vista, a coexistência harmoniosa entre a fauna silvestre e os seres humanos é uma questão fundamental para a conservação da biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas. No entanto, esse relacionamento muitas vezes pode resultar em conflitos,

especialmente em áreas agrícolas, onde a fauna pode causar danos às culturas.

Para encontrar soluções que promovam a coexistência harmoniosa entre a agropecuária ea vida selvagem, é necessário explorar estratégias que minimizem os conflitos e maximizem os benefícios mútuos. Um estudo realizado por Mateus (2013) aborda sobre a importância da coexistência entre a fauna silvestre e humanos para promover a conservação e tambémapresenta técnicas como por exemplo o uso de dispositivos sonoros e visuais que podem afastaros animais das plantações de forma segura. Por fim, é essencial incentivar o diálogo e a colaboração entre produtores rurais e conservacionistas, a fim de encontrar soluções conjuntas que equilibrem os interesses da agropecuária e a conservação da fauna silvestre.

Impactos humanos ao ambiente

Diante da necessidade advinda do crescimento populacional, foi necessário novas áreas para a agricultura e pecuária. O ser humano, utilizando diversos métodos de manejo, retirou substancial parte da cobertura vegetal nativa, modificando, em alguns casos permanentementeo meio ambiente natural que outrora era o habitat de diversos animais silvestres. A antropizaçãocriou evidente divisão entre os espaços de mata nativa resquicial e as áreas de uso humano. Nestas matas, os animais teriam o espaço para desempenhar suas funções ecológicas, ao menos no espaço delimitado, participando da cadeia alimentar e outras interações que a natureza estabeleceu ao longo do tempo (Nassaro, 2013).

Além do desmate de áreas para uso agrícola, as utilizações de agentes químicos nas culturas têm contribuído para a diminuição e até desaparecimento de espécies da fauna nativa nas regiões fronteiriças das plantações. Um exemplo é o glifosato que tem o potencial de contaminar a água e o solo, trazendo prejuízos para o ecossistema, sendo considerado um dos maiores problemas associados às práticas agrícolas (Deknock et al., 2018).

Em estudo realizado por Campelo (2022), foi detectado em amostras de água e solo o glifosato acima do valor máximo permitido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente(CONAMA), indicando status de contaminação decorrente de atividade agrícola, presumindo

que é devido ao uso excessivo e consequentemente de uma má gestão ambiental das produções agrícolas da região. A ineficiência da drenagem das áreas produtivas leva o carreamento de insumos e outras substâncias, contaminando os mananciais.

Segundo Lima, Soares e Sizenando (2011), a utilização do fogo na agricultura, principalmente a canavieira, é uma questão cultural, sendo relatada desde os primórdios da colonização da região nordeste do Brasil. Esta prática provoca o uso em maior quantidade de herbicidas e agrotóxicos, para o controle de plantas invasoras e de pragas, provocando o descontrole e exigindo a utilização cada vez maior de agrotóxicos. Em relação à fauna, é o quantitativo de animais que são dizimados pelo fogo, pela alta temperatura ou por asfixia, impactando em grande parte sobre outros integrantes da fauna, como insetos, pequenos roedorese pássaros, que ao serem completamente incinerados, não deixam vestígios para que pudéssemos saber o real impacto.

Considerações Finais

A conservação da fauna silvestre é essencial para uma agropecuária sustentável. Ao preservar a biodiversidade e promover o equilíbrio dos ecossistemas, garantimos a produtividade agrícola e pecuária a longo prazo, além de proteger os recursos naturais e promover a segurança alimentar. É crucial adotar práticas agrícolas sustentáveis, preservar áreas naturais e promover a conscientização entre os produtores. Investir na conservação da fauna silvestre é um passo fundamental para um futuro mais sustentável e garantir a saúde do nosso planeta. Somente assim, preservando-se a biodiversidade e seu nível de representatividade nas áreas verdes e cinzas, será possível usufruir todos os benefícios que a fauna pode trazer.

Literatura citada

CAMPELO, L. de O. et al. *O impacto ambiental da atividade agrícola na Reserva Biológicado Mato Grande – RS.* Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 27, n. 3, p. 633–641, maio 2022.

CUNHA, F.A. *Efeitos de impactos ambientais na mastofauna de áreas protegidas em ambiente antropizado*. Tese de Doutorado. Universidade dos Açores - Portugal. 2016.

DEKNOCK, A., NIELS, D.T., HOUBRAKEN, M. et al. *Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador).* Science ofThe Total Environment, v. 646, p. 996-1008, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Wildlife in a changing climate:impacts of climate change on wildlife and people's livelihoods*. FAO, Rome. 2011.

GARIBALDI, L.A., STEFFAN-DEWENTER, I., WINFREE, R. et al. *Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance*. Science, 339(6127), 1608-1611. 2013.

LETOURNEAU, D.K., JEDLICKA, J.A., BOTHWELL, S.G. et al. *Effects of natural enemybiodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems.* AnnualReview of Ecology, Evolution, and Systematics, 42, 123-14. 2011.

LIMA, L.C.; SOARES, M. F. T.; SIZENANDO, E.C.N. *As queimadas realizadas no setor sucroalcooleiro na região de Campos dos Goytacazes e os impactos no solo e na fauna local.* II Seminário sobre Ecotoxicologia Aquática - Rio de Janeiro. Resumo - 2011.

MATEUS, M.B. *Relação entre fauna silvestre e produtores rurais: estudos de casos em milho (Zea mays L.) e goiaba (Psidium guajava L.) na Zona da Mata de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado – UFV. Viçosa. 2013.

NASSARO, A.L.F. *Animais Silvestres e o propósito de estimação.* Monografia. Faculdade Integradas de Guarulhos - 2001. Edição revisada - 2013.

PEJCHAR, L., CLOUGH, Y., EKROOS, J. et al. (2018). *Net effects of birds in agroecosystems*. *BioScience*, *68*(11), 896-904. 2018.

RIBEIRO, R. O., SILVEIRA, L. M., FALCÃO, F. C. *Wildlife–agriculture conflicts in Brazil:Challenges and potential solutions*. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 31(3),287-307. 2018.

PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA AGROPECUÁRIA COM REÚSO DE EFLUENTES, PARA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR DAS FAMÍLIAS

Lucas Cardoso Lima, Ronaldo Fia, Mateus Pimentel de Matos,
Fátima *Resende Luiz Fia*

Introdução

O crescimento absoluto da população mundial nos três últimos séculos, é resultado direto na mudança do comportamento do cotidiano dos grupos sociais. A partir das transformações nas áreas urbanas, com as Revoluções Industriais iniciadas no século XVIII, foram observadas melhorias nos indicadores sociais, como a redução da taxa de mortalidade, advinda do avanço da medicina e nas condições de saneamento básico no primeiro momento, garantindo assim, uma taxa de crescimento vegetativo (Taxa de Natalidade – Taxa de Mortalidade) elevada.

Essa redução da taxa de mortalidade não foi de forma homogênea. Observada, inicialmente, nos países desenvolvidos no final do século XIX e em países subdesenvolvidos apenas na metade do século XX. Fontana et al. (2015) salientam que em alguns países africanos (por exemplo, Serra Leoa, Nigéria, Quênia) e em e em alguns asiáticos (Laos, Nepal, Bangladesh), ainda é observada uma elevada taxa de crescimento vegetativo, devido, principalmente, aos atrasos socioeconômicos advindos da ausência de políticas públicas.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2023), a Terra alcançou em novembro de 2022 a marca de 8 bilhões de pessoas, ainda segundo a Organização, a população pode crescer para 8,5 bilhões só em 2023 e 9,7 bilhões em 2050. Há ainda a previsão de a população estabilizar em 10,4 bilhões de pessoas em 2080,

permanecendo desta forma até o ano de 2100. Com a população crescente até o final deste século, a pressão sobre a exploração dos recursos naturais tende a crescer, incluindo a produção de alimentos.

No Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a população brasileira ultrapassou os 215 milhões de pessoas em 2023, onde o país irá atingir seu pico populacional de 235,49 milhões de habitantes em 2043, quando entraria em queda acentuada, até chegar a 164,75 milhões de brasileiros em 2100.

Com o a previsão de aumento populacional até o final deste século, foi observado o surgimento de teorias demográficas que alertam para a falta de alimentos. Nesse sentido, o britânico Thomas Malthus na sua teoria "Ensaio Sobre a População" de 1798 teve grande repercussão, pois defendia que, mediante o crescimento acelerado da população mundial, haveria um problema de escassez de alimentos, visto que a perspectiva do crescimento da oferta de alimentos era inferior ao que se previa para população. Contudo, Malthus não levou em consideração a evolução cientifica e as técnicas de produção de alimentos nos anos subsequentes, demonstrando o grande avanço na produção de alimentos.

Apesar de todo avanço nos meios de produção de alimentos, observou-se nas últimas décadas um aumento significativo no número de pessoas sem alimento ou em insegurança alimentar no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento (FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO, 2022).

Desde o início das Revoluções Industriais, foram observados grandes avanços científicos em diferentes campos dos saberes, onde as transformações trouxeram diversos pontos positivos como meios de transportes, informacionais, de produção, engenharias entre outras áreas. Contudo, não se deve deixar de observar as modificações negativas no meio, desde a agressão aos recursos naturais, advindos da teoria fundamental do capitalismo, aos problemas sociais, destacando nesse sentido o maior dos desafios da atualidade, o combate à fome.

Sabendo que desde o relatório do grupo de Roma de 1968, as conferências de Estocolmo 1972, Rio-92 até o presente Tratado de Paris, o homem vem buscando mecanismos para conciliar o desenvolvimento econômico, social e ecológico, chegando ao conceito de desenvolvimento sustentável, de acordo com o relatório Brundtland

de 1987. Nesse sentido a agricultura também vem desenvolvendo mecanismos para aumentar a produção de alimentos diretamente para consumo humano ou para atender a pecuária.

Considerando todos esses mecanismos de desenvolvimento e ao mesmo tempo degradante ao planeta, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), pautados em 17 objetivos a serem alcançados até 2030, onde governos, empresas privadas e a população são convocados a fazerem parte desse esforço em prol do desenvolvimento sustentável do planeta.

Produção de alimentos

Desde os primórdios, quando o homem passa de nômade para sedentário, observou-se o desenvolvimento de várias técnicas para a reprodução e produção de animais e alimentos, e de acordo com os desafios impostos no cotidiano, houve o aumento em relação às demandas do ser humano. A grande revolução no modo de produzir ficou conhecida como a Revolução Verde, e de acordo com Matos (2010) esse processo foi um conjunto de medidas e promoção de técnicas baseado na introdução de melhorias genéticas nas plantas e na evolução dos aparatos de produção agrícola para ampliar, sobretudo, a produção de alimentos.

Scolari (2006) ao analisar a evolução mundial da produção e da demanda de alimentos, madeira e fibras e as possibilidades do Brasil , observa a produção em relação a área plantada e a produtividade média, onde é possível constatar que na década de 1960 a produção de cereais foi de 1,019 bilhões de toneladas, em uma área colhida de 682,92 milhões de hectares, com uma produtividade média de 1.493 kg ha^{-1}, enquanto nos anos 2000 a produção chegava a 2.219,4 bilhões de toneladas, em uma área colhida de 681,7 milhões de hectares e produtividade de 3.255 kg ha^{1}. A Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, estimou que a safra 2022/2023 de grãos no Brasil será de 312,5 milhões de toneladas em 77 milhões de hectares, com produtividade superior a 4.000 kg ha^{-1}, o que demonstra a evolução e a capacidade do ser humano de usar as técnicas corretas para aumentar a produtividade de alimentos (CONAB, 2023).

Contudo, esse aumento produtivo não reflete diretamente a redução da fome. Castro (2003, 2006), Silva et al. (2006), Tomazini et al. (2016) e Lee (2023) descrevem que esse fenômeno não é uma questão da restrição do alimento, mas por questões de políticas públicas ineficientes, em que uma parcela considerável da sociedade tem dificuldades de acesso aos alimentos básicos necessários à sua sobrevivência.

Fome

Dentre as ODS implementadas pela ONU, o objetivo 2 "Fome zero e agricultura sustentável", pretende acabar com a fome, atingir a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável. Vale salientar que os conceitos, apesar de estarem relacionados, possuem definições distintas. Para Monteiro (2003) é importante diferenciar fome momentânea de fome crônica, onde segundo o autor a fome momentânea é aquela que se sente após um tempo relativamente curto de privação alimentar, enquanto a fome crônica, permanente, a ocorre quando a alimentação diária, habitual, não propicia ao indivíduo energia suficiente para a manutenção do seu organismo e para o desempenho de suas atividades cotidianas.

Por sua vez, a desnutrição de acordo com o Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) corresponde a uma doença de natureza clínico-social multifatorial, cujas raízes se encontram na pobreza e ocorre a deficiência nutricional decorrente da carência de nutrientes fundamentais para o funcionamento adequado do organismo. Enquanto a pobreza pode-se dizer que corresponde à condição de não satisfação de necessidades humanas elementares como comida, abrigo, vestuário, educação, assistência à saúde, entre várias outras.

De acordo com a relatório Estado da Segurança Alimentar e Nutrição no Mundo, publicado pela ONU (2022), é apontado que o número de pessoas afetadas pela fome em todo o mundo subiu para 828 milhões em 2021, uma alta de cerca de 46 milhões desde 2020 e 150 milhões desde o início da pandemia de Covid-19. E cerca de 2,3 bilhões de pessoas estavam em insegurança alimentar moderada ou grave.

No Brasil, em 2022, de acordo com o Segundo Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar, o país apresentou aproximadamente 33 milhões de pessoas que não têm garantido o que

comer, enquadradas em situação de fome. Enquanto, mais da metade da população brasileira convive com a insegurança alimentar em algum grau: leve, moderado ou grave, correspondendo a aproximadamente 120 milhões de brasileiros. O Brasil havia saído do Mapa da Fome da Organização das Nações Unidas em 2014, por meio de estratégias de segurança alimentar e nutricional aplicadas desde meados da década de 1990, como programa Fome Zero. Mas voltou a figurar no cenário a partir de 2015, obtendo um especial agravamento ao longo da pandemia de Covid-19 (Agência Senado, 2022).

Ao serem analisados os dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), observa-se que o aumento da fome e insegurança alimentar no Brasil, não condiz com o aumento da produção de grãos verificada nas últimas décadas no país. A produção de trigo, arroz e milho desde a década de 1970 até os dias atuais aumentou na em torno de 346, 317 e 270%, respectivamente (Embrapa, 2018). Corroborando assim com trabalhos nos quais são relatados que o problema atual do Brasil e do mundo é a falta de políticas públicas para a redistribuição igualitária de alimentos (LEE, 2023).

Como mencionado anteriormente, no Brasil programas sociais nos últimos cinquenta anos, ajudou a mudar um pouco o cenário da fome no país, onde políticas públicas bem executadas como Bolsa Família que unificou programas como Bolsa Escola e Bolsa alimentação, reduziu a extrema pobreza no território nacional, retirando assim, o país do mapa da fome mundial. Vale destacar que não apenas programas como os citados devem fazer parte das políticas públicas, mas ações que resultem em maior crescimento econômico com melhor distribuição de renda e que levem à reativação da economia, à criação de empregos e ao aprofundamento da reforma agrária são vistas como soluções consensuais para o aumento da renda dos mais pobres e automaticamente a redução da fome.

Ainda, a utilização de tecnologias que visem a preservação ambiental e a ampliação da produção em pequena escala, principalmente com redução dos custos de produção e adaptação às mudanças do clima podem aumentar a disponibilidade de alimentos para muitos grupos populacionais em condição de insegurança alimentar (WFO, 2023; FAO, 2023). Neste contexto, o reúso de água e a utilização de resíduos orgânicos na agricultura torna-se uma alternativa importante a ser considerada.

Práticas sustentáveis na agropecuária

A agropecuária mundial desde as Revoluções Industriais vem aumentando sua capacidade de produção ao longo dos anos, principalmente, após a Revolução Verde. De acordo com o IPEA (2023), o setor do agronegócio é o maior negócio do Brasil, com posição de destaque no cenário nacional e internacional. Este setor é responsável por 37% dos empregos no país, 30% do produto interno bruto, 36% das exportações.

A taxa de crescimento do agronegócio brasileiro e sua posição no cenário mundial têm despertado a atenção de vários países desenvolvidos. Observa-se na última década, principalmente, o aumento da preocupação com o meio ambiente e a origem da produção de alimentos, em que a atividade produtiva deve basear-se numa produção sustentável. Diante disso, é de extrema importância o apoio e incentivos para que pequenos e grandes produtores rurais comecem a trabalhar com a utilização de técnicas sustentáveis para a proteção e conservação do meio ambiente.

De acordo com a FAO (2006) dentro da pecuária, a bovinocultura é a prática que mais contribui para a degradação do meio ambiente, devido ao grande número de animais e ao baixo grau de intensificação em algumas regiões do planeta. Enquanto, a erosão, salinização e compactação do solo, são os grandes desafios para a agricultura.

Diante desse cenário, algumas práticas sustentáveis tornam-se importantes de serem seguidas para um melhor desenvolvimento da atividade da agropecuária no Brasil e no mundo, na qual o objetivo é conciliar toda potencialidade do setor com a redução de impactos ambientais.

Algumas práticas na pecuária vêm demonstrando grandes avanços nos últimos anos no mundo e principalmente no Brasil. Destaca-se a pecuária de precisão como auxílio da automatização e modelos como o ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta). Desenvolvido pela Embrapa, o sistema envolve a produção de carne e leite na mesma área que ocorre a produção de grãos, fibras, madeira e energia, dentre outros. O ILPF se torna uma alternativa realista em áreas

onde a agricultura comercial de grande escala já está consolidada (GIL; SIEBOLD; BERGER, 2015).

Na agricultura pode-se ressaltar algumas práticas visando sanar problemas já mencionados anteriormente, a fim de proteger o solo e assim garantir uma produção satisfatória ao longo do tempo. Podem ser adotadas soluções com rotação de cultura, adubação verde, plantio em curva de nível e o Sistema Plantio Direto (SPD), sendo este o método mais conservacionista de trabalhar a terra para fins agropecuários. Caracteriza-se pela busca incessante da rentabilidade do sistema agrícola produtivo por meio da máxima expressão dos potenciais genético, edáfico e ambiental. De acordo com a Embrapa (2022) a adoção deste sistema de manejo propicia a melhoria da qualidade de solo, água e ar, aumentando e estabilizando a renda da agricultura e da pecuária.

Outra alternativa sustentável para as práticas agropecuárias visando todo o processo de sustentabilidade é referente ao uso da água. O aumento da população mundial e a demanda por alimentos, acarretará um aumento significativo no uso da água nas práticas agrícolas. Christofidis (2013) salienta que a FAO estimou um aumento de 11% na demanda de água pela agricultura irrigada no período entre 2008 e 2050. Congrove e Cosgrove (2012) preveem a elevação de 5% na necessidade de recursos hídricos no período.

Sabendo que os três principais usos consuntivos da água são: humano/nas moradias (consumo doméstico domiciliar), produção industrial e produção agrícola, sendo a produção agrícola responsável pela maior demando do recurso, faz-se necessário alternativas visando as práticas sustentáveis.

Reuso de efluentes para práticas agrícolas

O Consumo de água nas suas mais diversas formas na cadeira produtiva sempre foi objeto de estudo. De acordo com o relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil 2021, publicado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022), no Brasil, a irrigação responde pela retirada de aproximadamente 50% de toda a água dos mananciais. Por sua vez, de acordo com a OMS (2013) a agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo global de

água. Ainda de acordo com a ANA (2022), nas últimas duas décadas, esse tipo de uso saltou de 640 para 965 $m^3 s^{-1}$, e ainda tem potencial de crescer, dado o avanço do agronegócio no Brasil.

