

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

**Consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso em frangos de
corte alimentados com óleos ácidos: Revisão sistemática e meta-análise em
rede**

Brenna Kelen Mello de Freitas

Pelotas, 2021

Brenna Kelen Mello de Freitas

Consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos: Revisão sistemática e meta-análise em rede

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Victor Fernando Buttow Roll

Co-orientadora: Dra. Aline Piccini Roll

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

F863c Freitas, Brenna Kelen Mello de

Consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos: revisão sistemática e meta-análise em rede / Brenna Kelen Mello de Freitas ; Victor Fernando Buttow Roll, orientador ; Aline Piccini Roll, coorientadora. — Pelotas, 2021.

75 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Aves. 2. Desempenho. 3. Óleo de soja. 4. Óleo de palma. 5. Óleo ácido esterificado. I. Roll, Victor Fernando Buttow, orient. II. Roll, Aline Piccini, coorient. III. Título.

CDD : 636.51

Brenna Kelen Mello de Freitas

Consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos: Revisão sistemática e meta-análise em rede

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 13 de agosto de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Victor Fernando Buttow Roll (Orientador).
Doutor em Produção Animal pela Universidad de Zaragoza.

Prof. Ph.D. Fernando Rutz.
Doutor em Nutrição e Alimentação Animal pela University Of Kentucky.

Prof. Dr. Gilberto Dávila.
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas.

Dra. Juliana Forgiarini
Doutora em Produção Animal pela Universidade Federal de Pelotas.

Aos meus pais, meu irmão e meu sobrinho

DEDICO

Agradecimentos

A Deus, por permitir o dom da vida. O Senhor que ouve as minhas orações e age na minha vida da forma mais justa possível. Ao Deus maravilhoso, sinônimo de amor e compaixão, que sempre está a me guardar e proteger.

Aos meus pais, Maria Neide e Eduardo Pereira, por acreditarem nos meus sonhos, pelo amor, apoio, incentivo, cuidados e auxílio para chegar onde estou e ser a pessoa que sou hoje.

Ao meu irmão, Bruno Freitas, pela amizade, amor, apoio, cuidado e dedicação extraordinária. Não poderia pedir a Deus um irmão melhor.

Ao meu sobrinho, Benício Freitas, que me apresentou o amor de tia e que, mesmo tão pequeno e sem intenção, incentiva-me a ser uma pessoa melhor.

À UFPel e ao PPGZ, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado e pela estrutura essencial para minha formação acadêmica e pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos. Sem este auxílio a realização do mestrado não seria possível.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Victor Roll, por acreditar em mim e no meu potencial. Agradeço enormemente pelos ensinamentos, paciência, incentivo e acolhimento como sua orientanda.

À equipe do Grupo de Estudos em Aves e Suínos de Pelotas (GEASPel), em especial as meninas, Aline Roll, Carolina Oreques, Diciane Giehl, Joyce Lopes, Renata Cedres e Suelen Nunes, pelo acolhimento, companhia, momentos compartilhados e pelo mate diário na sala 412.

Aos professores e colegas do PPGZ, pelos ensinamentos repassados e pela contribuição em minha formação acadêmica e profissional.

Ao Prof. Ph.D. Fernando Rutz, Prof. Dr. Gilberto Dávila e à Dra. Juliana Forgiarini, por terem aceitado fazer parte da banca examinadora da minha dissertação e pelos comentários e correções realizados.

Às minhas amigas e amigos de Manaus, que apesar da distância continuaram a me apoiar e a torcer pelo meu sucesso.

À toda minha família (madrinha, padrinhos, tias, tios, primas, primos e cunhada), pela torcida, carinho e preocupação, mas principalmente por me receber com as comidas típicas que amo sempre que retorno à Manaus.

Aos meus vizinhos, Gisa, Ismael e Bernardo, que me acolheram praticamente como uma filha. Sou grata pelo carinho e ajuda recebidos desde a minha chegada à Pelotas.

Ao Popó (*in memoriam*), que me acompanhou por quase 18 anos, vindo a partir ano passado, em meio a esta caminhada. Sou grata pelos momentos que vivemos, os quais estão eternizados em meu coração.

À todas as pessoas que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

MEUS SINCEROS E ETERNOS AGRADECIMENTOS

*“Se você tem conhecimento, deixe os outros acenderem as
suas velas nele.”*

(Margaret Fuller)

*“As mudanças mais bonitas não vêm com calma e sossego.
São uma ventania incontrolável jogando tudo pra cima.
Nada cai no mesmo lugar. Nem as coisas, nem o coração,
nem você.”*

(Ryane Leão)

Resumo

FREITAS, Brenna Kelen Mello de. **Consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos: Revisão sistemática e meta-análise em rede**. Orientador: Victor Fernando Buttow Roll. 2021. 75 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

Os óleos ácidos (OA) são coprodutos do refino de óleos para o consumo humano, e têm sido utilizados como fonte de energia alternativa ao óleo de soja (OS) na nutrição de aves. Assim, foi executada esta revisão sistemática, onde foram selecionados 13 estudos publicados em plataformas eletrônicas para a meta-análise em rede com o objetivo de avaliar os efeitos da utilização de OA sobre consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) em frangos de corte. As variáveis respostas foram analisadas utilizando um modelo de heterogeneidade de variância inversa (IVhet) através da diferença média padronizada entre aves suplementadas com OA vs OS (controle positivo) e sem óleos (controle negativo). A meta-análise mostrou que a suplementação com OA não afeta o CR em comparação ao OS, mas favorece o CR se comparado com dietas sem óleo. A CA é pior em aves alimentadas com óleo ácido de soja (OAS) em comparação com OS, enquanto que a mistura de OAS + OS a 50% é suficiente para tornar a CA equivalente ao OS. Dentre os óleos ácidos mais estudados, dietas com OAS apresentaram melhor CA comparado a dietas sem óleo. Frangos de corte recebendo dietas sem óleo tem menor GP em comparação com OS ou OAS. Para manter o desempenho de frangos de corte, na ausência de OS é preferível usar óleos ácidos do que não usar nenhum óleo na formulação das dietas.

Palavras-chave: aves, desempenho, óleo de soja, óleo de palma, óleo ácido esterificado, variância inversa.

Abstract

FREITAS, Brenna Kelen Mello de. **Feed intake, feed conversion and weight gain in broilers fed with acid oils: Systematic review and network meta-analysis.**

Advisor: Victor Fernando Buttow Roll. 2021. 75 f. Dissertation (Masters in Animal Science) – Postgraduate Program in Animal Science, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

Acid oils (AO) are by-products of oil refining for human consumption, and have been used as an alternative energy source to soybean oil (SO) in poultry nutrition. Therefore, this systematic review was based on 13 studies published on electronic platforms, for the network meta-analysis in order to evaluate the effects of AO use on feed intake (FI), feed conversion (FC) and weight gain (WG) in broilers. The response variables were analyzed using an inverse variance heterogeneity model (IVhet) through the standardized mean difference between birds fed diets containing AO vs SO (positive control) or not (negative control). The meta-analysis demonstrated that AO supplementation does not affect FC compared to SO, but favors FI compared to non-oil supplemented diets. Feed conversion was worse in birds fed diets containing acid soy oil (ASO) compared to SO, while 50% ASO + SO mixture was enough to make FC equivalent to SO. Among the most studied acid oils, diets with ASO had better FC compared to diets without oil. Broilers fed diets without oil have lower WG compared to SO or ASO. To maintain the broilers performance, in the SO absence it is preferable to use acid oils rather than to use no oil in the diet formulation.

Keywords: poultry, performance, soybean oil, palm oil, esterified acid oil, inverse variance.

Lista de figuras

Capítulo I

Figura 1	Principais ácidos graxos presentes em óleos e gorduras: saturados ((a)- palmítico; (b)- esteárico) e insaturados ((c)- oleico, com uma ligação dupla; (d)- linoleico, com duas ligações duplas; (e)- linolênico, com três ligações duplas).....	19
Figura 2	Esquema com as moléculas precursoras do triglicerídio.....	21
Figura 3	Refino físico e químico de óleos vegetais brutos, com a produção de óleos ácidos como coprodutos.....	29
Figura 4	Reação de esterificação. Formação de triacilgliceróis (a), diacilgliceróis (b) e monoacilgliceróis (c) a partir da reação entre glicerol e ácidos graxos.....	34

Capítulo II

Figura 1	Diagrama PRISMA-P (MOHER et al., 2009), mostrando o número total de registros identificados e selecionados em cada etapa da revisão sistemática.....	47
Figura 2	Gráfico da meta-análise em rede com as comparações disponíveis.....	50
Figura 3	Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) do consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas com óleo de soja.....	51
Figura 4	Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) do consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas sem óleo.....	52
Figura 5	Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) da conversão alimentar em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas com óleo de soja.....	54

Figura 6	Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) da conversão alimentar em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas sem óleo.....	55
Figura 7	Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) do ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas com óleo de soja.....	56
Figura 8	Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) do ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas sem óleo.....	58

Lista de tabelas

Capítulo II

Tabela 1	Descrição das principais características selecionadas para a meta-análise dos 13 estudos incluídos na revisão sistemática.....	48
Tabela 2	Resultados de consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas com óleo de soja.....	51
Tabela 3	Resultados de consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas sem óleo.....	52
Tabela 4	Resultados de conversão alimentar em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas com óleo de soja.....	53
Tabela 5	Resultados de conversão alimentar em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas sem óleo.....	54
Tabela 6	Resultados de ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas com óleo de soja.....	56
Tabela 7	Resultados de ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas sem óleo.....	57

Lista de abreviaturas e siglas

AG	Ácido graxo
AGL	Ácido graxo livre
DG	Diglicerídio
EM	Energia metabolizável
EMAn	Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio
IVhet	Modelo de heterogeneidade de variância inversa
Kcal	Quilocaloria
Kg	Quilograma
MG	Monoglicerídio
OA	Óleo ácido
OAA	Óleo ácido de algodão
OAB	Óleo ácido de bagaço de oliva
OAG	Óleo ácido de girassol
OAP	Óleo ácido de palma
OAPE	Óleo ácido de palma esterificado
OAS	Óleo ácido de soja
OASE	Óleo ácido de soja esterificado
OP	Óleo de palma
OS	Óleo de soja
OScontrole	Óleo de soja controle
PICO	Patient, intervention, comparison and outcome
sn	Número estereoespecífico
SO	Sem óleo
TG	Triglicerídio