Apesar de a água utilizada na agricultura retornar ao ambiente, e muitas vezes, sem alteração de qualidade, a grande demanda implica em redução da disponibilidade hídrica de uma região para os demais usos ali instalados. Assim, observa-se a necessidade de ações de planejamento para que os usos se desenvolvam com segurança hídrica, evitando crises hídricas e proporcionando os usos múltiplos da água. Dentre as ações que visam a maior disponibilidade hídrica de uma região destaca-se o reúso da água.

A definição de reuso da água pode ser compreendido, segundo a Resolução CNRH nº 54, como a utilização de água residuária tratada ao não, dependendo do uso a ser empregado (BRASIL, 2005). Pinto et al. (2014) e Moura et al. (2020) relatam que a utilização segura da água de reúso possibilita que a oferta de água potável seja destinada para fins essenciais, e a de água de reúso, para outros fins, tais como atividades agrícolas, irrigação paisagística e limpeza urbana, que demandam por água de menor qualidade.

Visando o reúso nas atividades agrícolas, a agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2012) cita que dentre os benefícios é possível incluir a melhora da produção agrícola; a redução no consumo de energia associada à produção, tratamento e distribuição de água; e os benefícios ambientais significativos.

De acordo com a CETESB (2012), as formas de reúso das águas, podem ocorrer de forma direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não, podendo ser classificada como: reúso indireto não planejado da água; reúso direto planejado das águas; reúso indireto planejado da água e reciclagem de água.

Normalmente, quando se capta água de um manancial superficial para fins de irrigação agrícola, está se praticando um reúso indireto não planejado da água, tendo em vista os despejos de efluentes, tratados ou não, que podem estar sendo dispostos no curso d'água à montante do ponto de captação.

O reúso de águas e nutrientes, provenientes dos efluentes tratados, na agricultura é uma técnica atrativa que está enquadrada como reúso direto planejado das águas. Esse efluente possui nutrientes importantes

para o desenvolvimento das plantas, como o nitrogênio, fósforo, potássio entre outro, o que reduziria o uso de fertilizantes na produção agrícola, reduzindo assim custos de produção analisando o fator econômico.

Apesar do Brasil ainda não utilizar o reúso de efluentes em larga escala, essa prática é aplicada desde as antigas civilizações. Países como Israel, Índia e México já fazem o uso de águas residuárias com ou sem tratamento em larga escala e a muitos anos (BENETTI, 2006; LANDES, 1999; LASSO; RAMÍRES, 2011; OLIVEIRA, 2019).

A Cidade do México tem cerca de 9,2 milhões de habitantes (aproximadamente 20 milhões de habitantes na região metropolitana), sendo uma das maiores cidades e regiões metropolitanas do mundo, e seus esgotos são destinados ao Vale do Mezquital, um exemplo único de uso de efluentes líquidos no solo devido ao seu tamanho (90.000 ha) e temporalidade (ocorre a mais de 100 anos). Os 52 m^3 s^{-1} de efluentes são um recurso valioso na região semiárida a 80 km ao norte da Cidade do México e sua reutilização permite a produção de culturas forrageiras e milho, com rendimento de grãos e de forragens acima das médias de outras lavouras do país (SIEBE et al., 2016).

O reúso de água na agricultura brasileira ainda é pouco explorado. E alguns fatores contribuem para isso. O Brasil ainda tem, relativamente, uma grande disponibilidade de água, com poucas regiões agrícolas com menor disponibilidade hídrica. Outro fator é o incentivo que ainda é pequeno ou inexistente, seja financeiramente ou por meio de normativas que começaram a tratar do tema mais recentemente de forma específica.

Com exceção da vinhaça, cuja disposição no solo é tratada desde 2006 em São Paulo pela Norma técnica P4.231 (SÃO PAULO, 2006) e em Minas Gerais no ano de 2013 pela Deliberação Normativa COPAM n°184 (MINAS GERAIS, 2013), somente recentemente o Conselho Nacional de Meio Ambiente lançou a Resolução n°503 que define critérios e procedimentos para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias (BRASIL, 2021). Mesmo assim, apenas para algumas atividades agroindustriais. Em Minas Gerais a especificidade normativa ocorreu pela publicação da Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos n°65, que estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o

reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados (MINAS GERAIS, 2021).

Apesar da pouca utilização do reúso de efluente em larga escala no Brasil, várias pesquisas nos últimos anos vem sendo desenvolvidas para o reúso de efluentes na produção de alimentos como milho (MALAFAIA et al., 2015; 2016; PIOR et al., 2015; COSTA et al., 2014); café (MELO et al., 2018; RIBEIRO et al., 2009); soja (OLIVEIRA et al., 2021; CAOVILLA et al., 2010); feijão (MELO et al., 2020; SOUZA et al., 2015); algodão (OLIVEIRA et al., 2021); banana (Sandri e Rosa, 2017), entre outros alimentos. Em todas as pesquisas é observado as vantagens na utilização do reúso de efluentes na produção agrícola, reduzindo a demanda de água e nutrientes durante o processo.

Além da produção de alimentos diretamente pelo reúso de efluentes, podemos destacar a utilização desse recurso na pecuária, tendo em vista a sua aplicação na produção de forrageiras. A utilização de forma segura, permite maior distanciamento entre o efluente tratado, uma água de menor qualidade, e o consumidor final, o homem. Assim, se ainda existe grande rejeição por parte da população com a ideia de produzir alimento com esgoto tratado, a produção de proteína animal torna-se vantagem com inúmeras possibilidades de utilização após etapas de processamento industrial.

Destaca-se algumas pesquisas com a produção de forrageiras em sistemas de tratamento de efluentes: Fia et al. (2010; 2011) utilizando águas residuárias do processamento dos frutos de café; Fia et al. (2017), Amorim et al. (2015) e Oliveira et al. (2021) pesquisando água provenientes da suinocultura; Fia et al. (2011), Saraiva et al. (2013), Oliveira et al. (2017) e Lima (2019) utilizando efluentes domésticos obtiveram grande desempenho na produção de forrageiras.

Considerações finais

A água, apesar de sua importância para a sobrevivência dos seres vivos, é um recurso cada vez mais escasso, seja pelo crescimento da população e das atividades econômicas. Com isso, os efluentes tratados, mas ainda com elevadas concentrações de nutrientes,

representam um recurso valioso que pode ser aproveitado na agricultura e, consequentemente, na pecuária.

Em pequena escala o reúso de efluentes pode proporcionar a produção de alimentos em regiões onde a disponibilidade hídrica é pequena, e promover a redução da fome, situação que atinge milhões de pessoas em toda a Terra.

Além disso, o reúso de água é um importante instrumento de gestão racional dos recursos hídricos, no que diz respeito ao reúso de água para fins de agricultura irrigada, que exerce forte pressão sobre a disponibilidade hídrica em diferentes regiões do Brasil e do mundo.

Desse modo, a difusão de informações relacionada ao reúso de efluentes, seu potencial e os riscos associados, são fundamentais para um desenvolvimento sustentável.

Referências bibliográficas

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2022.

Agência Senado Federal, Retorno do Brasil ao Mapa da Fome da ONU preocupa senadores e estudiosos. 2022.

AMORIM, F.; FIA, R.; FRANÇA, F. A.; TERRA, L. M.; FIA, F. R. L. Capim-Tifton 85 Cultivado em Sistema Alagado Construído com Elevadas Taxas de Aplicação. *Engenharia na Agricultura*, v. 23, p. 241-250, 2015.

BENETTI, A. D. Reúso de águas residuárias na agricultura: cenário atual e desafios a serem enfrentados. In: II Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, 2006, Passo Fundo, RS.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Coordenação-Geral de Alimentação e Nutrição. Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional. Módulo gerador de relatórios do SISVAN Web. Estado Nutricional dos Indivíduos Acompanhados. 2011

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005 - Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direito não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília – DF. 2005.

BRUNDTLAND, G. H. et al. *Our common future; by world commission on environment and development*. Oxford: Oxford University Press. Acesso em: 22 mar. 2023. 1987

CAOVILLA, F.A. et al. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande/PB, v.14, n.7, p.692–697, 2010.

CASTRO, A. M. de. *Fome: um tema proibido, últimos escritos de Josué de Castro*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.

CASTRO, A. M. *Geografia da Fome – O dilema brasileiro: pão ou aço*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Reúso de Água. 2012

CETESB. VINHAÇA – CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO NO SOLO AGRÍCOLA. 2006

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. *Revista Política Agrícola*, ano XXII, n.115 1, Jan./Fev./Mar. 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Produção de grãos está estimada em 312,5 milhões de toneladas na safra 2022/23*. Abril de 2023.

CONGROVE, C. E.; COSGROVE, W. J. (Org.). *The dynamics of global water futures: driving Forces 2011 - 2050*. Paris: Unesco (Global water futures 2050, 02), 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 503, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2021.

DELIBERAÇÃO NORMATIVA CERH-MG Nº 65, DE 18 DE JUNHO DE 2020.

DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM nº 184, de 13 de junho de 2013.

EMBRAPA. *Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira*. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema plantio direto*. 2022.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP e WHO. The state of food security and nutrition in the world 2022. *Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. Rome: FAO, 2022. https://doi.org/10.4060/cc0639en

FIA, R.; MATOS, A. T.; QUEIROZ, M. E. L. R.; CECON, P. R.; FIA, F. R. L. Desempenho de sistemas alagados no tratamento de águas residuárias do 150 processamento dos frutos do cafeeiro. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.14, n.12, p.1323–1329, 2010.

FIA, F. R. L.; MATOS, A. T.; FIA, R.; LAMBERT, T. F.; MATOS, M. P. *Remoção de nutrientes por Typha latifolia e Cynodon spp. cultivadas em sistemas alagados construídos/Nutrients removal by Typha latifolia and Cynodon spp. grown in constructed wetlands*; Taubaté, v.6, Ed. 1, 2011.

FIA, F. R. L.; MATOS, A. T.; FIA, R.; BORGES, A. C.; CECON, P. R. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias da suinocultura. *Eng Sanit Ambient, v.*22, n.2, p.303-311, mar/abr, 2017.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Livestosck's long shadow: environmental issues and options*. Net Rome, 2006

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. The state of food security and nutrition in the world 2021. *Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all.* Rome: FAO, 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Fome e insegurança alimentar*. Acessada em maio, 2023. https://www.fao.org/hunger/en/

FONTANA, R. L. M.; COSTA, S. S.; SILVA, J. A. B.; RODRIGUES, A. J. Teorias demográficas e o crescimento populacional no mundo. *Ciências Humanas e Sociais Unit,* Aracaju, v.2, n.3, p.113-124, março 2015.

GIL, J.; SIEBOLD, M.; BERGER, T. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* [S. l.], v. 199, p. 394–406, 2015.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Brasil em desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas públicas.* Brasília: Ipea, 2023.

International Database: World population estimates and projections. www.census.gov/programs-surveys/international-programs/about/idb.html. Acesso 22/03/2023

LANDES, D. S. *The wealth and poverty of nations: Why some are so rich and some so poor*. New York: Norton, 1999.

LASSO, J.; RAMÍREZ, J. L. *Perspectivas generales del efecto del reúso de aguas residuales para riego en cultivos para la producción de biocombustibles en Colombia*. El Hombre y la Máquina. 2011.

LEE, C. *Por que cultivar mais alimentos não é uma solução para a fome mundial*. 24 de maio de 2022.

MALAFAIA, G. et al. Crescimento de plantas de milho em solo acrescido de vermicompostos de lodo de curtume e irrigado com água residuária de esgoto doméstico. Revista Ambiente & Água. *An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v.10, n.4, p.847- 862. 2015,

MALAFAIA, G. et al. Teor de nutrientes em folhas de milho fertilizado com vermicomposto de lodo de curtume e irrigado com água residuária doméstica. Revista Ambiente & Água. *An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v.11, n.4, p.799-809, 2016.

MALTHUS, T. *Ensaio sobre a população*. São Paulo: Abril Cultural, 1982 (1798).

Matos, A. K. V. Revolução verde, biotecnologia e tecnologias alternativas. *Cadernos da FUCAMP*, v.10, n.12, p.1-17/2010

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; PEREIRA, O. G. Desempenho agronômico de capim Napier (*Pennisetum purpureum)* cultivado em sistemas alagados construídos. *Engenharia Na Agricultura*, v. 19, n. 5, p. 469-477, 2011.

MELO, A. C. P. et al. Utilização de água residuária do processo pós-colheita do café na produção de mudas de cafeeiro. *IRRIGA*, Botucatu, v.16, n.4, p. 413-423, 2018. DOI: 10.15809/irriga.2011v16n4p413.

MONTEIRO, C. A. *"A dimensão da pobreza, da fome e da desnutrição no Brasil"*. São Paulo, Estudos Avançados, v.17, 2003.

MOURA, P.G.; ARANHA, F.N.; HANDAM., N. B.; MARTIN, L.E.; SALLES, M.J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; MARTINS, A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.25, n.6, nov/dez, p.791-808, 2020.

OLIVEIRA, R.C. et al. Crescimento e fitomassa de batata-doce irrigada com água residuária tratada. *IRRIGA*, Botucatu, Edição Especial – Nordeste, v.1, n.1, p.97-109, 2021. DOI: 10.15809/irriga.2021v1n1p97-109.

OLIVEIRA, J.T.; MARADINI, P.S.; BORGES, A.C.; GAVA, R. Viabilidade da fertirrigação por pivô central com uso de efluentes tratados em diferentes níveis. *Nativa*, Sinop, v.9, n.1, p.23-29, jan./fev. 2021.

PINTO, H.S.; FARIA, I.D.; BAPTISTA, R.; KASSMAYER, K.; ABBUD, A.; PINTO, V.C. *A Crise hídrica e suas Consequências*. Brasil: Núcleo de Estudo e Pesquisas, Senado Federal. 32 p. (2014).

PRIOR, M. et al. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, Jaboticabal, v.35, n.4, p.744-755, 2015. DOI: 10.1590/1809-4430- Eng.Agric., v.35, n.4, p.744-755, 2015.

RIBEIRO, M.S. et al. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.4, p.569-577, 2009.

SANDRI, D.; ROSA, R. R. B. Atributos químicos do solo irrigado com efluente de esgoto tratado, fertirrigação convencional e água de poço. *IRRIGA*, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 18-33, 2017. DOI: 10.15809/irriga. V.22n1p18-33. 2017

SCOLARI, D. D. G. *Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil*. IN: Visão progressista do agronegócio brasileiro. Brasília, DF: Fundação Milton Campos, 2006.

SIEBE, C.; CHAPELA-LARA, M.; CAYETANO-SALAZAR, M.; PRADO, B.; SIEMENS, J. Effects of more than 100 years of irrigation with mexico city's wastewater in the Mezquital Valley (Mexico). In: HETTIARACHCHI, H.; ARDAKANIAN, R. (ed.). *Safe use of wastewater in agriculture: good practice examples*. Dresden: UNU-FLORES, 2016. p.121-137.

SILVA, J. G.; BELIK W.; TAKAGI, M., Os desafios de uma política de Segurança Alimentar no Brasil. In A. Cimadamore; D. Hartley & J. Siquiera, eds. *A pobreza do Estado: reconsiderando o papel do Estado na luta contra a pobreza global*. Buenos Aires: CLACSO. 2006

TOMAZINI, C.G.; LEITE, C. K. S. Programa Fome Zero e o paradigma da segurança alimentar: ascensão e queda de uma coalizão? *Artigo Rev. Sociol. Polit*., v.24, p.58, Jun 2016.

USEPA. Unites States Environmental Protection Agency. *Guidelines for water reuse*. EPA/600/R-12/618 Washington, DC, USA. 640p. 2012.

World Food Programme. *Uma crise global de alimentos*. 2023. acessado em maio, 2023. https://www.wfp.org/global-hunger-crisis

TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO MINAS FRESCAL E UTILIZAÇÃO DO SORO NA ELABORAÇÃO DE BEBIDA LÁCTEA NÃO FERMENTADA E BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA

Maria da Penha Piccolo[1], Julianne Soares Jardim Lacerda Batista[2], Ingrid Matiéli Lima[3], Alessandra de Fátima Ulisses[4], Michelle de Medeiros Carvalho[5]

Introdução

Queijo fresco do tipo Minas Frescal é um dos mais populares do Brasil, sendo produzido em larga escala, de fácil produção e de consumo imediato. É obtido por coagulação enzimática do leite com "coalho" e ou outras enzimas coagulantes apropriadas complementadas ou não com ação de bactérias láticas específicas. Apresenta-se como um queijo semi-gordo, de muito alta umidade, a ser consumido fresco, de acordo com a classificação estabelecida no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (BRASIL, 2004).

Possui rendimento em torno de 6,0 a 6,5 litros de leite/kg, em média e é comercializado a preços mais acessíveis a uma maior faixa da população. Devido ao seu alto teor de umidade, é um queijo que não passa pelo processo de maturação sendo de consumo imediato após a

[1] Profª da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre, ES - Brasil.

[2] Profª da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, São Mateus, ES - Brasil.

[3] Engenheira de Alimentos, Alegre, ES - Brasil.

[4] Técnica em Alimentos e Laticínios - IFES, Alegre, ES - Brasil.

[5] Doutora em Ciência de Alimentos e Consultora de Laticínios, UFV, Viçosa, MG - Brasil.

fabricação e bastante perecível com durabilidade média de 7 a 30 dias, dependendo do processo de fabricação.

Observa-se no Brasil, a adoção de diferentes métodos em seu processo de fabricação, seja por meio de adição ou não de ácido lático ou emprego tradicional de fermento ou cultura lática, assim como variações na temperatura de coagulação ou até mesmo emprego de prensagem e outros. Com isso, tornou-se um queijo bastante irregular em termos de padrões de consistência, textura, sabor, durabilidade e rendimento. Apresenta coloração interna esbranquiçada, consistência mole, textura fechada com algumas olhaduras irregulares e sabor variando de levemente ácido à suave e seu peso varia de 0,5 a 3,0 kg, sendo comercializado geralmente em formas de menor peso. Mas, é um queijo muito popular no Brasil e é conhecido como sendo de massa crua, isto é que não sofre cozimento da massa obtida após o corte durante sua fabricação embora seja feito com leite pasteurizado e também não passa pelo processo de cura ou maturação o que é muito comum em outros tipos de queijos.

Ressalta-se que os parâmetros microbiológicos e físico-químicos de queijo Minas Frescal devem estar em conformidade com o preconizado pela Portaria 146/1996. A implementação das Boas Práticas de Produção promove o fortalecimento de toda a cadeia produtiva além do fornecimento de leite e queijos com qualidade e adequados para os consumidores além de contribuir para a sustentabilidade do setor.

Etapas e ingredientes utilizados para a fabricação de queijo Minas Frescal

Leite

O leite deve ser de boa qualidade, com acidez entre 14 e 18ºD, padronizado para 3,0-3,2% de matéria gorda, ou integral, porém o queijo pode apresentar uma consistência muito macia e untuosa e usa-se leite pasteurizado a 72º-75ºC/15 segundos (pasteurização rápida em pasteurizadores de placas) ou 65ºC/ 30 minutos (pasteurização lenta no próprio tanque). A pasteurização rápida é utilizada nas indústrias e para grandes volumes de leite e é importante para a destruição de microrganismos deletérios que possam prejudicar a saúde humana.

Cloreto de cálcio

Usa-se cloreto de cálcio ($CaCl_2$) com a função de restituir o equilíbrio iônico de leites pasteurizados, ou seja, restituir o cálcio solúvel perdido na pasteurização. A adição do cloreto de cálcio contribui para a coagulação do leite e elasticidade da massa de queijo. Deve ser diluído em um pouco de água antes de se adicionar ao leite e deve-se seguir as instruções do fabricante, por exemplo: para o $CaCl_2$ 40% m/v adiciona-se em torno de 4mL/10 litros de leite.

Ácido lático

*Uso opcional, pois depende de vários fatores: utiliza-se 2,5 mL/10 litros de leite de ácido lático industrial com 85% de pureza para uso alimentício. Deve ser diluído em 5 mL de água e adicionado lentamente ao leite. Assim o queijo apresenta sabor levemente ácido e refrescante.

Cultura lática ou fermento

Utiliza-se fermento lático, ou cultura starter ou cultura lática mesofílica. As bactérias láticas produzem ácido lático reduzindo o pH do leite e melhora a ação do coalho além de reduzir a repulsão eletrostática entre as micelas de caseína, aumentando o rendimento de fabricação. Além disso, melhora a consistência do coágulo e ajuda na liberação do soro. A proporção é de 1,0 a 1,5% de fermento em relação ao volume de leite e é adicionado 20 minutos antes da adição do coalho e *Lactococcus lactis* e *Lactococcus cremoris* são as bactérias láticas mais utilizadas. Pode-se utilizar o fermento lático industrial ou preparar uma cultura mãe e utilizá-la quando necessário. Para produção de grandes quantidades de queijo é preferível usar a cultura lática DVS (*direct vat set*), que significa "inoculação direta ao tanque", isto é, sem a necessidade de várias repicagens para sua utilização.

Coalho

O processo de coagulação enzimática é realizado pela ação do coalho sobre a caseína que é a proteína do leite formando a massa do queijo conhecida como coalhada.

O coalho é rico em enzimas proteolíticas (quimosina e pepsina) que coagulam a caseína do leite e pode ser encontrado na forma líquida, pasta ou pastilha e em pó. Deve-se adicionar o coalho após a adição do cloreto de cálcio e o fermento lático. A quantidade do coalho é determinada de acordo com seu poder coagulante especificada no rótulo da embalagem emitida pelo fabricante e deve ser seguido rigorosamente, pois em excesso pode causar sabor amargo no queijo. Geralmente usa-se 7 a 8mL para cada 10 litros de leite e deve ser diluído em água limpa fervida ou filtrada antes de ser adicionado e a temperatura do leite deve estar entre 34 a 38ºC. Acrescente aos poucos o coalho e sob agitação por um período de 3 minutos e após, o leite deve ficar em repouso absoluto até o momento do corte da massa que deve ser em torno de 40 a 45 minutos. Pela cor verde amarelado do soro, verifica-se o final da coagulação faz-se o corte da coalhada ou massa para a retirada do soro.

**Opcionalmente, pode-se fazer a salga diretamente no leite, adicionando-se sal de boa qualidade físico-química e microbiológica e de preferência refinado antes da adição do coalho.

É importante a determinar o ponto correto de corte da massa, pois pode ocorrer perda de proteínas e gordura caso o soro se apresente aspecto leitoso e com isso a massa ficará rígida e prejudicará a sinérese.

Corte da massa e mexedura

Após este tempo, deve-se proceder com o corte da coalhada que deverá ser lento e realizado com auxílio das liras horizontal e vertical. As liras são fios cortantes de metal com a mesma medida entre os fios. Usa-se primeiramente a lira horizontal e depois a vertical para formar cubinhos ou grãos que devem possuir de 1,5-2,0 cm de aresta, aproximadamente do tamanho de uma ameixa, também chamado grão 01. Se não tiver as liras, pode-se fazer uso de facas devidamente higienizadas e o corte deve ser o mais homogêneo pois senão ocorrem perdas no rendimento. Após, deve-se deixar em repouso por uns 5 minutos antes de iniciar o processo de mexedura ou agitação e deve ser realizada com um garfo próprio e com agitação lenta, com repousos regulares caso haja quebra excessiva dos grãos. Por exemplo: mexer por 1 minuto com repousos de 3 minutos e repetir este procedimento várias vezes até obter ligeira firmeza dos grãos e com o soro levemente

esverdeado. Esta etapa durará em torno de 20 a 30 minutos. É importante observar que os grãos migram para o fundo do recipiente.

O ponto da massa varia de acordo com o teor de umidade desejado no produto final. Geralmente é observado quando a massa escorre facilmente pela forma, sem reter muito soro e os grãos se tornam mais arredondados.

Enformagem e viragem da massa

Para realizar a enformagem, deve-se descartar a maior parte do soro e coleta-se a massa diretamente em formas próprias para Minas Frescal que são de plástico e com furinhos além disso não necessitarem de dessorador (para retirada do soro), pois é um queijo de muito alta umidade e o próprio peso da massa dentro da forma é suficiente para exercer uma leve "prensagem". Devem ser bem cheias com a massa, pois caso contrário os queijos ficam com altura e peso inadequados.

Deve-se fazer duas viragens dos queijos dentro das formas, sendo que a primeira deve ser feita após 20 minutos da realização da enformagem e deve-se repetir com o lado inverso do queijo. O queijo Minas Frescal não necessita de prensagem ou ser apertado com as mãos; o próprio peso do queijo e a gravidade são suficientes para deixar a massa compacta. Após, conduzir os queijos à câmara fria em torno de 5 a 10ºC para completar a dessoragem, onde permanecem até o dia seguinte.

Processo de salga, embalagem e comercialização do queijo

O sal confere mais sabor ao queijo além de contribuir com a dessoragem do produto e caso o teor de sal não seja adequadamente controlado, diversos problemas podem ocorrer como a degradação proteica e de lipídeos, além de contribuir para a seleção da microbiota do queijo, uma vez que diversos microrganismos são sensíveis a moderadas concentrações.

De tecnologia simples, o queijo Minas admite várias opções de salga para a sua obtenção, seja no leite, no queijo, na massa ou em salmoura. Cada um desses tipos de salga tem uma característica particular e devem ser consideradas as condições e locais em que é fabricado.

A primeira opção é a salga no leite, que é na proporção de 2-2,5% de sal em relação à quantidade de leite. Neste processo há uma boa distribuição do sal no queijo, mas há uma grande perda de sal no soro, tornando-o impróprio para subprodutos como bebida láctea e alimentação animal. A segunda opção é a salga a seco, que é realizada na proporção de 0,7% de sal em cada face do queijo e é feita durante as viragens dos queijos, entretanto a distribuição do sal pelo queijo pode não ser homogênea. A terceira opção é a salga em salmoura a 10-12ºC, com 20% de sal por períodos proporcionais ao peso e formato do queijo (exemplo: queijos de 0,5 kg: 90 minutos; de 1,0 kg: 3-4 horas). Neste método os queijos são colocados na salmoura aproximadamente 12-18 horas após serem enformados. Para queijos que foram salgados em salmoura deve-se realizar uma secagem em uma câmara a 10-12ºC durante 8-12 h. Após, realiza-se o processo de embalagem em película plástica a vácuo ou não devidamente rotulados e com selo de inspeção. Após os queijos podem ser comercializados ou armazenados sob refrigeração e sua validade é de no máximo 20 a 30 dias.

A descrição da tecnologia de fabricação do queijo Minas Frescal se encontra na Figura 1 a seguir.

Queijo Minas Frescal encontra-se entre os queijos mais consumidos no Brasil, sendo um produto fresco para consumo imediato, ou seja, não passa pela maturação, portanto, é imprescindível a adoção e implementação das Boas Práticas de Fabricação para todos os envolvidos no processo com higiene de excelência dos manipuladores assim como todos os utensílios e equipamentos utilizados. Além disso, a qualidade e a composição do queijo são influenciadas pelas características físico-químicas e microbiológicas do leite utilizado e pelo processo de fabricação. A adoção desses parâmetros de qualidade promoverá o envio de produtos adequados para o comércio e contribuirá com a saúde do consumidor além do fortalecimento do setor lácteo na região.

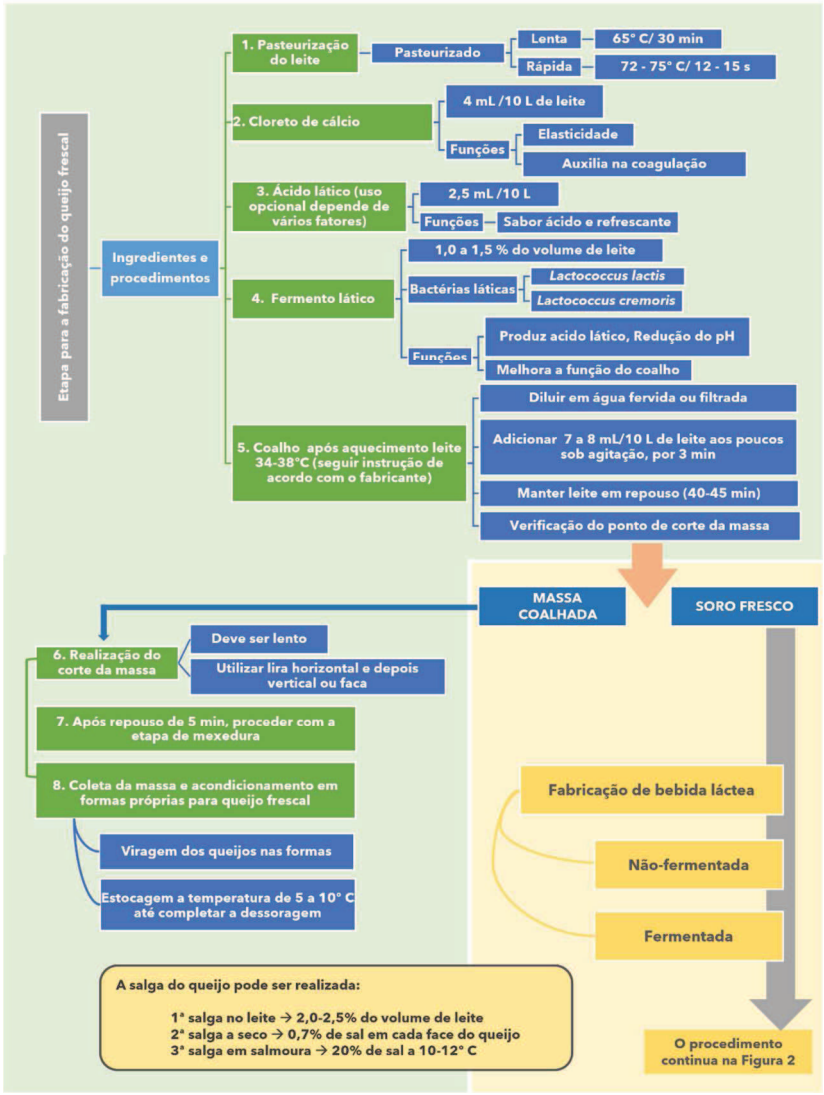


Figura 1. Fluxograma da tecnologia de fabricação do queijo Minas frescal.

Fonte: os autores.

Soro de queijo: importância e aplicabilidade

Durante muito tempo o soro de leite foi considerado um subproduto poluidor do ambiente por sua alta demanda biológica de oxigênio, visto que aproximadamente 50% do volume de soro fabricado são lançados diretamente em curso d'água gerando impactos ambientais. Porém, com os normatizações e legislações ambientais proibindo o descarte de produtos com alta demanda biológica de oxigênio, cada vez mais, procurou-se alternativas viáveis de se utilizar o soro de leite e uma dessas opções é o seu emprego além de inúmeros outros, na elaboração de bebida láctea possibilitando o reaproveitamento de toda essa demanda de produção gerando, coprodutos de ato valor nutricional, alta rentabilidade e contendo as mais variadas opções de uso no mercado alimentício.

Soro de queijo é o líquido residual obtido a partir da coagulação do leite destinado à fabricação de queijos. Esse subproduto retém cerca de 55% dos nutrientes do leite, sendo considerado relevante, tendo em vista o volume produzido e sua composição nutricional (LEITE et al., 2012). A geração de soro decorrente dos queijos produzidos no Brasil é relevante pois em média, para fabricação de um quilo de queijo são necessários dez litros de leite, com recuperação de nove litros de soro (BARBOSA et al., 2010). Há uma preocupação recorrente em gerar aplicabilidade ao soro de queijo em novos alimentos, visto que, no território brasileiro, cerca de 50% do soro não é aproveitado, gerando desperdícios nutricional, financeiro e impactos ambientais relevantes, já que é um resíduo com alto teor orgânico (MAGALHÃES et al., 2011).

De acordo com PESCUMA et al. (2010), o soro é composto de água (93%), lactose (5%), proteínas (0,85%), uma quantidade mínima de gordura (0,36%) e minerais (0,53%) incluindo NaCl e KCl, sais de cálcio (principalmente fosfato) e outros. O soro também contém ácido lático (0,5g L^{-1}) e ácido cítrico, compostos nitrogenados não-proteicos (ureia e ácido úrico) e vitaminas do complexo B (DRAGONE et al., 2009).

Para Haraguchi et al., 2006, as proteínas do soro do leite (alfa e beta-lactoglobulina, albumina de soro bovino, imunoglobulinas) apresentam um excelente perfil de aminoácidos essenciais,

caracterizando-as como proteínas de alto valor biológico. Além disso, possuem peptídeos bioativos (exorfinas, imunopeptídeos e fosfopeptídeos), que conferem a essas proteínas diferentes propriedades funcionais.

A identificação de alternativas para um adequado aproveitamento do soro de leite é de fundamental importância em função de sua qualidade nutricional, do seu volume e de seu poder poluente. E a fabricação de bebida láctea constitui uma forma de valorização deste derivado lácteo e ao mesmo tempo contribui para a melhoria do meio ambiente, além de proporcionar valor agregado ao setor produtivo (Machado et al. 2001). Portanto, a utilização do soro de queijo tanto pelos produtores rurais nas agroindústrias como nos laticínios, enriquecem os produtos que os contém e evita o descarte diretamente no solo, na rede pública de esgoto, rios e lagos, minimizando o seu impacto negativo.

Utilização do soro de queijo para elaboração de bebida láctea

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), a partir da Instrução Normativa n.º 16, de 23/08/05 aprovou o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade e definiu como "bebida láctea o produto lácteo resultante da mistura do leite (*in natura*, pasteurizado, esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro de leite (líquido, concentrado e em pó) adicionado ou não de produto(s) ou substância(s) alimentícia(s), gordura vegetal, leite(s) fermentado(s), fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos", onde a base láctea representa pelo menos 51% de massa/massa (m/m) do total de ingredientes do produto (BRASIL, 2005).

Por sua vez, a bebida láctea fermentada, é a bebida láctea acrescida de microrganismos específicos, não podendo ser submetida a tratamento térmico após o processo de fermentação, de modo que a contagem total de bactérias lácticas viáveis seja, no mínimo, de 10^6 UFC/g no produto final durante todo o prazo de validade (BRASIL, 2005). Esta legislação encontra-se em consulta pública para futuras alterações.

Rocha et al., 2016, desenvolveram uma bebida láctea fermentada adicionada em diferentes concentrações de polpa de coquinho azedo e concluíram que esta adição aumentou de maneira eficaz a aceitação do produto, pois nem todos os consumidores preferem uma bebida láctea na sua forma natural**.**

No Brasil, a produção de bebidas lácteas, fermentadas ou não, é uma alternativa viável tecnologicamente e a utilização do soro para o desenvolvimento de novos produtos, como forma de eliminar seu impacto ambiental e disponibilizar um produto nutritivo, aceitável e de baixo custo ao mercado consumidor, poderá incentivar ainda mais o consumo de bebidas lácteas, além de gerar receitas tanto para a indústria como para a agricultura familiar.

O soro fresco do queijo deve ser de boa qualidade e obtido sob condições higiênicas adequadas. Dê preferência ao soro recém-obtido, isto é, a bebida deve ser produzida logo após a fabricação do queijo. Se isso não for possível, deve-se guardar o soro sob refrigeração ou aproveitá-lo para outros fins. Após, deve-se com o auxílio de um balde graduado, o soro fresco o qual deve ser sempre coado com utensílio apropriado para eliminar pequenos resíduos de massa de queijo que possam estar presentes.

O aquecimento do soro até a temperatura de 65 °C tem a finalidade de eliminar resíduos de coagulante e evitar que a bebida forme grumos, o que é considerado um defeito tecnológico. Após, deve-se separar o leite de boa qualidade, de preferência recém-ordenhado e previamente filtrado em utensílios apropriados para eliminar eventuais sujidades que possam estar no leite. Se isso não for possível, utilizar o leite fresco recém-ordenhado e guardar sob refrigeração de 5 °C a 10 °C, no máximo até o dia seguinte. Deve-se adicionar o leite juntamente com o açúcar e o estabilizante no recipiente (tipo fermenteira) já contendo o soro que foi aquecido até 65 °C e continuar o aquecimento sob agitação, até a temperatura de 82-85 °C/30 min ou de 90°C/ 5 min. O estabilizante a ser usado pode ser pectina, gelatina ou goma guar, amido modificado sendo que o produto deve conter 51% a base láctea de acordo com o RTIQ vigente.

Após, resfria-se a mistura com água gelada na camisa da fermenteira até atingir a temperatura de 5 °C a 10 °C. É importante que esse resfriamento seja feito o mais rápido possível para evitar

contaminação do produto. O envase deve ser feito em garrafas apropriadas que devem ser previamente higienizadas em solução de cloro, e opcionalmente pode-se fazer o envase em saquinhos de polietileno de 1 L. As garrafas devem ser armazenadas em temperatura de refrigeração de 5 °C a 10 ºC. Nesse caso, não existe a produção de acidez, como ocorre na bebida láctea fermentada, fato esse que ajudaria na sua conservação durante o período de estocagem. Pode-se adicionar polpa ou calda de frutas e deve ser consumida no café da manhã, lanches e sobremesas ou a gosto. O preparo da bebida láctea não fermentada (BLNF) é mais simples e mais rápido do que o preparo da bebida láctea fermentada (BLF) pois não necessita passar pelo processo de fermentação, pela adição da cultura lática termofílica (cultura usada na fabricação de iogurte) com incubação a 43º C. A validade da BLNF é de aproximadamente de 3 a 5 dias, e da BLF é de aproximadamente 25 a 30 dias dependendo principalmente da qualidade dos itens utilizados e do emprego das Boas Práticas durante todo o processamento.

Tecnologia de fabricação de bebida láctea fermentada e não fermentada

A descrição da tecnologia de fabricação da bebida láctea não fermentada (BLNF) e bebida láctea fermentada (BLF) se encontra na Figura 2 a seguir.

No Brasil, a produção de bebidas lácteas, fermentadas ou não, é uma alternativa viável tecnologicamente e é uma das principais opções de aproveitamento do soro e tem-se verificado um notável aumento no consumo dessas bebidas o que acarreta em uma utilização racional de soro de queijo na elaboração desses produtos.