Sumário

CAPÍTULO I

1. Introdução.....	16
2. Revisão de literatura.....	18
2.1 Lipídios.....	18
2.2 Ácidos graxos.....	19
2.3 Digestão e absorção de lipídios pelas aves	21
2.4 Utilização de lipídios na nutrição de frangos de corte	24
2.5 Fontes lipídicas utilizadas na nutrição de frangos de corte	26
2.5.1 Lipídios de origem animal	26
2.5.2 Lipídios de origem vegetal	27
2.6 Óleos ácidos	28
2.6.1 Esterificação de óleos ácidos.....	33
Referências	36

CAPÍTULO II

1. Introdução.....	42
2. Material e Métodos	43
2.1 Critérios de elegibilidade	43
2.2 Fontes de informação	43
2.3 Análise estatística	44
3. Resultados.....	46
3.1 Estudos identificados e informações extraídas	46
3.2 Consumo de ração	50
3.3 Conversão alimentar	53
3.4 Ganho de peso.....	55
Discussão	59
Conclusões.....	62

Referências	63
Anexos	66

CAPÍTULO I

Revisão de literatura

1. Introdução

A eficiência do desempenho das aves está diretamente relacionada com os ingredientes e nutrientes utilizados na formulação da ração. As dietas devem ser capazes de atender às exigências nutricionais das aves. Devido ao intenso melhoramento genético, vem se obtendo linhagens de alto potencial de rendimento de mercado, portanto, são requeridas dietas com concentração energética mais elevada para que as aves possam desenvolver seu potencial genético ao máximo.

As formulações de rações para frangos de corte têm como base o milho e o farelo de soja. Estes ingredientes não possuem as quantidades adequadas de energia para que os frangos de corte alcancem seu máximo desempenho, sendo necessário incluir ingredientes com maior densidade energética, como os óleos e gorduras.

A inclusão de fontes lipídicas na nutrição das aves é vista como vantajosa, pois além de fornecer alta densidade energética às rações e ácidos graxos essenciais (linoleico e linolênico) às aves, estas também contribuem para melhorar a conversão alimentar, a absorção das vitaminas lipossolúveis e a consistência das rações fareladas e peletizadas.

Os ácidos graxos são derivados dos óleos e gorduras, podendo apresentar em sua estrutura uma cadeia saturada (sem duplas ligações) ou insaturada (com duplas ligações). O comprimento da cadeia carbônica e o número de duplas ligações influenciam diretamente na digestibilidade do óleo/gordura pelas aves. Dessa maneira, os lipídios de origem vegetal, quando comparados com os de origem animal, são digeridos mais facilmente pelas aves por possuírem altos níveis de ácidos graxos insaturados.

Alimentos alternativos de qualidade são utilizados para reduzir o custo final nos sistemas de produção de aves, como os resíduos, subprodutos e os coprodutos das indústrias de alimentos. O uso desses coprodutos na ração animal justifica-se pelo baixo custo, por serem atóxicos e não fazerem parte da dieta humana. Além disso, quando não aproveitados, podem poluir o meio ambiente (OLIVEIRA, 2008).

Alguns coprodutos, como óleos ácidos procedentes do refino químico e físico de gorduras e óleos, são uma alternativa econômica interessante, quando comparados a outras fontes de gordura usadas rotineiramente, como óleo de soja ou de palma. Os óleos ácidos são caracterizados por uma maior proporção de

ácidos graxos livres e menor proporção de triglicerídios com um perfil semelhante de ácidos graxos em comparação aos óleos nativos (VILARRASA, 2014). Dessa forma, os óleos ácidos têm menor digestibilidade e menor valor energético do que os seus respectivos óleos nativos.

Diante do pressuposto, com o objetivo de reunir o maior número de trabalhos bibliográficos elegíveis para responder aos questionamentos que existem quanto ao efeito da inclusão de óleos ácidos em dietas de frangos de corte sobre variáveis de desempenho, a realização de uma revisão sistemática e meta-análise em rede se mostra essencial.

2. Revisão de literatura

2.1 Lipídios

Os termos gordura, óleo ou lipídios utilizados de forma genérica englobam um grande número de compostos que têm em comum a insolubilidade em água, mas são solúveis em solventes orgânicos. Quimicamente caracterizam-se por terem em sua estrutura ácidos graxos (AGs) e compreendem produtos tais como gorduras neutras, lipídios estruturais, ceras e ácidos graxos livres (GALLINGER; KESSLER, 1999). Os lipídios contêm maior proporção de carbono e hidrogênio, 2,25 vezes mais energia por unidade de peso que os carboidratos (BAIÃO; LARA, 2005).

O que usualmente diferencia o óleo da gordura é o seu estado de solidez à temperatura ambiente. O termo “óleo” identifica a gordura na forma líquida à temperatura ambiente, indicando alto grau de instauração e baixo ponto de fusão. O termo “gordura” é comum para identificar a forma sólida à mesma temperatura, ou seja, baixo grau de instauração e elevado ponto de fusão. Outro fator que afeta o estado físico de um lipídio é o número de átomos de carbono do ácido graxo. Quanto menor é a cadeia carbônica de um ácido graxo, maior é a tendência do lipídio a ser líquido em temperatura ambiente. Assim, o óleo de coco é líquido, embora seja quase completamente saturado. Os óleos das plantas tropicais têm ácidos graxos com 12 a 14 carbonos. Em contrapartida, a maioria dos óleos e gordura tem 16, 18 ou 20 carbonos (GALLINGER; KESSLER, 1999; PUPA, 2004; RABER, 2007).