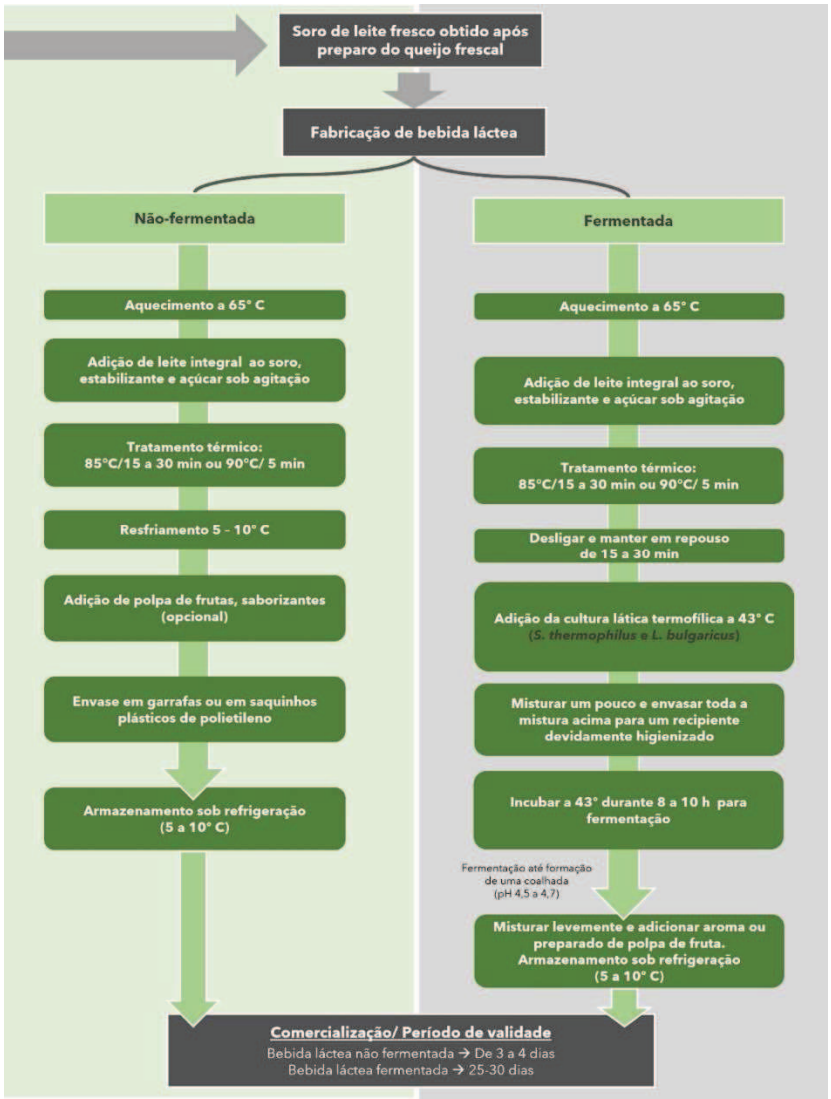


Figura 2 - Fluxograma da tecnologia de fabricação de bebida láctea fermentada (BLF) e não-fermentada (BLNF)

Fonte: os autores.

Considerações finais

Queijo Minas Frescal é um queijo de alta umidade além de saboroso e popular em todo país. É conhecido como sendo de massa crua, isto é que não sofre cozimento da massa obtida após o corte durante sua fabricação embora seja feito com leite pasteurizado e também não passa pelo processo de cura ou maturação o que é muito comum em outros tipos de queijos.

Ressalta-se que os seus parâmetros microbiológicos e físico-químicos devem estar em conformidade com a legislação tanto na produção como em sua comercialização. É preciso a implementação das Boas Práticas de Produção pois irá promover o fortalecimento de toda a cadeia produtiva com o fornecimento de queijos e soro fresco com qualidade e adequados para os consumidores.

Dependendo do local de produção, em algumas regiões do Brasil, ocorrem diferenças em algumas etapas adotadas em seu processo de fabricação tornando o produto desuniforme. E a padronização do processo de fabricação pode trazer vantagens como melhoria das características sensoriais do produto, uniformidade do que é produzido e maior rendimento. Somado a isto, a aplicação de boas práticas de fabricação torna o produto adequado e apto para o consumo bem como prolonga o seu tempo de prateleira. Neste capítulo propôs-se descrever as etapas de fabricação de queijo Minas frescal e esquematizar um protocolo prático e aplicável para a elaboração de bebida láctea fermentada ou não por meio do reaproveitamento do resíduo gerado em sua fabricação que é o soro.

Tal prática contribui para agregar valor ao produto sob o ponto de vista nutricional, econômico com aumento de renda para o produtor rural e indústria além de promover a sustentabilidade do setor lácteo no país.

Literatura citada

BARBOSA, A.S. et al. Utilização do soro como substrato para produção de aguardente: estudo cinético da produção de etanol. Revista Verde, v.5, n.1, p.7-25, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Diário Oficial da União, Brasília, 07 de março de 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 4 de 01 de março de 2004. Regulamento Técnico para fixação de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Frescal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05 de março de 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 16, de 23 de agosto de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade de bebida láctea. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de agosto de 2005.

LEITE, M.T.; BARROZO, M.A.S.; RIBEIRO, E.J. Canonical analysis technique as an approach to determine optimal conditions for lactic acid production by *Lactobacillus helveticus* ATCC 15009. International Journal of Chemical Engineering, v.2012, ID 303874, 9p, 2012.

MACHADO, R. M. G., FREIRE, V. H., SILVA, P. C. (2001). Alternativas tecnológicas para o controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p.1-10.

MAGALHÃES, K.T. et al. Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. Food Chemistry, v.126, p.249-253, 2011.

DRAGONE, G. et al. Characterization of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. Food Chemistry, v.112, p.929-935, 2009. Disponível em:

HARAGUCHI, F.K. et al. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. Revista de Nutrição, v.19, n.4, p.479-488, 2006. Rev. Nutr. 19 (4). Ago 2006. https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000400000.

PESCUMA, M. et al. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. International Journal of Food Microbiology, v.141, p.73-81, 2010.

ROCHA, A.C.S.; LOPES, J.P.A.; SILVA, F.N.; FONSECA, H.C.; DURÃES, C.A.F.; BRANDI, I.V. Aproveitamento de soro de leite na elaboração de bebida láctea fermentada adicionada de coquinho azedo (Butia capitata). In Anais..XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, out 2016, Gramado RS.

NUTRIÇÃO DE ANIMAIS NÃO-RUMINANTES: UM COMPROMISSO REAL

Alerrandro Fernandes Silva[1], Beatriz Costa Pinheiro de Freitas[1], Pedro de Carvalho Gaio[1], Renata de Souza Reis[2], Alexandre de Oliveira Teixeira[2]

Introdução

O estudo da ciência da nutrição teve início através dos pesquisadores do século XVIII Reaumur (1752) e Spallanzani (1780), responsáveis por retratar alterações químicas fundamentais do processo de digestão. Todavia, Lavoisier, considerado o "pai da nutrição", juntamente com Laplace, em 1783, demonstraram que a respiração é uma função química capaz de ser medida, denominada assim de combustão, fomentando a pesquisa quantitativa em nutrição. Prount, em 1824, revisou conceitos importantes descritos por Hipócrates sobre os alimentos, passando a dividir as frações nutritivas em proteínas, gorduras e carboidratos, e posteriormente, em minerais e vitaminas. No século passado, com a evolução da bioquímica, fisiologia, física e demais ramos da ciência, somado à modernização dos métodos experimentais e de análise de alimentos, permitiram a descoberta de um grande número de nutrientes, como destaque para as vitaminas, aminoácidos, vários microminerais e os aditivos, bem como a elucidação do metabolismo destes e suas interações, a identificação de fatores antinutricionais e das substâncias tóxicas e o aprimoramento das técnicas de preparo dos alimentos (Nunes, 1998).

[1] Estudante de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de São João del Rei; alerrandrofernandes@hotmail.com, biafreitas.bia93@gmail.com, p.gaio@yahoo.com.

[2] Professor (a) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de São João del-Rei; renatareis@ufsj.edu.br; alexandre_teixeira@ufsj.edu.br.

A nutrição animal na prática visa oferecer condições ideais de bem-estar aos animais mantidos sob cuidados humanos e atender os anseios antrópicos, como a produção de alimentos de qualidade e em larga escala, produção de agasalhos, uso dos animais para trabalho e lazer e garantir a preservação das espécies em zoológicos, parques e reservas naturais (Ceballos & Sant'anna, 2018; Nunes, 1998).

A compreensão do comportamento dos nutrientes na interface dieta-animal é imprescindível para formulação da ração e na lucratividade do produtor, considerando-se as estimativas das exigências nutricionais dos animais, os cálculos dos nutrientes contidos nos alimentos e disponíveis ao animal, além da obtenção de uma dieta balanceada que favoreça o ganho de peso pelo mesmo, associado aos custos dos alimentos, preços dos produtos e a demanda de mercado (Santos et al., 2020). Ao formular dietas nutricionalmente equilibradas, devemos primordialmente pensar em termos de nutrientes antes mesmo de escolher os alimentos que irão compor a dieta, de modo a oferecer os mesmos na proporção, forma e dose adequadas, cuja variação depende da idade do animal, fase e o sistema de produção, para que possam nutrir o animal e maximizar seu aproveitamento pelo organismo (Andriguetto, 2002).

Os custos com alimentação representam cerca de 75% do custo total de produção, evidenciando a necessidade de formular dietas precisas ou utilizar estratégias para reduzir o custo das rações, como a incorporação de nutrientes sintéticos (Moura, 2004). Nesse contexto, associado ao desenvolvimento tecnológico e o potencial produtivo crescente, as pesquisas na área da nutrição buscaram avaliar as características químicas e biológicas dos alimentos, bem como as exigências nutricionais dos animais nas diferentes fases, de modo a atendê-las e possibilitar a inclusão de alimentos alternativos regionais (Mazzuco et al., 2011). Estudos realizados pela Embrapa Suínos e Aves a partir de sua criação, destinam-se compreender a viabilidade econômica da cadeia produtiva a favor do elevado custo cuja dieta representa à produção considerando a grande oscilação dos preços dos ingredientes que a compõe, especialmente milho e soja, que são geralmente a base alimentar dos animais não-ruminantes (Lima et al., 2011).

Segundo Pessôa et al. (2012), o aumento da produção avícola gera também maior quantidade de resíduos, como nitrogênio, fósforo e

microminerais no meio ambiente. Assim, no ano 2000, como forma de prevenir e controlar a poluição ambiental, a comunidade Europeia implantou o Conselho Diretivo 96/61/EC sobre as grandes integrações de ave e suínos, determinando limites de poluentes na água, ar e solo. Diante deste fato, houveram grandes avanços da nutrição, no sentido de atender as exigências nutricionais dos animais concomitante redução da poluição ambiental (Pessôa et al.,2012). Atrelado a isso, outras medidas para redução dos impactos ambientais também vão surgindo e sendo utilizadas na nutrição animal, como a criação de insetos comestíveis (IC) como fonte de alimento ambientalmente sustentável, ricos em proteína, gordura, vitaminas, fibras e minerais, de maneira que esta possa contribuir para o desenvolvimento das sociedades no âmbito da produção animal e a sustentabilidade (Nascimento et al., 2020).

De acordo com Batista (2014), os diversos estudos demonstram maneiras de otimizar a qualidade das dietas animal, com objetivo de melhorar a digestibilidade e a eficiência dos ingredientes usados na ração, e como consequência, reduzir a excreção excessiva. Dentre algumas inovações, destacam-se a utilização das enzimas exógenas, redução da proteína bruta (PB) e diminuição do fósforo disponível na ração, garantindo, portanto, melhor retorno econômico e promovendo a sustentabilidade do setor avícola.

O crescimento e intensificação da piscicultura nos últimos anos apresenta grande destaque econômico e social. Todavia, esse aumento significativo provoca impactos ambientais oriundos das rações desbalanceadas destinadas ao crescimento dos peixes criados em sistemas intensivos (Bomfim, 2013). A alimentação excessiva ou o uso de rações não balanceadas limitam a absorção de alguns nutrientes, favorecendo o grande acúmulo de matéria orgânica na água, que em condições tropicais seria mineralizada rapidamente, e acabam alterando a qualidade da água e seu aspecto físico, além de oferecer riscos à saúde dos peixes e provocar perdas do sistema de produção (Cyrino et al., 2010). O autor ainda aponta que, rações com excesso de energia podem acarretar na redução da ingestão proteica e decorrente deficiência dos aminoácidos essenciais para a deposição da proteína corporal, ocasionando problemas produtivos. Em contrapartida, rações com baixos teores energéticos, parte dos aminoácidos serão usados como fonte energética e, portanto, sua disponibilidade é reduzida, tendo efeito

na produção de maior quantidade de resíduos metabólicos nitrogenados como amônia e nitrito.

Bem-estar e a nutrição

O bem-estar animal é um tema que engloba diversas áreas do conhecimento e dimensões (científicas, éticas, econômicas, culturais, sociais, religiosas e políticas), com objetivo de evitar o sofrimento do animal e oferecer a ele condições de vida digna e de conforto (Ceballhos & Sant'anna, 2018). Segundo Boom (1986), bem-estar animal é o estado de um indivíduo em relação as suas tentativas em se adaptar ao meio em que vive. Diante disso, o bem-estar animal se fundamenta em cinco liberdades, são elas liberdade fisiológica (inclui ser livre de fome e sede), ambiental, sanitária, comportamental e psicológica, que podem ser percebidas pelo animal ao expressar de suas emoções, processos biológicos e comportamento natural, e consequentemente capaz de promover maiores ganhos e qualidade do produto (Galvão et al., 2019; Nääs, 2008).

De acordo com o anexo A do decreto-lei nº 64/20000, os animais devem ser alimentados com o uma dieta capaz de atender suas exigências por nutrientes e que promova bem-estar. Na prática, os produtores se preocupam com bem-estar animal uma vez que aqueles que criam os animais tendo essa consciência também apresentam melhor progresso na atividade, com maior longevidade dos animais e mais sustentabilidade (Guedes, 2013). Muito usado em locais de manejo de animais em cativeiro ou instalações zootécnicas, e enriquecimento ambiental possui a função de reduzir os estímulos que levam às respostas estressoras por longos períodos e permitir que o animal expresse seu comportamento normal, podendo melhorar bastante o bem-estar dos animais dos sistemas produtivos (RICCI et al., 2017). Inclusive, um dos enriquecimentos mais utilizados atualmente é o enriquecimento nutricional, estando de acordo com o balanço da dieta sobre as exigências dos animais.

Atualmente a suinocultura brasileira tem grande altos índices de produção, e um dos fatores que contribuem com tal situação é a promoção do bem-estar animal, visto que os consumidores estão sempre à procura de produtos de melhor qualidade e de procedência

com investimentos em nutrição, ambiência e manejo adequados (Galvão et al., 2019). São inegáveis as vantagens econômicas que os sistemas intensivos de produção proporcionam, todavia, considerando-se as dificuldades de adaptação dos animais quanto às suas necessidades físicas, comportamentais e psicológicas que enfrentam nesses sistemas, resultam em riscos de comprometimento dos índices produtivos (Braga et al., 2018). Segundo (Hötzel et al., 2010), a privação de estados emocionais positivos nos animais de produção resulta em efeitos deletérios para a saúde animal do estresse, influenciando as mudanças dos sistemas produtivos. Somado a isso, o autor ainda ressalta que em criações de suínos, devido aos problemas de bem-estar poderem estar associados a expressão do comportamento inato, a falta de espaço e misturas sociais atrelado à ausência de material para manipulação acarretam a qualidade dos produtos e sobretudo, são prejudiciais aos animais.

Na produção avícola, o bem-estar animal deve envolver medidas eficientes de manejo, sanidade e ambiência, como proteção das condições adversas naturais, limpeza e reparo dos equipamentos, desinfecção de todo o galpão, temperatura e umidade, densidade das áreas de criação, alimentação e nutrição com boa qualidade, biossegurança do ambiente de criação e programa de luz. O acesso ao alimento e água deve ser suficiente, de acordo com a idade, necessidade e densidade, saúde do animal e produção como forma de evitar fome e sede prolongadas, desnutrição ou desidratação e afetar a qualidade óssea e o bem-estar dos animais (Figueira et al., 2014).

O bem-estar de peixes está atrelado a sua senciência, que é a consciência no animal quanto suas sensações e sentimentos. Há duas posições filosóficas sobre a criação de peixes: a proposta dos direitos dos animais de Ton Regan em que esses animais possuem direitos que não devem ser violados por ação antrópica e que resultem em danos aos animais; e uma abordagem de Peter Singer, segundo a qual prevê uma igualdade de consideração de interesses entre os seres sencientes, independentemente da espécie. Um bom funcionamento biológico normal e a resistência a doenças requer uma dieta nutricionalmente equilibrada de acordo com as exigências específica de cada uma das espécies dos peixes, oferecendo a esses animais melhores condições de bem-estar (Oliveira e Galhado, 200).

Nutrição de precisão

Como o fator de produção de maior custo dentro de um sistema, a alimentação é responsável por cerca de 2/3 do custo de produção dos animais e vem sendo alvo de pesquisadores e técnicos que buscam controle tanto em qualidade como em quantidade. Pesquisas são realizadas a fim de garantir uma nutrição mais eficiente, ou seja, estimando as exigências nutricionais de acordo com a necessidade de cada indivíduo, considerando seu estado fisiológico em diferentes condições ambientais (MANZKE, 2016; SANTOS, 2019).

As exigências de determinado nutriente podem ser definidas em relação aos objetivos específicos de produção como melhorar a conversão alimentar, ganho de peso e ganho de tecido magro. Com a crescente na produção, os nutricionistas passaram a buscar por estratégias para minimizar a produção de calor, produção de dejetos e os desperdícios de ração. A utilização de aditivos com a finalidade de aumentar a digestibilidade dos alimentos e consequentemente promover o maior aproveitamento dos nutrientes, passou a ser uma alternativa a fim de reduzir a concentração de alguns componentes como o fósforo e nitrogênio nas fezes dos animais. (MANZKE, 2016; SANTOS, 2019; FULLER, 2004).

Outro ponto a ser considerado para reduzir os desperdícios de ração é o arraçoamento dos animais que deve ser feito de forma adequada respeitando as diferentes fases de criação, uma vez que os nutrientes e quantidade de ração consumida são diferentes em cada fase de produção. A utilização de aminoácidos industriais foi essencial para reduzir custos na fabricação das rações, uma vez que as rações baseadas na proteína bruta apresentam um conteúdo aminoacídico sub ou superestimado prejudicando a expressão de todo o potencial genético do animal e prejudicando o retorno econômico, já com a proteína ideal, temos o balanceamento de aminoácidos atendendo todas as exigências do animal para crescimento e manutenção, possibilitando a expressão de todo o seu potencial produtivo (DE MOURA, 2004; MANZKE, 2016).

A utilização dos ingredientes na formulação precisa ser adequada e de forma sustentável para evitar os excessos. Segundo Wathes et al. (2008), a nutrição de precisão considera a variabilidade

entre os indivíduos de uma mesma população sendo essa variabilidade decorrente das diferenças entre os animais no que se refere ao peso, idade, genética, entre outros fatores. Além dessa variação intrínseca, temos a extrínseca na qual se considera a influência dos fatores externos sobre as exigências nutricionais do animal e seu desempenho (Wathes et al., 2008; SANTOS, 2019).

Para se obter precisão na alimentação é importante conhecer além das exigências nutricionais, informações sobre o consumo desses animais. Hauschild et al. (2012) criou um modelo em que o ajuste individual diário de ração é realizado a partir de valores preditos de consumo e ganho de peso para o dia seguinte e com uma equação fatorial considerando as exigências de mantença e produção, tornou possível a determinação da exigência nutricional para o próximo dia. Com essas informações sobre o consumo, os alimentos e as exigências alinhadas a variabilidade animal, estado sanitário e bem estar, podemos tornar o sistema de produção mais eficiente e reduzir a contaminação do ambiente por nutrientes que estarão sendo utilizados pelo organismo animal visto que estão sendo fornecidos na quantidade ideal (SANTOS, 2019; Pomar et al., 2009).