Os lipídios podem, ainda, ser denominados como azeites, quando provenientes da polpa de frutos (oliva, dendê, etc.), ou como manteiga, termo reservado para certas gorduras vegetais (cacau, shea, illipé, karité) (JORGE, 2009).

A maior parte das gorduras naturais é composta de 98 a 99% de triacilgliceróis e a grande maioria desses são de cadeias longas. O restante 1 a 2%, referidos como componentes minoritários, incluem traços de mono e diacilgliceróis, ácidos graxos livres, fosfolipídios, cerídios, constituintes insaponificáveis, clorofila e os produtos de alteração (JORGE, 2009).

Segundo González; Silva (2006), as principais funções dos lipídios no organismo são: constituir a estrutura das membranas biológicas, manter reservas de energia, fornecer moléculas precursoras dos hormônios esteroidais e das

prostaglandinas, manter o calor corporal e servir de suporte e proteção das vísceras.

2.2 Ácidos graxos

Os ácidos graxos são derivados dos óleos e gorduras, sendo estes derivados dos hidrocarbonetos, suas cadeias carbônicas podem variar de 4 a 36 carbonos (C_4 a C_{36}), podendo essa cadeia ser totalmente saturada (sem duplas ligações) e não ramificada ou conter em sua cadeia uma ou mais duplas ligações (insaturados) (NELSON; COX, 2014).

Em relação a sua diferenciação, existem os ácidos graxos que contêm apenas ligações simples, que são chamados de saturados ou de gorduras (Figuras 1a e 1b), apresentando cadeia linear. Os ácidos graxos que possuem uma ou mais ligações duplas são chamados de insaturados ou de óleos (Figuras 1c, 1d e 1e), sendo que geralmente não apresentam cadeia ramificada, porém, alguns apresentam anéis, metilações e grupos hidroxilas. O ácido graxo monoinsaturado apresenta apenas uma ligação dupla na sua estrutura, enquanto que os poli-insaturados apresentam duas ou mais ligações duplas entre os carbonos (SAKOMURA et al., 2014).

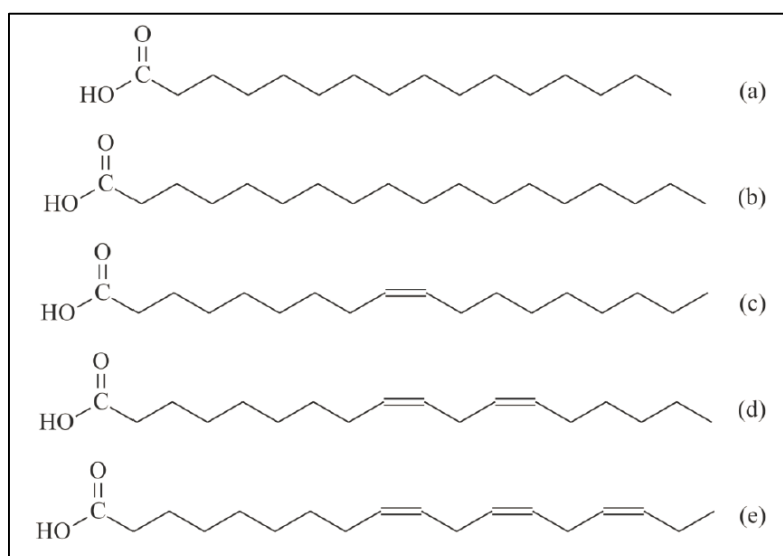


Figura 1 - Principais ácidos graxos presentes em óleos e gorduras: saturados ((a)- palmítico; (b)- esteárico) e insaturados ((c)- oleico, com uma ligação dupla; (d)- linoleico, com duas ligações duplas; (e)- linolênico, com três ligações duplas).

Fonte: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 5.

A insaturação refere-se à presença de dupla ligação no AG. São exemplos de ácidos graxos que podem ilustrar cada quantidade de duplas ligações, uma: ácido palmitoléico (16:1) e ácido oléico (18:1); duas: ácido linoléico (18:2); três: linolênico (18:3); quatro: araquidônico (20:4), entre outros. Já a saturação ocorre quando todas as suas ligações são preenchidas ou saturadas. Os ácidos graxos saturados têm a fórmula geral $C_nH_{2n}O_2$ e os principais são: butírico (4), capróico (6), caprílico (8), cáprico (10), láurico (12), mirístico (14), palmítico (16), esteárico (18) e araquídico (20), sendo os três primeiros líquidos em temperatura ambiente (PUPA, 2004).

A consistência apresentada pelos AGs (ponto de fusão) é influenciada pelo comprimento e grau de insaturação da cadeia hidrocarbonada e esta diferença no ponto de fusão é devido ao grau de empacotamento das moléculas. No caso dos AGs saturados, as ligações carbono-carbono permitem uma rotação livre e flexível à cadeia hidrocarbonada, o que resulta em maior estabilidade. Esses AGs podem se agrupar em interações com outros átomos por ligações de van der Waals (SAVARIS, 2019).