Nutrição das principais espécies de interesse zootécnico

Na avicultura industrial moderna a alta na produção animal, redução dos custos e qualidade do produto são objetivos que tornaram necessário o uso de sistemas de produção cada vez mais intensivos (SILVA, 2000). Com essa intensificação na produção e aumento na densidade de aves por metro quadrado, surgiram outros desafios para os profissionais da nutrição animal uma vez que além do aumento na produção, houve aumento significativo na produção de dejetos e a necessidade de buscar soluções para minimizar os impactos causados por esse excesso.

A crescente na produção de dejetos nos aviários trouxe preocupação para os técnicos, produtores e pesquisadores uma vez que os níveis de nitrogênio, fósforo e outros minerais presentes nas excretas das aves são fortes contaminantes ao meio ambiente. Uma alternativa encontrada pelos nutricionistas foi a utilização de dietas balanceadas,

ingredientes com alta biodisponibilidade e utilização de enzimas nas rações com a finalidade de aumentar a eficiência na utilização dos nutrientes presentes na ração pelo organismo das aves (PEREIRA, 2010).

Os níveis de nitrogênio presente nos dejetos de uma avicultura provêm de dietas desbalanceadas ou formuladas com altos índices de proteína bruta, já o excesso de fósforo tende a complexação do fósforo presente nos ingredientes de origem vegetal ao ácido fítico, sendo necessária a suplementação com uma ração contendo fósforo inorgânico ou utilizar de aditivos como a fitase para quebrar esse fator antinutricional presente nesses alimentos (PEREIRA, 2010). Para aumentar a digestibilidade dos alimentos consumidos pelas aves que contenham polissacarídeos não amídicos, a utilização de enzimas como a xilanase e β-glucanase é bastante eficaz desde que as condições estejam de acordo, como a utilização da enzima adequada, substrato adequado, ambiente, pH e temperatura (KRABBE, 2012; MANZKE, 2016).

A suinocultura, assim como os demais sistemas de produção animal, tende a produzir uma elevada quantidade de resíduos que contém excesso de nutrientes como fósforo e nitrogênio e metais pesados como arsênio, cobre e zinco (SCHELL, 2001; BOLAN, 2004). Outros pontos a serem considerados críticos são o desperdício com água e ração, uma vez que a água não é entendida como um recurso natural finito por boa parte dos produtores, já o desperdício de ração influencia diretamente no custo de produção e pode mascarar a mensuração do consumo dos animais, além de aumentar o volume de dejetos produzidos na granja (BELLAVER, 2000; MANZKE, 2016).

Todo o desperdício de ração, desde a fábrica de alimentos até os comedouros utilizados, acarretam maiores prejuízos. Ao se utilizar de práticas para a adequação dos silos e comedouros, granulometria e processamento dos alimentos juntamente com a formulação de uma dieta balanceada, é possível trabalhar com uma nutrição de precisão a fim de minimizar os possíveis erros cometidos no sistema e maximizar a produção, visto que estará sendo fornecida uma dieta que permite aos animais expressarem todo o seu potencial (MANZKE, 2016; HECK, 2009; SCHELL, 2001).

Entender das diferentes fases da criação é de extrema importância para a identificação das exigências e do consumo, tornando possível realizar um arraçoamento mais preciso reduzindo o desperdício de alimento. Durante o cio, as porcas diminuem o consumo e durante a gestação o consumo varia conforme o estágio de gestação, o excesso de alimento durante essa fase pode prejudicar o consumo na fase de lactação, além de não trazer benefícios nem a matriz e nem aos leitões. O consumo de ração também estará diretamente ligado ao consumo de água por esses animais (MANZKE, 2016).

Na fase de terminação, a separação de fêmeas e machos atua na redução de nutrientes excretados uma vez que evita não só a subalimentação das fêmeas, mas também a superalimentação dos machos (CARTER, 2013; MANZKE, 2016). A proteína ideal foi umas das estratégias adotadas para a redução na excreção de nutrientes como o nitrogênio e consequentemente na emissão de amônia no ambiente. Já a inclusão de enzimas, foram alternativas adotadas para aumentar a digestibilidade e possibilitar um maior aproveitamento dos nutrientes pelo animal, como a inclusão de fitase na ração de suínos que aumenta a digestibilidade do fósforo de 20 a 50% (SELLE, 2008; CARTER, 2008).

A restrição de alimento é uma técnica promissora utilizada em suínos com foco em aumentar a eficiência alimentar e consequentemente reduzir a deposição de gordura na carcaça, aumentar o percentual de carne e reduzir o desperdício de ração (SAHRAEI, 2012). Essa restrição pode ser feita de forma quantitativa e qualitativa em que se utiliza de alimentos de menor valor nutritivo com características sensoriais negativas, reduzindo o consumo (MANZKE, 2016). Em animais geneticamente melhorados para a deposição de carne, a restrição perde um pouco a sua importância visto que eles tendem a consumir menos ração, já em machos castrados de forma cirúrgica, a restrição pode apresentar melhor resultado por consumir mais ração do que fêmeas (BELLAVER, 2000).

Em comparação com os animais homeotérmicos, os peixes foram pouco estudados quanto aos seus processos digestivos e por serem animais pecilotérmicos, sofrem uma maior influência direta e indireta do ambiente que os animais terrestres. Os peixes apresentam múltiplas variações do trato gastrointestinal estando correlacionadas aos seus hábitos alimentares e ao ambiente, podendo variar em

tamanho, formato, posição e até a presença de determinado órgão. Entretanto, a maior parte dos peixes são generalistas em seus hábitos alimentares, ou seja, conseguem ingerir, digerir e absorver os diferentes tipos de alimentos e mesmo quando ingerem apenas um único tipo de alimento, conseguem substituí-lo por outro quando o primeiro se torna indisponível, sendo mais eficiente essa adaptação em peixes onívoros (CYRINO, 2010; ROTTA, 2003).

Em ambiente natural, os peixes apresentam a capacidade de selecionar os alimentos disponíveis que melhor atendem suas exigências nutricionais através de uma espécie de palatabilidade metabólica, recorrendo a organismos animais ou vegetais, fazendo com que raramente ocorra a presença de sintomas de deficiências nutricionais nessas condições (ROTTA, 2003). Os hábitos alimentares e as dietas, não influenciam apenas na estrutura do trato gastrointestinal, mas também no comportamento, reprodução, crescimento e além de tudo influenciam nas condições ambientais do sistema de produção em que se encontram, ou seja, na qualidade da água (CYRINO, 2010).

O fornecimento de dietas desbalanceadas ou excesso de ração resulta em maior produção de matéria orgânica nos sistemas de produção devido a redução na absorção dos nutrientes pelos peixes. Fezes e sobras alimentares são os principais resíduos presentes em efluentes da piscicultura intensiva e nutrientes como o fósforo e o nitrogênio estão entre os resíduos de maior impacto ambiental podendo causar eutrofização e super-florescimento de algas, o que pode gerar problemas com toxidez aos animais aquáticos devido a presença de subprodutos como a geosmina, gerados pela metabolização de algas fixadoras de N (CYRINO, 2010; Green et al., 2002; BOYD, 1990; Barak et al., 2003).

Com a crescente na intensificação dos sistemas de criação de peixes de produção, medidas para minimizar os impactos gerados pela atividade e otimização da produção precisam ser adotadas. Através estratégias voltadas a nutrição, como a utilização de rações e ingredientes com maiores taxas de digestibilidade é possível fornecer rações balanceadas respeitando as condições ambientais e assim reduzir a excreção de nutrientes prejudiciais ao ambiente e a melhorar a qualidade da água (CYRINO, 2010).

Alimentos usuais e alternativos na alimentação de animais não-ruminantes

Na alimentação de animais não-ruminantes há uma variedade de alimentos convencionais e alternativos que desempenham papel fundamental na nutrição e alimentação desses animais. Na formulação da ração, o milho e o farelo de soja apresentam papel de destaque como fontes tradicionais de energia e proteína, sendo esses alimentos adicionados em maior quantidade, influenciando diretamente o preço da ração. No entanto, flutuações de preços no mercado podem aumentar o custo desses alimentos, tornando necessário buscar opções alternativas para compor a ração desses animais (Sanches et al., 2023).

Dentre os alimentos alternativos, podem ser considerados subprodutos da mandioca, grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), casca de soja, farelos de trigo, sorgo e farinha de insetos. Esses insumos têm potencial para serem incluídos em dietas alternativas que atendem às necessidades nutricionais dos animais. No entanto, é importante realizar uma avaliação da composição química, presença de fatores antinutricionais e possíveis limitações antes de utilizar um alimento não convencional. Além disso, a disponibilidade regional e a qualidade devem ser consideradas, buscando-se um preço mais baixo em comparação aos produtos convencionais (Marques et al., 2007; Andrade et al., 2021; Vasconcelos et al., 2018).

De acordo com Sanches et al. (2023), ao utilizar ingredientes alternativos, nem sempre é possível fazer a escolha que proporciona resultados econômicos e produtivos satisfatórios, porém, dependendo da dieta oferecida, podem-se obter resultados positivos. No entanto, é importante levar em consideração que os alimentos alternativos energéticos apresentam diferentes percentuais de energia metabolizável em relação à energia bruta, o que leva a uma variação na sua utilização pelos animais. A seleção adequada dos ingredientes alternativos, considerando sua digestibilidade e capacidade de suprir as necessidades nutricionais dos animais, é fundamental para garantir a eficácia e sustentabilidade do sistema alimentar (Carvalho et al., 2015).

A produção de peixes enfrenta desafios na nutrição e alimentação devido à diversidade de espécies, cada uma com características morfofisiológicas e comportamentais distintas que

influenciam seus hábitos alimentares. As rações comerciais para tilápias geralmente contêm farinhas de diferentes espécies e subprodutos da indústria pesqueira para suprir suas necessidades nutricionais. No entanto, pesquisadores têm estudado o uso da farinha de insetos como substituto dos alimentos convencionais, uma vez que está é rica em proteínas e apresenta boa digestibilidade, desempenho produtivo e qualidade da carne (Rodrigues et al., 2013; Reis et al., 2020). Estudos mostraram que a introdução de 30% de farinha de larvas de tenebrio na alimentação de tambaquis juvenis não afetou a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho, indicando que sua inclusão pode ser benéfica como substituto em dietas (Lira et al., 2015).

A nutrição e alimentação das aves são geralmente baseadas em uma combinação de milho e farelo de soja, o que pode resultar em um aumento nos custos de produção devido às oscilações do mercado. No entanto, nos últimos anos, tem ocorrido um aumento no uso de alimentos alternativos na dieta das aves, com destaque para a mandioca e seus subprodutos como fonte energética. Os subprodutos utilizados são a farinha ou raspa integral, farelo ou resíduo da extração do amido e a raspa residual (Vasconcelos et al., 2018). Contudo, a mandioca possui fatores antinutricionais, ela é considerada uma planta cianogênica, podendo gerar ácido cianídrico, este, por sua vez, ao ser ingerido e após a sua absorção vai se ligar aos íons férricos presente na corrente sanguínea, impedindo o mesmo de retornar ao estado ferroso (Cereda et al., 2001). Segundo Rostagno et al., (2017), a recomendação da inclusão na dieta varia de 5 a 20% para aves na fase inicial, e 10 a 20% na fase de crescimento. De acordo com estudos realizados por Campello et al. (2009) utilizando frangos de corte caipira, foi observada uma redução significativa no peso ao abate dos animais, ao substituir o milho por farinha de mandioca em quatro níveis, chegando a 53%. No entanto, o rendimento de carcaça do animal não foi afetado, e também aconteceu uma redução na gordura abdominal dos animais. Portanto, concluiu-se que o uso desse método será recomendado quando os custos da ração compensarem a diminuição do peso das aves.

A alimentação dos suínos representa o maior custo dentro do sistema produtivo, tornando-se necessária a busca por alimentos alternativos que possam reduzir custos e manter bons índices produtivos (Oliveira et al., 2004). Esses animais têm como base da sua alimentação o milho e a soja, e os pesquisadores buscam por alimentos semelhantes

a estes que são capazes de promover resultados. Os suinocultores estão buscando utilizar o sorgo como fonte de energia para os animais, porém, esse alimento apresenta o tanino como fator antinutricional, inibindo a ação de enzimas no sistema digestivo e prejudicando a absorção intestinal dos nutrientes (Fialho et al., 2009; Barbosa et al., 1997). Pesquisas realizadas por Fialho et al., (2009) constataram que o sorgo de baixo tanino pode substituir o milho sem prejudicar o desempenho do animal. No entanto, observou-se um aumento no consumo da ração e uma piora na conversão alimentar dos suínos.

Fica evidente a importância da busca por alimentos alternativos na nutrição e alimentação de animais não ruminantes, visando reduzir custos e manter bons índices produtivos. A formulação da ração desses animais é tradicionalmente baseada no uso de milho e farelo de soja como fontes de energia e proteína, porém, flutuações nos preços desses alimentos podem impactar os custos de produção. Nesse contexto, alimentos alternativos, como subprodutos da mandioca, sorgo e farinha de insetos, têm sido considerados como opções viáveis.

Conclusão

Portanto, visando a manutenção do crescimento consciente e a eficiência da produção animal, faz-se necessário um compromisso real dos produtores com o uso da nutrição de precisão, valendo-se de tecnologias que permitam melhores índices produtivos. Nesse contexto, o conhecimento das especificidades das espécies e as melhorias nas formulações de rações especializadas para atender as demandas das espécies, são fatores indiscutíveis para garantir o progresso da produção animal. Atrelado a isso, a grande constância das pesquisas, permitem conhecer os comportamentos e exigências das espécies, tornando possível a descoberta de novos produtos que podem ser incluídos na dieta, otimizando o custo final de produção e oferendo melhores condições de aproveitamento do alimento para o animal. A preocupação com uma nutrição de qualidade, além de proporcionar maiores garantias de lucro aos produtores, assegura condições ótimas de bem-estar aos animais e maior cuidado com meio ambiente, respeitando os modelos de uma produção sustentável eficaz.

Referências

BARAK, Y.; CYTRIN, E.; GELFAND, I. et al. Phosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, v.220, p.313-326, 2003.

BELLAVER, C.; GARCEZ, D.C.P. *Comedouros para suínos em crescimento e terminação*. Concordia, Santa Catarina: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 1-7. (Comunicado Técnico, 248).

BOLAN, N.S.; ADRIANO, D.C.; MAHIMAIRAJA, S. Distribution and bioavailability of trace elements in livestock and poultry manure by-products. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 34, n. 3, p. 291-338, 2004.

BOYD, C.E. *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn: International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1990.

CARTER, S.; LACHMANN, M.; BUNDY, J. Effects of dietary manipulation on ammonia emissions. In: NATIONAL CONFERENCE ON MITIGATING AIR EMISSIONS FROM ANIMAL FEEDING OPERATIONS, 2008, Ames. *Proceedings*... Ames: Iowa State University / College of Agriculture and Life Sciences, 2008. p. 120-124.

CEBALLOS, M. C.; SANT'ANNA, A. C. Evolução da ciência do bem-estar animal: aspectos conceituais e metodológicos. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, n.16, v.1, 2018.

CYRINO, J. E. P. et al. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 68-87, 2010.

DE ARAUJO, J. A. et al. Uso de aditivos na alimentação de aves. *Acta Veterinaria Brasílica*, v. 1, n. 3, p. 69-77, 2007.

DE MOURA, Adolpho Marlon Antoniol. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 1, n. 1, p. 31-34, 2004.

DE SOUSA, Denise Cerqueira et al. Sistema digestório das aves e o glicerol na dieta de frangos de corte: Revisão. *PubVet*, v. 9, p. 348-399, 2015.

Fuller, M. F. 2004. *The encyclopedia of farm animal production*. Wallingford, Oxon, UK: CABI Pub, 620.

GREEN, J. A.; BRANDON, E.L.; HARDY, R.H. Effects of dietary phosphorus and lipid levels on utilization and excretion of phosphorus and nitrogen by rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). 2. Production-scale study. *Aquaculture Nutrition*, v.8, p.291-298, 2002.

HECK, A. Fatores que influenciam o desenvolvimento dos leitões na recria e terminação. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 37 (Supl 1), p. 211-218, 2009.

KRABBE, E. L. Perspectivas quanto ao desenvolvimento de enzimas para uso na nutrição de aves. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 2012, São Paulo. *Anais*... Florianópolis: Gessulli, 2012.

MANZKE, N. E. et al. *Nutrição de precisão e manejo alimentar como formas de reduzir a poluição ambiental dos resíduos gerados na produção de suínos e aves*. 2016.

PASCKE, Mayara Suzana; LANZENDORF, Felipe Nunes. Diferença entre peixes de água salgada e peixes de água doce. *Maiêutica-Ciências Biológicas*, v. 5, n. 1, 2017.

PEREIRA, A. A. et al. Utilização de rações de poedeiras comerciais formuladas com fitase e níveis de proteína bruta sobre a excreção de fósforo, nitrogênio e cálcio. *Ars Veterinaria*, v. 26, n. 3, p. 178-183, 2010.

POMAR, C., L. Hauschild, G.-H. Zhang, J. Pomar, e P.A. Lovatto. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Revista Brasileira de Zootecnia,* v.38, p.226-237, 2009.

ROTTA, M. A. *Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura*. 2003.

SANTOS, L. S. *Linhas genéticas e sistema de alimentação de precisão como alternativa sustentável para produção de suínos em países de clima tropical*. 2019.

SCHELL, T.; VAN HEUGTEN, E.; HARPER A. *Managing feed waste*. Pork Industry Handbook, Perdue University, 2001. 4p.

SELLE, P. H. & VELMURUGU, R. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science*, v. 113, n. 2–3, p. 99–122. 2008.

SILVA, E.N. Alimentos funcionais para aves: prebióticos e probióticos na alimentação avícola. Conferência de Ciência e Tecnologia Avícolas. Campinas - SP. *Anais...* Facta, v. 2, p.241-251, 2000.

WATHES, C. M.; Kristensen, H. H.; Aerts, J. M. et al. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture*, v.64, p.2-10, 2008.

MOURA, A. M. A de. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.1, n.1, p.31-34, 2004.

NUNES, I. J. *Nutrição animal básica*. 2 ed. FEP-MVZ Editora: Belo Horizonte. 1998. 390p.

SANTOS, G. C. L.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, D. G. et al. Modelagem na nutrição de não ruminantes: aspectos gerais, dinâmica de nutrientes, limitações e sistemas de serviços. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*., Curitiba, v.3, n.1, p.114-132, 2020.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. *Nutrição animal. As bases e os fundamentos da nutrição animal. Os alimentos*. v.1. São Paulo: Nobel, 2002. 148p.

LIMA, G. J. M. M.; ZANOTTO, D. L.; BERTOL, T. M. et al. *Nutrição aponta caminhos para eficiência e redução de custos*. 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/908038/1/Nutricaoapontacaminhosparaeficiencia.pdf>. Acessado em: 19 de junho de 2023.

MAZZUCO, H., ZANOTTO, D. L., BRUM, P. A. R. *Nutrição é uma das bases da evolução da avicultura de corte no Brasil.* 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/908313/1/Nutricaoeumadasbasesdaevolucaodaavicultura.pdf>. Acessado em: 19 de junho de 2023.

PESSÔA, G. B. S.; TAVERNARI, F. C.; VIEIRA, R. A. Novos conceitos em nutrição de aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.13, n.3, p.755-774, 2012.

NASCIMENTO, A. F.; NATEL, A. S.; CORSINI, F. S. *Insetos: alimento sustentável para nutrição animal*. 2020. Disponível em:<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/47599/2/Insetos%20-%20Alimento%20sustent%C3%A1vel%20para%20nutri%C3%A7%C3%A3o%20animal.pdf>. Acessado em: 19 de junho de 2023.

BATISTA, A. F. *Fitase em dietas para frangos de corte - melhor desempenho e sustentabilidade para a produção animal*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquisa Filho" (UNESP), Araçatuba. 2014.

BOMFIM, M. A. D. Estratégias nutricionais para redução das excreções de nitrogênio e fósforo nos sistemas de produção de peixes no Nordeste: sustentabilidade ambiental e aumento da produtividade. *Revista Científica de Produção Animal*, v.15, n.2, p.122-140, 2013.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, Á. J. A.; SALDO, R. Y. et al. A psicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em psicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.39, p.68-87, 2010.

HÖTZEL, M. J.; NOGUEIRA, S. S.; MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-estar de animais de produção: das necessidades animais às possibilidades humanas. *Revista de etologia*, v.9, n.2, 2010.

OLIVEIRA, R. F.; GALHARDO, L. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, suplemento especial, p.77-86, 2007.

FILGUEIRA, S. V.; NASCIMENTO, G. M.; MOTA, B. P. et al. Bem-estar animal aplicado a frangos de corte. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18, p.643, 2014.

ANDRADE, G. C. A. et al. Xylanases in diets with alternative feeds and energy reduction in commercial layers. *Semina: Ciencias Agrarias*, v. 42, n. 5, set-out, 2021.

CAMPELLO, C.C., SANTOS, M. S.V., LEITE, A.G. A., ROLIM, B.N., CARDOSO, W.M., SOUZA, F.M. Características de carcaça de frangos tipo caipira alimentados com dietas contendo farinha de raízes de mandioca. *Ciênc Anim Bras*, v.10, p.1021-1028, 2009.

CARVALHO, P. L. O. et al. *Alimentos alternativos para suínos*. In: KUHN, O. J. et al. Ciências Agrárias: Tecnologias e perspectivas. Marechal Cândido Rondon- PR: UNIOESTE, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/324018024>. Acesso em: 16 jun. 2023.

CEREDA, M., P. *Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. Manejo, Uso e Tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca*. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. cap. 1, p.13-37 (Série Culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas; v.4)

FIALHO, E. T. *Alimentos alternativos para suínos*. 1° Ed, Lavras: UFLA/FAEPE, 2009. 232 p.

FIALHO, E. T.; BARBOSA, H. P. *Alimentos alternativos para suínos*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 228p.

LIRA, J. A. *Avaliação da farinha de tenébrio (Tenebrio molitor) na alimentação de juvenis de tambaqui (Colossoma macropomum)*. 2015.

MARQUES, B. M. F. P. P. et al. Substituição de milho por sorgo baixo tanino em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, v. 59, n. 3, p. 767–772, abr. 2007.

OLIVEIRA, R. P.; FURLAN, A. C.; MOREIRA, I. et al. Valor nutritivo e desempenho de leitões alimentados com rações contendo silagem de grãos úmidos de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, v. 33, n. 1, p. 146-156, 2004.

REIS, T. L.; DIAS, A. C. C. Farinha de insetos na alimentação de não ruminantes, uma alternativa alimentar. *Veterinária e Zootecnia*, v. 27, p. 1-16, 2020.

RODRIGUES, A. P. O.; BERGAMIN, G. T.; SANTOS, V. R. V. *Nutrição e alimentação de peixes. Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos*. Brasília, DF: Embrapa, p.171-213, 2013.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 141p.

SANCHES, D. S.; KIEFER, C.; GARCIA, E. R. M. Dietas alternativas para aves e suínos: uma breve revisão. *Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica*, Brasil, v. 2, n. 1, 2023.

VASCONCELOS, J. M. S. *Eficiência da utilização da mandioca (manihot esculenta crantz) e seus subprodutos na alimentação de não ruminantes*. 2019. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.

AVICULTURA AGROECOLÓGICA – SUSTENTABILIDADE E AGREGAÇÃO DE VALOR NA CADEIA PRODUTIVA DE OVOS

Christiane Silva Souza[1], Flávio Medeiros Vieites[2], Cibele Silva Minafra[3], Jaime Fabián Cruz Uribe[4], Girlaine Pereira Oliveira[5], Diogo Bispo de Souza[6]

RESUMO - Objetivou-se evidenciar as principais características da avicultura de postura agroecológica, como modalidade produtiva sustentável e agregadora de valor. No sistema agroecológico busca-se produzir alimentos com qualidade de modo associado à proteção de recursos naturais, ao bem-estar e saúde dos consumidores, pecuaristas e dos animais, com enfoque na sustentabilidade. A venda de produtos agroecológicos possibilita melhor remuneração aos agricultores. Todavia, alguns pontos ainda se constituem gargalos à produção animal agroecológica, tais como a falta de assistência técnica especializada, a dificuldade na comercialização formal dos ovos e a escassez de incentivos públicos, em termos de políticas e créditos para fomentar a atividade.

Palavras chave: agroecologia, desenvolvimento sustentável, galinhas, meio ambiente, produtor familiar.

[1] Zootecnista da Secretaria de Desenvolvimento Agrário – SEDA, Iguatu-CE, Brasil.

[2] Docente da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora-MG, Brasil.

[3] Docente do Instituto Federal Goiano – IFGoiano, Rio Verde-GO, Brasil.

[4] Professor da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Antonio Nariño, Colômbia.

[5] Professora do Centro Universitário Univértix, Matipó-MG, Brasil.

[6] Diogo Bispo de Souza, Diretor do Sítio Graminha, Juiz de Fora – MG, Brasil.

AGROECOLOGICAL POULTRY FARM – SUSTAINABILITY AND VALUE ADDED IN THE EGG PRODUCTION CHAIN

ABSTRACT - The objective was to highlight the main characteristics of poultry farming with an agroecological posture, as a sustainable productive modality and value aggregator. The agroecological system seeks to produce quality food associated with the protection of natural resources, the well-being and health of consumers, livestock farmers and animals, with a focus on sustainability. The commercialization of agroecological products makes it possible to better pay farmers. However, some points still constitute bottlenecks to agroecological animal production, such as the lack of specialized technical assistance, the difficulty in formally marketing eggs and the scarcity of public incentives, in terms of policies and credits to encourage the activity.

Keywords: agroecology, enviroment, family farmer, hens, sustentainable development.

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo, com aptidão para as atividades agropecuárias. De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA (2023), a produção brasileira de ovos ultrapassou 52 bilhões de unidades em 2022, das quais 99,56% foram destinadas ao mercado interno. O consumo *per capita* foi de 241 ovos de galinha (ABPA, 2023).

O ovo se tornou o "herói" das dietas de diferentes públicos consumidores, especialmente nos momentos de crise, como fonte proteica de qualidade (Soares & Ximenes, 2023). O setor avícola refere-se a um importante segmento para a economia, gerador de emprego e renda, bem como fornecedor de importantes produtos (carne e ovos) à população (SOUZA et al., 2021).

A avicultura de postura brasileira realiza-se majoritariamente no confinamento das aves em gaiolas. Nessa modalidade criatória há mais controle sobre o ambiente, práticas de manejo e sanidade dos animais, com consequente diminuição de custos e aumento na produtividade (Godinho Júnior et al., 2022). Groot & Vizú (2021) descreveram uma

situação conflitante no sistema intensivo, de um lado tem-se elevada produtividade e do outro a redução do bem-estar das galinhas. A ausência de espaço, para que a ave se movimente e possa expressar comportamentos naturais, compromete o seu bem-estar e causa problemas de patas, excesso de crescimento de unhas e fragilidade na ossatura (GODINHO JÚNIOR et al., 2022).

Nas últimas décadas, os consumidores estão cada vez mais conscientes e exigentes, de modo que, os preços competitivos, a segurança alimentar e as questões socioambientais envolvidas no processo produtivo passaram a ter papel fundamental nas relações comerciais (Silva & Pierre, 2021). Assim, a demanda por produtos com atributos específicos e produzidos de maneira "mais natural", têm impulsionado as criações alternativas no mercado avícola (Santos et al., 2021), tais como as agroecológicas.

No sistema agroecológico de produção de aves busca-se gerar alimentos com alto valor nutricional, contribuir na proteção dos recursos naturais, promoção do bem-estar e saúde dos consumidores, pecuaristas e dos animais, além de ter um enfoque sustentável (Lima et al., 2019; Vieites et al., 2020). Tais alimentos apresentam forte apelo mercadológico e preços de venda superiores.

Diante do contexto descrito, com a presente revisão objetivou-se evidenciar as principais características da avicultura de postura agroecológica, como modalidade produtiva sustentável e agregadora de valor.

Avicultura de postura agroecológica

A criação de aves domésticas sempre representou uma importante atividade quanto aos aspectos de segurança alimentar, econômica e qualidade de vida das famílias no campo (Tabarro & Feiden, 2016). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017) 77% dos estabelecimentos agropecuários do Brasil foram classificados como de agricultura familiar, responsáveis por 23% do montante produzido e pelo trabalho de 10,1 milhões de pessoas. A agricultura familiar assegurou 80% da produção total de mandioca, 42% de feijão, 69% de abacaxi e 48% de café e banana (IBGE, 2017).

A Lei 11.326 de 2006 define como agricultor familiar àquele que pratica atividades no meio rural e não detenha área maior do que quatro módulos fiscais; utilize predominantemente mão de obra própria familiar nas atividades econômicas de seu estabelecimento ou empreendimento; tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento, na forma definida pelo Poder Executivo e dirija seu estabelecimento com sua família (BRASIL, 2006).

Weber & Silva (2021) afirmaram que agricultura familiar constitui o *locus* ideal para o desenvolvimento da agricultura sustentável, em virtude das suas características de diversificação de culturas, maior possibilidade de adequação aos ecossistemas locais em razão de atuar em escalas menores. O desenvolvimento sustentável alinha-se às práticas agrícolas alternativas, tais como as agroecológicas.

A agricultura familiar mostra-se de relevância econômica e social ao Brasil e para alcançar a sustentabilidade ambiental na produção agropecuária faz-se necessário preservar as características físicas e químicas do solo, almejando a melhoria da qualidade do mesmo aliado ao possível incremento produtivo (Carneiro et al., 2022; Coutinho & Grisa, 2022). Dentre as alternativas, tem-se a agroecologia, meio de sustentabilidade para os cultivos da agricultura familiar.

A criação de aves em sistema agroecológico na agricultura familiar contribui para a soberania alimentar das famílias e a preservação dos saberes popular. Ainda, possibilita o crescimento produtivo e econômico das famílias pela comercialização de produtos à um distinto nicho de mercado, preocupado não apenas com a qualidade dos alimentos, mas, com aspectos ambientais, sociais das atividades agrícolas (ROCHA et al., 2018; ROCHA et al., 2022).

O Brasil possui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PNAPO, com o objetivo de integrar, articular e adequar políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica, da produção orgânica e de base agroecológica, como contribuição para o desenvolvimento sustentável, possibilitar a melhoria de qualidade de vida à população por meio da oferta e consumo de alimentos saudáveis e do uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2012).

O uso de medidas agroecológicas visa conservar o meio ambiente integrado com a produção animal e vegetal (Veloso et al., 2023).

Conforme Tabarro & Feiden (2016), a produção agroecológica de ovos pode integrar às demais atividades existentes na propriedade. O planejamento da criação agroecológica deve considerar a capacidade produtiva, com o propósito de tornar a propriedade a mais diversificada possível e também garantir a interação entre sustentabilidade ambiental e as atividades econômicas e sociais das famílias (VIEITES & SOUZA, 2014).

No âmbito da avicultura, destaca-se como tecnologia agroecológica, o uso de aviários móveis, instalações compostas por bebedouros, comedouros e coberturas e que, por sua vez, deslocam-se à medida que a vegetação for consumida pelas aves, de modo a propiciar a exploração de locais diferenciados (Veloso et al., 2023). Nesse sistema, as aves desempenham papel multifuncional de revolver e fertilizar o solo, manejar plantas e realizar o controle biológico de pragas (COUTINHO & GRISA, 2022; VELOSO et al., 2023).

Os galinheiros (cercados/tratores) móveis podem ser usados junto a pomares ou hortas para manter a vegetação baixa, substituir os herbicidas e/ou acompanhar a rotação do gado no campo. A inserção das aves após a saída dos ruminantes dos pastos contribui para incorporar o esterco no solo, uma vez que estas ingerem ovos e larvas de parasitos, o que colabora para manter a contaminação ambiental reduzida (ESCOSTEGUY & JANTZEN, 2022).

Na construção do aviário móvel há possibilidade do uso de materiais existentes na propriedade. Todavia, o galinheiro precisa ser funcional, adaptável ao deslocamento periódico na área onde estão implantados e ainda permita que as aves exerçam seus comportamentos naturais como ciscar, empoleirar, tomar banho de terra, bater e esticar as asas (Demuner et al., 2013). Carvalho et al. (2022) evidenciaram que há viabilidade na utilização do aviário móvel desde o início da vida das aves, contudo, nessa fase deve-se dispor de círculo de proteção, fonte aquecedora aos animais e demais barreiras laterais.

O uso dos aviários móveis traz as inúmeras vantagens pela multifuncionalidade: instalações menores, mais leves, capazes de oferecer o bem-estar desejável às aves; produzir alimentos saudáveis a baixo custo; dividir os lotes em pequenos grupos; melhor desempenho e menor taxa de mortalidade; adaptação à pequena e grande escala; facilidade de conduzir o pastoreio e adequação às condições de

agricultura urbana, inclusive no manejo de gramados (GUELBER SALES, 2005; RIBEIRO et al., 2022).

Gêmero et al. (2015) caracterizaram alguns empecilhos à consolidação da produção de aves em sistemas agroecológicos: carência em assistência técnica especializada, voltada para práticas agroecológicas; políticas públicas e mercados desfavoráveis; dificuldades em adequar a unidade produtiva às normas da vigilância sanitária e aos órgãos responsáveis por certificar a produção.

Tabarro & Feiden (2016) reportaram que as iniciativas de produção agroecológica ainda têm sido pouco incentivadas pelas políticas públicas, em termos de crédito, assistência técnica, extensão rural, difusão e transferência de tecnologias, alternativas de mercado, etc. E que outros pontos também consistem em gargalos à expansão das atividades agroecológicas, tais como: crescente uso de agrotóxicos nas propriedades; uso de sementes híbridas e, inclusive transgênicas (contaminando as sementes crioulas); e falta de infraestrutura adequada para comercialização (TABARRO & FEIDEN, 2016).

No que concerne à comercialização de produtos agroecológicos ou orgânicos, Menegueli et al. (2015) relataram que a feira livre, principal meio utilizado, em muitos locais não são atrativas e não dão a devida segurança ao consumidor final. Entretanto, é possível comprar produtos de qualidade, com preços mais acessíveis, pois, na maioria das vezes, as vendas são realizadas diretamente pelo produtor, família e/ou pela organização que o representa.

As feiras agroecológicas são fundamentais para os agricultores, uma vez que propicia a interação junto aos clientes, acontece a troca de saberes e a obtenção direta da renda (Leite & Teles, 2019; Assis et al., 2021). Os circuitos curtos de comercialização (CCC), tais como as feiras, podem permitir melhor remuneração ao produtor, preço justo ao cliente, ainda, promover, desenvolvimento local, gerar empregos e estabelecer uma relação de lealdade com os consumidores (FANTINI et al., 2018).

Rover & Darolt (2021) apontaram uma similaridade entre os CCC e a agroecologia: a maioria dos agricultores se enquadram na categoria da agricultura familiar, em fase de transição agroecológica ou certificados como orgânicos. A crescente demanda por alimentos orgânicos tem favorecido às cadeias produtivas alternativas, que por sua

vez, baseiam-se na proximidade espacial e relacional entre os produtores e os consumidores; bem como na agrobiodiversidade, pilar chave da agroecologia (ROVER et al., 2020).

Gêmero et al. (2016) estudaram os principais entraves para o desenvolvimento da produção agroecológica de ovos em assentamentos da região de Araraquara-SP. Os pesquisadores identificaram duas problemáticas, a primeira quanto à alimentação das aves, por conta da dificuldade em encontrar ingredientes orgânicos (milho e farelo de soja). E a segunda foi a comercialização de maneira formal, decorrente da oneração exigida para adequar as instalações. Outro ponto refere-se à ausência de infraestrutura das feiras agroecológicas, tais como os espaços físicos para as barracas e sanitários (LEITE & TELES, 2019).

A agroecologia precisa ser considerada como possibilidade real e eficiente pelo poder no público no Brasil, uma vez que os maiores investimentos no campo sempre estiveram direcionados à agricultura industrial (Andrade et al., 2021). Ainda, que não apenas as políticas públicas são necessárias, mas, também o engajamento de instituições de ensino e pesquisa. A adoção de atividades sustentáveis, como as agroecológicas, faz-se imprescindível para a produção alimentícia de qualidade e de baixo impacto ambiental (CARDOSO et al., 2021).

A ação governamental não deve constituir a única alternativa para alavancar a agroecologia e as produções alternativas, mas, como um dos componentes alicerçantes. Nesse sentido, têm-se as organizações representativas e as práticas dos atores sociais (CORBARI et al., 2019).

A produção de aves em base agroecológica associa a ecologia da propriedade rural ao manejo de recursos disponíveis, sem a necessidade de aquisição de recursos externos à propriedade. Os processos naturais devem ser contemplados, como ciclagem de nutrientes no solo, controle biológico de pragas e doenças, práticas conservacionistas, dentre outras (Figueiredo, 2014). Desse modo, um sistema produtivo com essas características demanda conhecimentos científicos, principalmente sobre os processos biológicos – ecológicos, agronômicos, zootécnicos e veterinários, para a produção e sanidade animal e a inspeção de produtos (FIGUEIREDO, 2014).

Lima et al. (2019) salientaram que há certo grau de complexidade na criação agroecológica, pois, deve-se conduzir o sistema de uma

forma holística e sistêmica, ou seja, inter-relacionar os conhecimentos da produção animal e vegetal, além de seguir recomendações preconizadas pela legislação específica.

Os valores agroecológicos apreciam ações entrelaçadas aos princípios sociais, com destaque para os seguintes princípios-chaves: 1) capacidade de resiliência em um agroecossistema do contexto sociocultural; 2) um sistema vulnerável perde sua capacidade de resposta e adaptação, desse modo, as interações humanas devem estar relacionadas às atividades que minimizem os impactos ambientais negativos; e 3) adaptabilidade e transformabilidade, capacidades de criar resiliência e novos sistemas sociecológicos, para manutenção de funções ambientais (VIEIRA, 2021).

A avicultura agroecológica representa um importante resgate cultural, caracterizando-se como uma atividade fundamental para a conservação da biodiversidade na pequena propriedade rural (Menezes, 2005). O conhecimento agroecológico se expande por meio da socialização e da troca de saberes entre as comunidades, e se estabelece de forma participativa (CAPORAL & COSTABEBER, 2004).

Os produtos gerados pelos sistemas agroecológicos possuem uma maior valorização e atendem a uma demanda crescente por alimentos saudáveis, produzidos regionalmente e com respeito ao meio ambiente e ao bem-estar animal (Gêmero et al. 2016). Badejo et al. (2021) avaliaram iniciativas ecológicas nas proximidades da região metropolitana de Porto Alegre-RS, Brasil; do total dos valores de produção bruta obtidos por tais iniciativas, a metade foi utilizada para cobrir os custos de produção. Desse modo, 50% do valor da produção bruta reverte-se em renda, para pagar os membros da família e manter os sistemas em funcionamento.

Segundo Machado et al. (2023) a criação animal agroecológica constitui uma opção viável, necessária e competitiva economicamente. Os referidos estudiosos consideram essa forma de criação, como a melhor solução aos problemas causados pelos sistemas convencionais praticados no mundo todo.