Os AGs insaturados possuem duplas ligações na forma cis, que ocasiona uma dobra na cadeia hidrocarbonada. Quanto maior o número dessas dobras, menor a estabilidade do AG, visto que sua interação com outras moléculas é mais fraca. Neste caso, como menos energia é necessária para desestruturar estes arranjos, menor é o ponto de fusão dos AGs insaturados (NELSON; COX, 2014).

Os triglicerídios ou triacilgliceróis (TGs) são os lipídios mais simples constituídos de AGs e também são os encontrados em maior abundância na natureza. Os TGs são compostos formados por uma molécula de glicerol associada a três moléculas de AGs a partir de ligações do tipo éster (Figura 2). Em misturas complexas, são a base de formação dos óleos e gorduras de origem vegetal e animal. Os três AGs que compõem a molécula do TG podem ser os mesmos ou diferentes. Se os três AGs são idênticos, obtêm-se um glicerídio simples e se diferentes, um misto. (LEHNINGER; NELSON; COX, 2000).

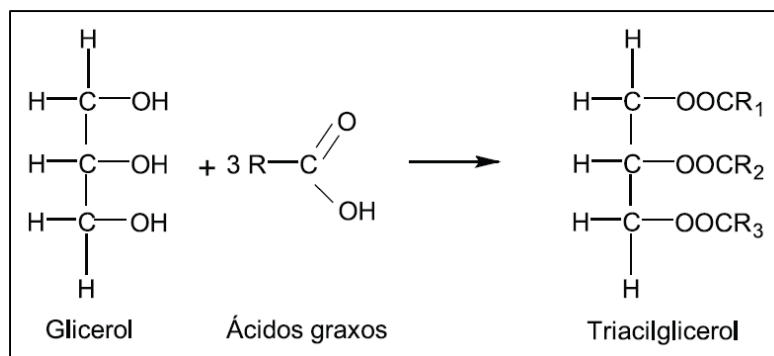


Figura 2 - Esquema com as moléculas precursoras do triglicerídeo.

Fonte: JORGE, 2009, p. 50.

É importante salientar que a digestibilidade dos óleos e gorduras é dependente de vários fatores: comprimento da cadeia carbônica, número de duplas ligações, a presença ou ausência de ligações ésteres (TGs ou AGLs), o arranjo específico dos AGs saturados ou insaturados na ligação com o glicerol, a composição dos AGLs e da dieta, o tipo e quantidade de TGs suplementados na dieta, a idade do animal (Baião; Lara, 2005) e a flora intestinal (LEESON; SUMMERS, 2001). Assim, o metabolismo lipídico é intimamente ligado à qualidade da fonte de gordura utilizada na ração e influencia o desenvolvimento corporal dos frangos de corte (POLYCARPO et al., 2014).

Avaliando metabolicamente, a utilização de lipídios vegetais parece ser mais adequada para aves, uma vez que contêm maior concentração de AGs insaturados, como oléico, linoléico e linolênico, que podem ser facilmente digeridos pelas aves em diferentes fases de criação (DUARTE, 2007), por possuírem maior afinidade com enzimas digestivas.

2.3 Digestão e absorção de lipídios pelas aves

A digestão ocorre através da ação de enzimas digestivas presentes ao longo de todo o trato gastrointestinal e inclui processos mecânicos, químicos e absorptivos. Após a apreensão do alimento por meio do bico, o processo de digestão inicia através de todo o trato intestinal, por meio dos diversos movimentos peristálticos e antiperistálticos. Quando o alimento chega ao intestino delgado, previamente digerido (SWENSON; REECE, 1996), a absorção dos AGs ocorre na metade distal do jejuno e, em menor grau, no íleo (SWENSON; REECE, 2017).

As gorduras da dieta geralmente estão na forma de TGs. As glândulas linguais produzem lipase faríngea, que converte os TGs em AGs, monoglicerídeos (MG) e diglicerídeos (DG) (SWENSON; REECE, 2017). Para tanto, é necessário a presença de emulsificantes que torne a gordura disponível à ação de enzimas digestivas. Para que ocorra a digestão e absorção de lipídios no lúmen intestinal é necessária a presença de secreções biliares e pancreáticas (BUENO, 2006).

A secreção da bile ocorre pela ação do hormônio colecistoquinina que, por meio da corrente sanguínea, estimula a contração da vesícula biliar e simultaneamente ocorre o relaxamento do esfíncter de Oddi, liberando a bile por ductos císticos para a luz do intestino. A ação da colecistoquinina é estimulada pela presença da gordura no lúmen intestinal (SWENSON; REECE, 1996).

A procolipase é clivada pela tripsina para formar colipase ativa, cofator necessário para a atividade total da lipase. A lipase, a colipase e os sais biliares atuam em conjunto sobre a gordura emulsificada, convertendo os TGs em MGs e AGLs. Os AGs e MGs liberados, bem como o colesterol e as vitaminas lipossolúveis, são circundados por sais biliares, formando micelas. Os AGs e os MGs são incapazes de ter acesso à membrana apical dos enterócitos vilosos para a sua absorção, em virtude de sua natureza hidrofóbica. Entretanto, a micela, que transporta sua carga de lipídios, é circundada por sais biliares cujas extremidades hidrofílicas se projetam (SWENSON; REECE, 2017).