Silva et al. (2021) examinaram o perfil dos consumidores de ovos e a percepção destes sobre os sistemas alternativos de produção no Brasil. Os autores verificaram que 8% dos respondentes consomem habitualmente ovos de sistemas alternativos (como caipiras ou

orgânicos), motivados pela qualidade e pelo bem-estar animal, em ordem de prioridade, respectivamente. Àqueles que não consomem com regularidade, os impedimentos relatados foram o acesso a esses ovos e o preço para a aquisição, embora considerado justo, mais elevado.

Os sistemas agrícolas que adotam práticas agroecológicas favorecem a provisão de serviços ecossistêmicos e alimentos de qualidade (Machado Filho et al., 2023). Conforme Machado Filho et al. (2023) a agroecologia consiste numa ciência multi, inter e transdisciplinar, capaz de sustentar sistemas agrícolas, incluindo a criação animal, bem como reduzir impactos ambientais.

Conclusões

Na atualidade, a avicultura de postura agroecológica consiste numa alternativa para propiciar melhor remuneração aos pequenos produtores, tais como àqueles da agricultura familiar. A base ecológica contribui para atender a demanda crescente por alimentos saudáveis, que sejam produzidos com respeito aos animais e ao meio ambiente. Alguns pontos ainda se constituem gargalos à produção de aves em sistemas agroecológicos, tais como a falta de assistência técnica especializada, a dificuldade na comercialização formal dos ovos e a escassez de incentivos públicos, em termos de políticas e créditos voltados para o fomento da atividade.

Literatura citada

ANDRADE, V.C.T.; LIMA, M.B.S.; FERNANDES, I.L.C. Possibilidades e desafios da agroecologia: um estudo de caso no município de São Miguel, oeste potiguar. *Geoconexões*, v.1, n.12, p.41-64, 2021.

ASSIS, F.G.; COSTA, B.A.L.; PRIORE, S.E. A importância dos mercados locais para produção agroecológica: estudo de uma feira na zona da mata de Minas Gerais. *Revista de Extensão da UNIVASF*, v.1, n.3, p.267-291, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. *Relatório anual 2023.* São Paulo-SP: ABPA, 2023. 145p.

BADEJO, M.; SOUZA, A.R.L.; RÉVILLION, J.P.P. Agregação de custos e valor em sistemas agroindustriais ecológicos. p.68-91. MENDONÇA, M.S. *Agronegócio: técnicas, inovações e gestão*. Guarujá-SP: Científica Digital, 2021.

BRASIL. *Lei 11.326 de 24 de julho de 2006 – estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.* Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/ L11326.htm> Acessado em 28 mai. 2023.

BRASIL. *Decreto n° 7794 de 20 de agosto de 2012 – institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica.* Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm> Acessado em 28 mai. 2023.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. *Agroecologia e extensão rural*: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. Brasília: MDA; SAF; DATER-IICA, 2004. 166p.

CARDOSO, S.P.; MOREIRA, A.F.; CAETANO, V.C. Processo de instalação de uma avicultura semi-caipira sustentável como espaço de ensino-aprendizagem: um relato de experiência sob a ótica agroecológica. *Revista Panorâmica*, p.21-37, 2021.

CARNEIRO, C.J.; PROCHNOW, D.A.; THESING, N.J. et al. Impacto da produção de olerícolas em sistema de base agroecológica na qualidade química do solo. *Research, Society and Development,* v.11, n.1, e47211125283, 2022.

CARVALHO, J.V.S.; OLIVEIRA, H.J.F.; COPQUE, E.J. et al. Construção de um galinheiro móvel na comunidade Floresta, Serrinha – Bahia. *Cadernos Macambira*, v.7, n.2, p.49-54, 2022.

CORBARI, F.; MIRANDA, C.A.R.; ZONIN, W.J. Agroecologia e produção orgânica: panorama e desafios desde o cenário global até a bacia do Paraná. *Revista GeoPantanal*, n.26, p.15-31, 2019.

COUTINHO, A.D.L.; GRISA, S. Sustentabilidade ambiental do trator galinha em sistemas agroflorestais. *Brazilian Journal of Development*, v.8, n.3, p.21882-21895, 2022.

DEMUNER, L.F.; AZEVEDO, I.L.; FERNANDES, V. et al. Sistema de produção agroecológico de aves em aviários móveis. In: *Anais...* III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal. Pirassununga-SP: 2013.

ESCOSTEGUY, A.; JANTZEN, M.M. *Manual de avicultura orgânica:* normas da Portaria MAPA nº 52/2021. Porto Alegre: UFRGS, 2022. 40p.

FANTINI, A.; ROVER, O.J.; CHIODO, E. et al. Agroturismo e circuitos curtos de comercialização de alimentos orgânicos na Associação "Acolhida na Colônia" – SC/Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.56, n.3, p.517-534, 2018.

FIGUEIREDO, E.A.P. Avicultura agroecológica é possível. *Revista CFMV*, n.29-32, p.64, 2014.

GÊMERO, C.G.; DUVAL, H.C.; FERRANTE, V.L.S. et al. Redesenho de sistemas convencionais de produção de aves para agroecológicos: limites e potencialidades. *Cadernos de Agroecologia*, v.10, n.3, 2015.

GÊMERO, C.G.; DUVAL, H.C.; SANTOS, A.H. et al. Fortalecimento da produção agroecológica de ovos através das ações de extensão do núcleo de agroecologia da Uniara. 20p. In: *Anais...* VII Simpósio sobre Reforma Agrária e Questões Rurais. Araraquara-SP: 2016.

GODINHO JÚNIOR, E.C.; ALVES, L.K.S.; SCHULTZ, E.B. et al. Demanda por ovos produzidos em sistemas livres de gaiolas: motivação, estratégias e estruturas de governança. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.60, n.4, e240053, 2022.

GROOT, E.; VIZÚ, J.B.Z. Preferência dos consumidores por sistemas de produção de ovos com diferentes condições de bem-estar animal. *Revista de Economia e Agronegócio*, v.19, n.1, p.01-24, 2022.

GUELBER SALES, M.N. *Criação de galinhas em sistemas agroecológicos.* Vitória-ES: Incaper, 2005. 284p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Agro 2017*. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/25789-censo-agro-2017-populacao-ocupada-nos-estabelecimentos-agropecuarios-cai-8-8.html> Acessado em 28 mai. 2023.

LEITE, D.C.; TELES, E.C.P.V. Comercialização de produtos agroecológicos a partir de circuito curtos: a experiência das feiras agroecológicas de Recife, Pernambuco. *Revista de Extensão da UNIVASF*, v.7, n.2, p.26-44, 2019.

LIMA, K.F.; MATOS, M.B.; SOUZA, M.N. Produção de aves em sistema de base agroecológica. *Vértices*, v.21, n.2, p. 205-219, 2019.

MACHADO FILHO, L.C.P.; AGUDELO, J.A.B.; PEREIRA, F.C. et al. Criação animal agroecológica: reflexões e desafios. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.18, n.1, p.214-237, 2023.

MENEGUELI, H.O.; FERRARI, J.L.; SIQUEIRA, H.M. Agroecologia brasileira no marco do plano nacional de agroecologia e produção orgânica: cenário atual, perspectivas e desafios. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, v.11, n.22, p.29-45, 2015.

MENEZES, N. A. Avicultura agroecológica no Planalto Sul Catarinense. *Agriculturas*, v.2, n.4, p.24-27, 2005.

RIBEIRO, I.B.; WOLFF, C.B. GARCIA, E.M. Monitoramento de criação de poedeiras na pequena propriedade familiar agroecológica. In: Cadernos de Agroecologia – *Anais...* Reunião Técnica sobre Agroecologia – Agroecologia, Resiliência e Bem Viver. Pelotas-RS, v.17, n..3, 2022.

ROCHA, T.C.; TAKICHITA, S.S.; CASSUCE, D.C. et al. A importância da criação de aves em sistema agroecológico para agricultura familiar. p.117-137. In: LANA, R.P. et al. *Anais de Palestras...* IX Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável – SIMBRAS. Viçosa-MG: Os Editores, 2018. 301p.

ROCHA, T.; SILVA FILHA, O.L.S.; ALMEIDA, R.L. et al. Desafios do mercado para os produtos de origem animal da agricultura familiar. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v.25, n.1, p.182-197, 2022.

ROVER, O.J.; PUGAS, A.S.; GENNARO, B.C. et al. Conventionalization of organic agriculture: a multiple case study analysis in Brazil and Italy. *Sustainability*, 12, 6580, 2020.

ROVER, O.J.; DAROLT, M.R. Circuitos curtos de comercialização como inovação social que valoriza a agricultura familiar agroecológica. p.19-43. In: DAROLT, M.R.; ROVER, O.J. *Circuitos curtos de comercialização, agroecologia e inovação social.* Florianópolis-SC: Estúdio Semprelo, 2021. 302p.

SANTOS, C.S.; ARAGÃO, E.M.; SANTOS, A.M. et al. Caracterização dos sistemas de produção de aves em Nossa Senhora da Glória, Sergipe: caipira, agroecológico e orgânico. *Ciência Agrícola*, v.19, n.2, p.135-143, 2021.

SILVA, L.M.; PIERRE, F.C. Agregação de valor na cadeia produtiva do frango de corte. 8p. In: *Anais...* 10ª. Jornada Científica e Tecnológica da FATEC Botucatu. Botucatu-SP: 10ª. JORNACITEC, 08 a 12 de novembro de 2021.

SILVA. R.S.T.; SILVA, R.E.N.; ENNE, L.G. et al. Perfil dos consumidores de ovos e percepção destes sobre os sistemas alternativos de produção considerando o bem-estar animal. *Revista da JOPIC*, v.6, n.10, p.17-29, 2021.

SOARES, K.R.; XIMENES, L.F. Ovos. *Caderno Setorial ETENE*, ano 8, n.269, 2023. 16p.

SOUZA, C.S.; VIEITES, F.M.; URIBE, F.J. et al. Tecnologia e sustentabilidade na cadeia avícola brasileira. p.239-267. In: LANA, R.P. et al. *Anais...* Palestras X Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável – SIMBRAS, 16 a 18 de setembro de 2020. Viçosa-MG: Os Editores. 438p.

SOUZA, C.S.; VIEITES, F.M.; CASTRO, A.C.S. et al. Technological, socioeconomic and territorial dynamics of poultry sector in Brazil – an example of efficient high quality protein production. *Public Policy Portuguese Journal*, v.6, n.3, p.37-45, 2021.

TABARRO, C.; FEIDEN, A. Produção de ovos em transição agroecológica – alternativa de diversificação de propriedade e permanência de jovens no campo. *Cadernos de Agroecologia*, v.11, n.2, 2016. 8p.

VELOSO, R.C.; REZENDE, T.B.A.; OLIVEIRA, D.G. Construção de aviário móvel para criação de galinhas caipiras no nordeste goiano. *Cadernos de Extensão do Instituto Federal Fluminense*, v.6, p.128-138, 2023.

VIEIRA, J.V.B. Agroecologia e ações antrópicas de bases mais sustentáveis. p.73-96. In: SOUSA, C.S.; SABIONI, S.C.; LIMA, F.S. *Agroecologia:* métodos e técnicas para agricultura sustentável. Guarujá-SP: Científica Digital, 2021.

VIEITES, F.M.; SOUZA, C.S. Avicultura agroecológica. p.221-239. In: LANA, R.P.; GUIMARÃES, G.; LIMA, G.S. *Anais...* Palestras VI Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável – SIMBRAS, 26 a 27 de setembro de 2014. Viçosa-MG: Os Editores, 2014. 239p.

VIEITES, F.M.; SOUZA, C.S.; OLIVEIRA, G.P. et al. Bem-estar na avicultura agroecológica. p.269-294. In: LANA, R.P. et al. *Anais...* Palestras X Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável – SIMBRAS, 16 a 18 de setembro de 2020. Viçosa-MG: Os Editores. 438p.

WEBER, J.; SILVA, T.N. A produção orgânica no Brasil sob a ótica do desenvolvimento sustentável. *Revista Desenvolvimento em Questão*, n.54, p.164-184, 2021.

Desenvolvimento Rural Sustentável

Identificação das demandas e metodologias participativas na elaboração de políticas públicas

Rodrigo Lopes de Almeida[1]

Políticas Públicas Agropecuárias e Sustentabilidade

As políticas públicas agropecuárias desempenham um papel crucial na busca pela sustentabilidade do setor produtivo e são fundamentais para garantir a segurança alimentar, promover o desenvolvimento socioeconômico e preservar o meio ambiente. Neste contexto, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) tem um papel central na elaboração, implementação e monitoramento dessas políticas.

A sustentabilidade é um conceito cada vez mais importante no setor agropecuário, que visa garantir a produção de alimentos de forma ambientalmente responsável, socialmente justa e economicamente viável. A adoção de práticas sustentáveis é essencial para preservar os recursos naturais para as gerações futuras, garantindo a continuidade da produção agrícola e pecuária.

Para alcançar a sustentabilidade no setor agropecuário, as políticas públicas desempenham um papel fundamental. Segundo Daniela Coimbra Swiatek e Francisco de Assis Rolim, autores do artigo "Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável", a implementação de políticas específicas, como o incentivo à agricultura

[1] Auditor Fiscal Federal Agropecuário – Zootecnista. Mestre e Doutor em Zootecnia. Coordenador-Geral de Tecnologias de Produção Diretor-Substituto de Reflorestamento e Recuperação de Áreas Degradadas

orgânica, aos sistemas agroflorestais - SAF's, o fomento à agroecologia e a adoção de tecnologias sustentáveis, contribui para a redução do impacto ambiental da atividade agrícola.

Nesse contexto, o Ministério da Agricultura e Pecuária exerce uma importante função na formulação e execução das políticas públicas voltadas para a sustentabilidade agropecuária. O MAPA atua como um articulador entre os diversos setores da sociedade, buscando promover o diálogo e a cooperação para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis no campo. O Ministério da Agricultura e Pecuária também tem como responsabilidade a fiscalização e o estabelecimento de normas regulatórias para o setor agropecuário. A implementação de padrões de qualidade, segurança e bem-estar animal são essenciais para garantir a sustentabilidade da produção agropecuária e a confiança dos consumidores nos produtos nacionais.

Além disso, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, vinculada ao MAPA, desempenha um papel relevante na promoção da pesquisa e da inovação no setor agropecuário. Desta forma, o órgão incentiva a adoção de novas tecnologias, especialmente aquelas relacionadas à Agricultura de Baixo Carbono - ABC, práticas mais eficientes e a capacitação dos produtores, visando aumentar a produtividade.

Compromissos Internacionais Brasileiros para a Sustentabilidade e sua Relação com a Agricultura

A busca pela sustentabilidade tem se tornado uma preocupação crescente em nível global, e o Brasil, como um importante ator no cenário agrícola, tem assumido compromissos internacionais visando à promoção de práticas sustentáveis na agricultura. Esses compromissos refletem a necessidade de equilibrar o desenvolvimento econômico com a conservação dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente. Neste texto, examinaremos alguns dos principais compromissos internacionais assumidos pelo Brasil e sua relação com a agricultura sustentável.

Acordo de Paris e a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, sigla em Inglês)

O Acordo de Paris, firmado em 2015 durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21), representa um marco no combate às mudanças climáticas. O Brasil, como signatário do acordo, assumiu compromissos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, com destaque para a diminuição do desmatamento e a recuperação de áreas degradadas.

Esses compromissos têm relação direta com a agricultura, um dos setores responsáveis pelas emissões de gases do efeito estufa no Brasil. De acordo com Cláudio Almeida (et al, 2020), em seu estudo "Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a low-carbon transition", a adoção de práticas agroecológicas, o manejo sustentável do solo e o reflorestamento de áreas degradadas são medidas essenciais para cumprir as metas estabelecidas na NDC brasileira.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, também conhecidos como Agenda 2030, são uma iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU) que visa promover a sustentabilidade em diversas áreas, incluindo a agricultura. O Brasil assumiu o compromisso de alcançar os 17 ODS, que incluem a erradicação da fome, o estímulo à agricultura sustentável e a adoção de práticas agrícolas mais eficientes e resilientes. O Brasil tem se empenhado em promover uma agricultura sustentável, incentivando a produção de alimentos de forma responsável, respeitando os recursos naturais e garantindo a inclusão social dos agricultores.

A promoção da agricultura sustentável envolve a adoção de práticas agroecológicas, o manejo responsável do solo, a redução do desmatamento e a recuperação de áreas degradadas. Além disso, o Brasil também deve considerar as exigências do mercado internacional em relação à sustentabilidade para manter sua competitividade e credibilidade como produtor agrícola.

Diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela busca por um desenvolvimento mais sustentável, o país deve continuar avançando na implementação de políticas públicas, na conscientização dos agricultores e na promoção da inovação tecnológica no setor, a fim de cumprir seus compromissos internacionais e garantir um futuro mais sustentável para a agricultura brasileira.

Papel do PPCDAm e do PPCerrado na Preservação Ambiental e Promoção de uma Agricultura Sustentável

Para conciliar a produção agrícola com a conservação ambiental, foram criados programas específicos, como o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) e o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado).

O PPCDAm e o PPCerrado desempenham um papel crucial na preservação ambiental e na promoção de uma agricultura sustentável no Brasil. Por meio da redução do desmatamento, do estímulo às práticas agroecológicas e do manejo responsável dos recursos naturais, esses programas contribuem para conciliar a produção agrícola com a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas.

No entanto, para alcançar resultados ainda mais significativos, é essencial o contínuo comprometimento do governo e da sociedade em prol da sustentabilidade. Investimentos em pesquisa, educação ambiental e incentivos para a adoção de práticas sustentáveis na agricultura são passos importantes para garantir um futuro equilibrado entre a produção agrícola e a preservação ambiental.

O Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)

O PPCDAm foi criado em 2004 como uma resposta ao crescente desmatamento na região amazônica. O programa visa integrar ações dos governos federal e estaduais, bem como da sociedade civil, para reduzir o desmatamento e promover o desenvolvimento

sustentável na Amazônia Legal. O plano tem sido fundamental para a redução das taxas de desflorestamento na região.

Além disso, o PPCDAm também desempenha um papel importante na promoção de uma agricultura sustentável. Ao adotar práticas agroecológicas e tecnologias de baixo impacto ambiental, os produtores são incentivados a desenvolver suas atividades agrícolas de forma mais responsável, sem comprometer a biodiversidade e os recursos naturais da Amazônia.

O Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado)

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e tem sido alvo de significativo desmatamento nas últimas décadas, principalmente para a expansão da agricultura e da pecuária. Com o objetivo de frear esse processo, o PPCerrado foi lançado em 2010. Assim como o PPCDAm, o PPCerrado também busca promover a agricultura sustentável na região. Através do incentivo à produção agroecológica, ao manejo sustentável do solo e à recuperação de áreas degradadas, o programa visa garantir a conservação dos recursos naturais do Cerrado e a preservação da biodiversidade.

As Pastagens Degradadas no Brasil: Um Desafio Ambiental

As pastagens desempenham um papel fundamental na pecuária brasileira, sendo responsáveis por grande parte da produção de carne e leite no país. No entanto, a degradação dessas áreas é um desafio ambiental significativo, comprometendo a produtividade, a sustentabilidade e a conservação dos recursos naturais. Com base em dados do projeto MAP Biomas e da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), podemos entender a dimensão desse problema e as consequências para o meio ambiente.