A solubilidade dos lipídios na fase micelar depende de fatores como comprimento da cadeia carbônica do AG, posição dos AGs na molécula de glicerol, teor de AGLs e do grau de saturação do AG, flora intestinal e composição da dieta na qual os AGs são adicionados (LARA, 2004). Dessa forma, os AGs poli-insaturados de cadeia média e longa (polares) são mais solubilizados na fase micelar do que os AGs saturados de cadeia longa (apolares), o que resulta em maiores coeficientes de absorção e consequentemente maiores valores energéticos para as fontes insaturadas (KROGDAHL, 1985; WISEMAN; SALVADOR, 1991).

O processo de absorção do conteúdo das micelas para os enterócitos ocorre por difusão. Estas estruturas micelares são capazes de conter outros compostos lipídicos como colesterol e vitaminas lipossolúveis. As micelas em contato com a superfície das células epiteliais sofrem uma dissolução e os componentes são

absorvidos no jejuno. Dentro das células os MGs e AGs são reesterificados em TGs (AUST, 2012) e acondicionados em portomícrons (SWENSON; REECE, 2017).

Nos mamíferos, os TGs reesterificados são acondicionados dentro dos quilomícrons, que entram nos ductos quilíferos (capilares linfáticos) das vilosidades para que sejam levados ao sangue. As aves não têm ductos lactíferos nas vilosidades, de modo que os portomícrons são absorvidos diretamente para a circulação sanguínea porta-hepática (SWENSON; REECE, 2017). Aproximadamente 80 a 95% dos AGs presentes no intestino de frangos adultos são absorvidos (REECE, 1993).

Por não serem solúveis no sangue, os lipídios necessitam estar ligados a substâncias denominadas de apolipoproteínas para serem transportados na corrente sanguínea dos tecidos de origem para os tecidos nos quais eles serão armazenados ou consumidos. O transporte ocorre pelo plasma sanguíneo na forma de lipoproteínas plasmáticas, que são a união entre apolipoproteínas e lipídios. Essa união forma várias classes de partículas lipoproteicas. A produção das lipoproteínas é regulada pelos níveis de colesterol (VILELA, 2006).

Depois da absorção, os lipídios circulantes no plasma sanguíneo são utilizados pelas células para a produção de energia ou são usadas para a formação de reserva do tecido adiposo por processos sintéticos (DIAS, 2014).

O fígado, o sangue e os tecidos adiposo e muscular merecem destaque no processo de absorção dos lipídios. O fígado e o tecido adiposo são os principais sítios de atividade metabólica, enquanto o sangue serve como sistema de transporte. Já o tecido muscular, como o esquelético e cardíaco, são importantes consumidores de AGs e corpos cetônicos (BERNARDINO, 2009).

A maior parte dos lipídios está armazenada nos adipócitos, células especializadas nesta função, sob a forma de TGs neutros altamente insolúveis. O agrupamento de adipócitos forma o tecido adiposo, localizado subcutaneamente. Porém, a maior parte da gordura em aves encontra-se como gordura abdominal, característica indesejável para frangos de corte selecionados para ganho de peso (BERNARDINO, 2009).

Segundo Dvorin et al. (1998), o aproveitamento da energia dos lipídios pelas aves, está inteiramente ligado à sua digestibilidade e absorvabilidade, que dependem de alguns fatores como a idade das aves, o grau de saturação do lipídio, o tamanho da cadeia carbônica, a concentração de AGLs e esterificados e a

afinidade pela proteína ligadora de AGs. A influência da idade da ave, nesse processo, está relacionada à maturação dos órgãos que compõem o sistema digestório, incluindo a produção de enzimas digestivas como a lipase, amilase e protease (POLYCARPO, 2011).

Para um bom desempenho das aves é de grande importância que seja mantida a integridade das células epiteliais da mucosa gastrintestinal. Paim (2011) ressalta que parte da energia ingerida pelas aves é destinada para a manutenção da mucosa e quanto maior a necessidade de reparo da mesma, menor será a energia líquida de produção, sendo que a energia conservada pelo reduzido *turnover* de células no epitélio intestinal poderá ser utilizada para desenvolvimento de outros tecidos, permitindo ao animal o seu máximo desempenho zootécnico.

2.4 Utilização de lipídios na nutrição de frangos de corte

O setor avícola brasileiro, com a finalidade de maximizar a produtividade e diminuir os custos de produção, introduziu novas linhagens de alto rendimento no mercado, obrigando-se a adotar novos critérios de manejo e nutrição dos frangos de corte (DIAS, 2014). Dessa forma, a utilização de rações com maior densidade energética se tornou essencial para que os frangos de corte possam expressar todo seu potencial produtivo (DUARTE, 2007).