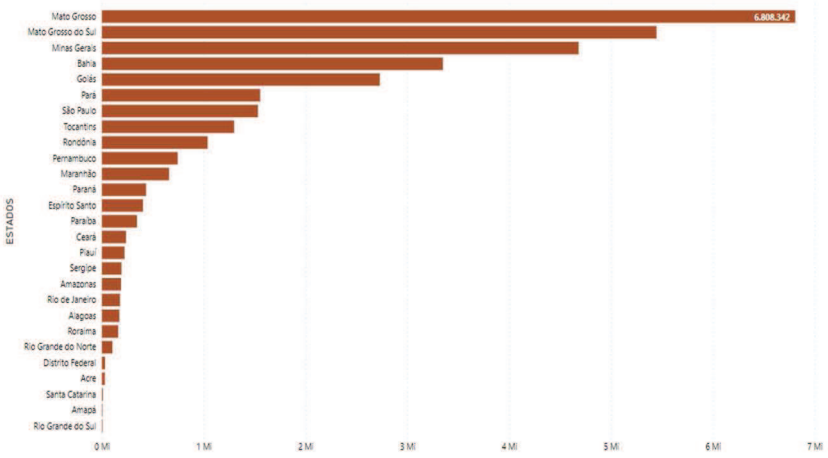


Figura 1 - Total de áreas degradadas por UF, com base nos dados do Mapbiomas.

Segundo os dados do MapBiomas, o Brasil possui cerca de 152 milhões de hectares de pastagens, sendo que 95 milhões de hectares encontram-se degradadas, o que representa mais de 60% da área total destinada à atividade pecuária. Ainda é possível observar que 33 milhões de hectares, aproximadamente, estão severamente degradados. Essa degradação resulta em perdas econômicas significativas para o setor agropecuário e contribui para a emissão de gases de efeito estufa, já que o solo degradado libera carbono para a atmosfera.

Ainda é possível observar, conforme a Figura 1, que as maiores extensões de pastagens degradadas se encontram nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia e Goiás. Desta forma, podemos concluir que percentual considerável das pastagens degradadas estão localizadas no cerrado, que é um dos biomas mais ameaçados e que possui apenas 8% de seu território em Unidades de Conservação (ICMBio, 2021). Desta forma, a degradação das pastagens é um fator adicional de risco para a biodiversidade e para a preservação ambiental.

Os impactos ambientais da degradação das pastagens são diversos. A compactação do solo reduz a infiltração de água,

aumentando o escoamento superficial e a erosão, o que pode resultar em assoreamento de rios e perda de biodiversidade aquática. Além disso, a degradação das pastagens compromete a capacidade do solo de armazenar água e nutrientes, tornando-o menos resistente às mudanças climáticas e mais suscetível a eventos extremos, como secas e enchentes.

A degradação das pastagens também está associada à expansão da fronteira agrícola, que leva ao desmatamento e à conversão de áreas naturais em áreas de produção agropecuária. Isso pode levar à perda de habitats naturais, à fragmentação de ecossistemas e à redução da biodiversidade.

Enfrentar o problema das pastagens degradadas é um desafio complexo que exige ações integradas por parte do governo, da sociedade civil e do setor produtivo. É fundamental investir em tecnologias e práticas sustentáveis de manejo das pastagens, como a rotação de culturas, o pastejo rotacionado, o uso de adubos orgânicos e a recuperação de áreas degradadas.

A assistência técnica e a capacitação dos produtores também são fundamentais para disseminar conhecimentos e incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis. Além disso, é importante fortalecer a fiscalização e a aplicação de políticas de regularização ambiental para

evitar o avanço sobre áreas protegidas e promover a restauração de áreas degradadas.

Investir na recuperação das pastagens degradadas não apenas contribuirá para a conservação do meio ambiente e a redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também aumentará a produtividade do setor agropecuário e a renda dos produtores. A promoção de uma agricultura sustentável e a conservação dos recursos naturais são pilares fundamentais para garantir um futuro equilibrado para o Brasil e para o planeta como um todo.

O Potencial de Recuperação de Pastagens Degradadas no Brasil e sua Conversão para Sistemas Integrados

Apesar das pastagens degradadas representarem um desafio ambiental significativo no Brasil, o país também possui um grande potencial para a recuperação dessas áreas e sua conversão para sistemas integrados, que combinam diferentes atividades agrícolas e pecuárias de forma sinérgica e sustentável.

Potencial de Recuperação de Pastagens Degradadas

O Brasil possui uma vasta extensão de pastagens degradadas, com estimativas de mais de 95 milhões de hectares, conforme dados do MapBiomas. A degradação ocorre principalmente devido ao manejo inadequado, a falta de reposição de nutrientes, a compactação do solo e a erosão, entre outros fatores.

Apesar do cenário desafiador, há um grande potencial de recuperação dessas áreas. O uso de técnicas de recuperação de solo, como a adubação, a correção da acidez e a introdução de espécies forrageiras mais nutritivas e resistentes, pode melhorar a qualidade das pastagens e aumentar a produtividade do rebanho. A utilização de práticas sustentáveis de manejo, como o pastejo rotacionado, também contribui para a recuperação e conservação das pastagens.

Sistemas Integrados como Alternativa Sustentável

A conversão das pastagens degradadas para sistemas integrados, como a integração lavoura-pecuária (ILP) e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), surge como uma alternativa altamente sustentável para a utilização dessas áreas. Estes sistemas combinam diferentes atividades produtivas em uma mesma área, promovendo sinergia entre elas e otimizando a utilização dos recursos naturais.

Na integração lavoura-pecuária, a combinação de culturas agrícolas com a pecuária em uma mesma área possibilita a rotação de culturas e a recuperação do solo. As culturas agrícolas contribuem para a fixação de nutrientes no solo, enquanto a pecuária se beneficia da melhoria da qualidade das pastagens, resultando em maior produtividade e rentabilidade para o produtor.

Já na integração lavoura-pecuária-floresta, além da combinação das atividades agrícolas e pecuárias, inclui-se a introdução de áreas florestais, como reservas e sistemas agroflorestais. Essa integração com a floresta promove a recuperação de áreas degradadas, contribui para a preservação da biodiversidade e possibilita a geração de renda com a produção sustentável de madeira e produtos florestais não madeireiros.

Benefícios dos Sistemas Integrados

A adoção de sistemas integrados traz uma série de benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a atividade agropecuária. Além de contribuir para a recuperação das pastagens degradadas, esses sistemas favorecem a conservação dos recursos naturais, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a promoção da biodiversidade.

A diversificação das atividades produtivas em uma mesma área também aumenta a resiliência do sistema frente a variações climáticas e econômicas, tornando o produtor menos dependente de uma única fonte de renda.

Tecnologias do Plano de Agricultura de Baixo Carbono como Transição para uma Agricultura Sustentável

A busca por uma agricultura mais sustentável e de baixo impacto ambiental tem sido uma prioridade global, diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela necessidade de conservação dos recursos naturais. No Brasil, o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC+) surge como uma estratégia fundamental para impulsionar essa transição rumo a uma agricultura mais sustentável. Dentre as tecnologias de Baixo Carbono, pode-se destacar:

Sistemas Agroflorestais (SAFs)

Os Sistemas Agroflorestais são uma das tecnologias promovidas pelo Plano ABC que visam integrar culturas agrícolas com espécies florestais em uma mesma área. Essa integração traz diversos benefícios, como a recuperação de áreas degradadas, a diversificação da produção e a promoção da biodiversidade. Os SAFs auxiliam na redução das emissões de gases de efeito estufa, ao mesmo tempo em que sequestram carbono da atmosfera, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

Plantio Direto na Palha (PD)

O Plantio Direto é uma técnica que consiste em semear a cultura agrícola sem a necessidade de arar ou revolver o solo, mantendo a palhada da cultura anterior na superfície. Essa prática reduz a erosão e a compactação do solo, além de aumentar a matéria orgânica, melhorando sua fertilidade e retenção de água. Com o PD, há uma menor liberação de carbono para a atmosfera, tornando-se uma ferramenta importante para a agricultura de baixo carbono.

Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

A Fixação Biológica de Nitrogênio é um processo realizado por bactérias presentes em leguminosas, como a soja e o feijão, que

capturam o nitrogênio do ar e o transformam em compostos nitrogenados que podem ser utilizados pelas plantas como nutrientes. A utilização de culturas com FBN reduz a necessidade de adubos nitrogenados sintéticos, que são altamente emissoras de gases de efeito estufa. Além disso, contribui para a melhoria da fertilidade do solo e a economia de recursos para o produtor.

Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

A integração de lavoura, pecuária e floresta é uma estratégia abrangente que combina diferentes atividades produtivas em uma mesma área, promovendo a sinergia entre elas e maximizando o uso dos recursos naturais. O ILPF contribui para a recuperação de áreas degradadas, o aumento da produtividade agropecuária, a conservação da biodiversidade e a mitigação das mudanças climáticas, ao sequestrar carbono na biomassa florestal.

Recuperação de Pastagens Degradadas e Sistemas Integrados com Espécies Frutíferas Nativas do Cerrado

A prática inadequada de manejo, o uso excessivo do solo e a falta de estratégias sustentáveis têm contribuído para a degradação progressiva das áreas de pastagem em diversas regiões, incluindo o Cerrado brasileiro. No entanto, a recuperação dessas áreas e a adoção de sistemas integrados que incorporam espécies frutíferas nativas do Cerrado, tais como pequi, baru e cagaita, podem oferecer uma abordagem promissora para a restauração da produtividade e a conservação da biodiversidade.

A recuperação de pastagens degradadas é um processo complexo que requer uma combinação de práticas de manejo ecológico, incluindo o controle de invasoras, a correção do solo, a adubação equilibrada e a escolha adequada das espécies a serem utilizadas. Ao incorporar espécies frutíferas nativas do Cerrado, é possível agregar múltiplos benefícios ao sistema, como a restauração da fertilidade do solo, a atração de polinizadores e a criação de oportunidades

econômicas adicionais através da comercialização dos frutos, sementes e outros produtos não madeireiros, além de produção de madeira para consumo interno e comercialização.

O Cerrado é conhecido por ser um dos hotspots de biodiversidade do mundo, abrigando uma grande variedade de espécies vegetais e animais. No entanto, muitas dessas espécies estão ameaçadas de extinção devido ao desmatamento e à degradação contínua do habitat natural. A integração de espécies frutíferas nativas do Cerrado com a atividade pecuária pode ajudar a reverter esse cenário, fornecendo novos habitats e corredores ecológicos para a fauna e flora da região.

Além disso, a diversificação das pastagens com espécies frutíferas pode melhorar a qualidade nutricional da dieta dos animais, promovendo, assim, ganhos em produtividade pecuária. As árvores e arbustos frutíferos também oferecem sombra e proteção contra condições climáticas adversas, o que contribui para o bem-estar animal e reduz o estresse térmico.

Para implementar com sucesso sistemas integrados de pastagens com espécies frutíferas nativas do Cerrado, é fundamental o planejamento cuidadoso, a escolha adequada das espécies de plantas, o monitoramento regular e a capacitação dos produtores rurais. O conhecimento local dos agricultores e pecuaristas é inestimável nesse processo, pois eles compreendem melhor as dinâmicas específicas da região e as necessidades de suas propriedades.

Além disso, é importante mencionar que a recuperação de pastagens degradadas e a implementação de sistemas integrados com espécies frutíferas requerem um comprometimento a longo prazo, pois os resultados podem levar alguns anos para serem plenamente percebidos. Investimentos em pesquisa, incentivos governamentais e parcerias entre o setor público e privado também são fundamentais para viabilizar e promover a adoção dessas práticas sustentáveis.

Em suma, a recuperação de pastagens degradadas e a adoção de sistemas integrados com espécies frutíferas nativas do Cerrado representam uma oportunidade valiosa para promover a restauração ambiental, aumentar a produtividade agropecuária e contribuir para a conservação da rica biodiversidade dessa região. Essas práticas inovadoras são um passo crucial em direção a uma agricultura mais

sustentável e ao equilíbrio entre a produção de alimentos e a preservação do meio ambiente.

Papel do Estado como promotor do desenvolvimento sustentável

O Estado, conforme já mencionado, tem o papel de fomentador e regulador. Por meio de suas políticas públicas é possível atender os compromissos internacionais e promover a melhoria da qualidade de vida da população. Claro que problemas complexos demandam abordagens participativas, com foco no desenvolvimento territorial sustentável, e compromissos dos diversos setores da sociedade. Na elaboração de uma política pública com foco na recuperação de áreas degradadas devem ser desenvolvidas estratégias e ações para:

- promover a conversão de pastagens degradadas para cultivo permanente de grãos;
- promover o restabelecimento da capacidade produtiva de pastagens degradadas;
- recuperação da capacidade de suporte e da produtividade de áreas consolidadas com pecuária (pasto/pasto), no sentido de ampliar o contingente de matrizes- aumento na lotação e índices zootécnicos;
- promover a redução da pressão de expansão das atividades agropecuárias para ambientes florestais naturais, contribuindo para a descarbonização da atividade e redução na emissão de metano entérico;
- promoção e incentivo ao uso de tecnologias estabelecidas no Programa ABC+ contempladas pelas linhas de crédito já em operação;
- desenvolver estudos complementares para definir territórios cujas condições edafoclimáticas, da infraestrutura e da logística, permitindo definir territórios prioritários, com maior acurácia, e amplitude e potencial de impacto das ações;
- dinamizar as ações por meio de incentivos adicionais na obtenção de créditos aqueles produtores que aderirem a requisitos mínimos contemplados na agenda ESG; e

- ampliar a capacitação dos diferentes elos da cadeia, envolvendo especialmente os agentes que operacionalizam crédito, produtores, notadamente os pequenos e médios.

Processo Participativo na Construção de Políticas Públicas Agropecuárias

O processo participativo na construção de políticas públicas representa um avanço significativo no engajamento cidadão e na democracia. Ao envolver uma variedade de partes interessadas, como cidadãos, grupos da sociedade civil e especialistas, busca-se a criação de políticas mais inclusivas e eficazes, que reflitam as necessidades reais da população.

Esse processo começa com a identificação do problema a ser abordado e a convocação de diferentes segmentos da sociedade para contribuir com ideias e perspectivas. Fóruns públicos, consultas, audiências e plataformas online são utilizados para colher opiniões e sugestões, permitindo que grupos normalmente sub-representados também participem.

À medida que as propostas são desenvolvidas, há uma troca contínua de informações entre os responsáveis pela formulação da política e os participantes. Isso ajuda a refinar as ideias e a considerar uma variedade de impactos potenciais. Além disso, promove a transparência e a accountability, uma vez que as decisões são tomadas de forma mais aberta e informada.

No entanto, o processo participativo também enfrenta desafios. A diversidade de opiniões pode levar a conflitos e dificuldades na tomada de decisões. Além disso, garantir que as contribuições sejam genuinamente consideradas, e não apenas simbólicas, é crucial para a eficácia desse processo.

O processo participativo na construção de políticas públicas é fundamental para a criação de um ambiente democrático e inclusivo. Ao envolver uma ampla gama de stakeholders, busca-se garantir que as políticas resultantes sejam mais representativas e capazes de atender às necessidades reais da sociedade.

Plano Amazônia+Sustentável

O Plano Amazônia+Sustentável representa um marco importante na busca por um desenvolvimento sustentável e equitativo na região amazônica. Esse plano incorpora uma abordagem inovadora, onde o processo participativo desempenha um papel crucial na identificação dos territórios a serem contemplados. Ademais, além de utilizar os levantamentos e estudos em curso para promover a recuperação de áreas degradadas e de forma indireta promover o efeito de poupar nossas áreas, essas políticas, por meio da integração de políticas públicas federais, estaduais, locais e iniciativas privadas, busca promover sinergias e complementaridade das ações.

O processo participativo envolve a colaboração ativa de comunidades locais, povos indígenas, organizações da sociedade civil e outros stakeholders. Esses grupos são envolvidos desde as fases iniciais de diagnóstico e planejamento, contribuindo com conhecimentos tradicionais, experiências de manejo sustentável e preocupações específicas relacionadas à região amazônica.

Através de consultas públicas, reuniões comunitárias e oficinas estaduais e territoriais, os moradores locais têm a oportunidade de compartilhar seus pontos de vista sobre as necessidades e aspirações de seus territórios. Isso garante que as políticas e iniciativas propostas estejam alinhadas com as realidades e desafios enfrentados por essas comunidades e a elaboração de uma carteira de projetos fidedignos às necessidades locais.

O envolvimento direto das populações locais não apenas fortalece a legitimidade do Plano Amazônia+Sustentável, mas também ajuda a evitar impactos negativos sobre o meio ambiente e os modos de vida tradicionais. A abordagem participativa incentiva a co-responsabilização e a co-criação das soluções, promovendo a sustentabilidade a longo prazo.

No entanto, é essencial abordar desafios como a representatividade plena de todos os grupos, garantindo que vozes historicamente marginalizadas também sejam ouvidas. Além disso, é importante que os resultados desse processo se traduzam em ações concretas, com recursos adequados para implementação e monitoramento eficaz.

Consideraçõe finais

A prevenção do desmatamento e a necessidade de produzir alimentos de forma sustentável são prioridades do Estado Brasileiro e para isso o governo vem trabalhando em estratégias e políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável. Tais políticas são creditícias, regulatórias e de fomento. Entretanto, por se tratar de uma questão complexa, a necessidade de articulação com outros setores da sociedade, tais como iniciativa privada, sociedade civil e governos estaduais e locais, é fundamental para atingir o objetivo, sem perder de mente as necessidades dos atores locais. Ademais, surge a necessidade de promover a recuperação e conversão de área degradadas, em especial as pastagens degradadas do cerrado, em áreas produtivas, seja com pecuária, produção de grãos, ou seja, em sistemas integrados. O sucesso dessas iniciativas são fundamentais para o atingimento dos compromissos internacionais do Brasil, bem como para melhorar a imagem da agropecuária brasileira no mundo.

Referências bibliográficas

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Plano Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC). Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/plano-abc. Acesso em: 18 de Julho de 2023.

Embrapa. Tecnologias do Plano ABC. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/5703/tecnologias-do-plano-abc. Acesso em: 18 de Julho de 2023.

Embrapa. Pastagens: Cenários e Desafios para o Brasil. Embrapa Gado de Corte, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/gado-de-corte/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154609/pastagens-cenarios-e-desafios-para-o-brasil.

MAP Biomas. Disponível em: https://mapbiomas.org/

Embrapa. Pastagens: Cenários e Desafios para o Brasil. Embrapa Gado de Corte, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/gado-de-corte/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154609/pastagens-cenarios-e-desafios-para-o-brasil.

Instituto Chico Mentes - ICMBio, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado

Veríssimo, Adalberto et al. "O Papel do PPCDAm na Redução do Desmatamento na Amazônia". Imazon, 2020.

Ministério do Meio Ambiente e das Mudança do Clima - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). Disponível em

https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/prevencao-e-controle-do-desmatamento/amazonia-ppcdam-1

Rede de ONGs da Mata Atlântica e Cerrado. "PPCerrado: Análise de Impactos e Efetividade". Rede de ONGs da Mata Atlântica e Cerrado, 2019.

Almeida, Cláudio et al. "Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a low-carbon transition". Climate Policy, 2020.

Campos, Márcio. Inovação no Agronegócio e o Papel do Ministério da Agricultura. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2022.

SIMBRAS

XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

Os novos

OBJETIVOS

DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

em nível global

Realização:

UFV ufjf Embrapa 50 ANOS Global Gestão PROJETOS E PARCERIAS

Apoio:

CAPES FUNARBE Fundação Arthur Bernardes Fundação FACEV Cultura, Extensão e Ensino Reinvente-se

ISBN: 978-65-00-80953-4

CBL

9 786500 809534