O principal alimento energético utilizado nas dietas para aves é o milho. No entanto, a alta exigência por aminoácidos essenciais das linhagens modernas de frangos de corte faz com que a quantidade de farelo de soja e outros ingredientes proteicos sejam bastante elevados na formulação de rações, limitando a quantidade da inclusão do milho nas mesmas. Somando-se a isso, a alta exigência de energia metabolizável destas linhagens acarreta na necessidade da suplementação das dietas com fontes lipídicas (BERTECHINI, 2012). Levando em conta que as gorduras fornecem a mais alta densidade energética ao menor custo por unidade de energia, e que a energia significa três quartos do custo total da formulação, as gorduras tornam-se parte importante das rações (BAIÃO; LARA, 2005).

De acordo com Sakomura et al. (2014), de 3% a 8% da composição das rações de aves são lipídios. A substituição de carboidratos e proteínas por lipídios tem a capacidade de diminuir o incremento calórico na dieta. Isso ocorre pelo fato

que as moléculas de lipídios são metabolizadas mais facilmente, necessitando de um sistema menos complexo.

Os lipídios são utilizados nas rações de aves como excelente fonte de energia e AGs essenciais. A utilização destes ingredientes tem por objetivo aumentar o nível energético das rações, melhorar a conversão alimentar, a absorção das vitaminas lipossolúveis e propiciar uma melhoria na consistência das rações fareladas e/ou peletizadas (PUPA, 2004; BAIÃO; LARA, 2005; OLIVEIRA, 2008).

A adição de lipídios nas rações promove um efeito benéfico no desempenho dos frangos, muitas vezes apresentando um valor biológico superior ao esperado. Esse benefício ou efeito extra calórico, geralmente, reflete em melhoria na taxa de crescimento, na utilização dos nutrientes da ração e no seu conteúdo de energia metabolizável. Considerando a idade das aves, o nível de inclusão e os tipos de gordura, recomenda-se valores de energia metabolizável (EM) de 5800 a 10640 kcal EM/kg, o que excede seu conteúdo de energia bruta. Torna-se fundamental, portanto, a determinação do valor de EM das fontes de gordura disponíveis no mercado para auxiliar o nutricionista na formulação de rações de qualidade a mínimo custo, uma vez que o uso de gorduras na ração está condicionado a seu custo de mercado (OLIVEIRA, 2008).

Uma alternativa encontrada pela indústria e produtores para reduzir os custos da porção energética das rações foi a mistura entre fontes energéticas. De acordo com Gaiotto (2000), essas misturas demonstram um potencial de utilização não apenas pelo desempenho e qualidade da carcaça, mas também pelas vantagens econômicas apresentadas.

Além disso, no caso dos óleos e gorduras, deve ser considerado o fato de estes serem suscetíveis a processos de deterioração, variada concentração de AGLs, bem como outras substâncias que podem reduzir a digestibilidade, tais como matéria insaponificável (incluindo esteróis, álcoois graxos, hidrocarbonetos e pigmentos), fosfolipídios e impurezas oriundas do material do qual o óleo é extraído (DUARTE, 2007). Somando-se a isto, de acordo com Baron, L.; Pazinato; Baron, C. (2020), esses lipídios precisam estar em condições adequadas, para que se obtenha o resultado esperado na adição de componentes, pois a oxidação pode levar ao desenvolvimento de alterações fisiológicas indesejadas.

2.5 Fontes lipídicas utilizadas na nutrição de frangos de corte

A dieta é um dos fatores determinantes quando se avalia o desempenho zootécnico de frangos de corte, pois a nutrição é fundamental para o desenvolvimento físico e fisiológico desses animais (DUARTE, 2007).

A escolha do tipo de gordura e da forma mais eficiente de uso para aves tem sido muito estudada, com intuito de incrementar processos de digestão e absorção destes ingredientes nas diferentes fases da criação das aves. Tais pesquisas têm sido desenvolvidas englobando diferentes fontes de gordura e suas combinações (POLYCARPO, 2011).

Na nutrição animal há uma diversidade de fontes lipídicas, tanto de origem vegetal como de origem animal, que podem ser aproveitadas como ingredientes na formulação das dietas (DIAS, 2014). Por conterem mais energia em comparação aos carboidratos, os óleos vegetais e as gorduras de origem animal são opções valiosas para formulações de dietas com elevada densidade energética a baixo custo por unidade de energia (ALMEIDA, 2007).

2.5.1 Lipídios de origem animal

Nas últimas décadas houve uma expansão da produção de animais gerando maior quantidade de animais abatidos para atender a demanda mundial por carne. Como consequência de tamanha produção animal e aumento de resíduos produzidos pelos frigoríficos e, dada à importância do uso de resíduos industriais, estudos são orientados para determinar o melhor nível de utilização desses subprodutos. Dentre os diversos subprodutos gerados, têm-se os coprodutos protéicos como as farinhas de carne e ossos, sangue, vísceras, penas e de peixe, criados a partir do abate dos animais; e os coprodutos energéticos, óleos e gorduras/sebos, obtidos dos tecidos animais após processamento industrial das carnes (AMORIM et al., 2015).

As fontes lipídicas de origem animal normalmente apresentam maiores variações de composição e maior proporção de AGs saturados quando comparadas às de origem vegetal. No entanto, quando de boa qualidade, podem ser utilizadas nas rações de aves proporcionando resultados satisfatórios (DUARTE, 2007).

Dentre as vantagens da utilização de gorduras animais nas rações podem ser citadas os preços mais acessíveis, aumento do poder energético, aumento da facilidade de ingestão, desde que as gorduras não tenham sofrido alteração, facilidade de absorção das vitaminas lipossolúveis, diminuição da pulverulência, melhora da manipulação industrial, facilidade de produção de “pellets” e diminuição do desgaste das máquinas responsáveis pela prensagem (PAIM, 2011). Contudo, para a sua recomendação, deve-se ter o conhecimento de suas origens, pois é possível que esse item possa vir a se tornar um problema (AMORIM et al., 2015).

Entre as fontes lipídicas de origem animal que podem ser utilizadas para a fabricação de rações temos o óleo de vísceras de aves, o sebo bovino, a banha suína e o óleo de peixe (DUARTE, 2007).

2.5.2 Lipídios de origem vegetal

Os óleos vegetais são produtos obtidos da extração de óleo das sementes ou grãos, sendo ricos em AGs poli-insaturados. São considerados ingredientes com uma composição interessante para o uso avícola sob o ponto de vista metabólico, uma vez que têm maior riqueza em AGs insaturados (oleico, linoleico e linolênico) que são melhores assimilados pelas aves nas diferentes fases de criação (LARA, 2004). Segundo Bertechini (2012), a falta do ácido linoléico no organismo das aves pode gerar um crescimento irregular, podendo ainda, afetar o fígado, propiciando maior depósito de gordura no órgão.

Os nutricionistas têm utilizado óleos vegetais como fonte de lipídios para frangos de corte, visto que são uma ferramenta valiosa na formulação de rações, pois suprem os altos requerimentos de energia, permitindo aos animais alcançar um ótimo ganho de peso e conversão alimentar, garantindo a formulação de rações com alta densidade energética e baixo custo por unidade de energia, e ainda, um maior aproveitamento dos ingredientes da ração, já que reduzem a taxa de passagem do alimento pelo trato (DUARTE, 2007). Os óleos vegetais, quando comparados às gorduras de origem animal, normalmente apresentam preços mais elevados, porém maior disponibilidade de mercado.

Os óleos vegetais podem proporcionar efeito benéfico no desempenho das aves, muitas vezes apresentando valor biológico superior ao esperado, com

melhoria na taxa de crescimento, reduzem a taxa de passagem dos alimentos pelo trato, sendo mais facilmente absorvidos no intestino, a depender de sua composição em AGs, e ainda, permitem um maior aproveitamento dos ingredientes da ração (BAIÃO; LARA, 2005; FASCINA, 2007).

As principais fontes lipídicas de origem vegetal são: o óleo de soja, óleo ácido de soja, óleo de girassol, óleo de algodão, óleo de palma, óleo de milho, óleo de linhaça e o óleo de canola. Algumas dessas fontes lipídicas têm sua utilização limitada pelo preço, como os óleos de milho, girassol e canola, ou ainda, pela produção regionalizada e dificuldade de distribuição dos óleos de algodão e palma (DUARTE, 2007).

Gaiotto (2000) afirma que o óleo de soja é a fonte de gordura mais utilizada na produção avícola. No entanto sua utilização torna-se inviável durante escassez de oferta nacional ou internacional de grãos de soja, pois os preços do óleo extraído da soja tendem a elevar-se. Fontes alternativas de energia, como sebo bovino, óleo ácido de soja ou óleo de vísceras de aves, têm preços mais baixos que o óleo de soja e seu uso nas rações pode representar economia, desde que o desempenho das aves não seja comprometido. Além das fontes citadas, as misturas entre estas podem apresentar um potencial de utilização nas formulações de rações. O potencial apresentado pelas misturas não apenas se dá pelo desempenho e qualidade da carcaça, mas também pelas vantagens econômicas.

2.6 Óleos ácidos

A inclusão de lipídios é uma prática comum na formulação de rações destinadas a animais monogástricos, devido ao alto consumo de energia. Para empresas do setor de alimentação animal é uma prioridade dispor de fontes de gordura de qualidade a um preço competitivo. Fontes alternativas de lipídios, como coprodutos derivados do processo de refino de óleo vegetal, como óleos ácidos (OAs), são uma alternativa econômica interessante, quando comparados a outras fontes de lipídios usadas rotineiramente, como óleo de soja ou de palma. O preço de alguns óleos brutos, como o óleo de soja, tem aumentado constantemente devido a produção de biodiesel. Portanto, há um interesse crescente em incluir fontes alternativas de energia em substituição aos lipídios convencionais com o

objetivo de reduzir o custo de produção associado à produção de rações (VILARRASA; FRAGUA; BARROETA, 2011; VIÑADO, 2019).

Vieira et al. (2002) e Vilarrasa (2014) afirmam que os OAs são alternativas economicamente interessantes aos óleos nativos, representando a possibilidade de aumento na oferta de suplementos energéticos para uso em rações, e, consequentemente, aumentando a competitividade desse mercado. Além disso, a reintrodução desses coprodutos na cadeia alimentar por meio da produção animal pode contribuir para obter sistemas de produção mais ecológicos, reduzindo o potencial de contaminação do meio ambiente com material orgânico através da reciclagem de grande parte dos resíduos originados do processo de refino de óleos vegetais.

Os OAs são coprodutos obtidos através do processo de refino de óleos brutos, os quais podem ser submetidos aos processos de refino químico ou refino físico (Figura 3).

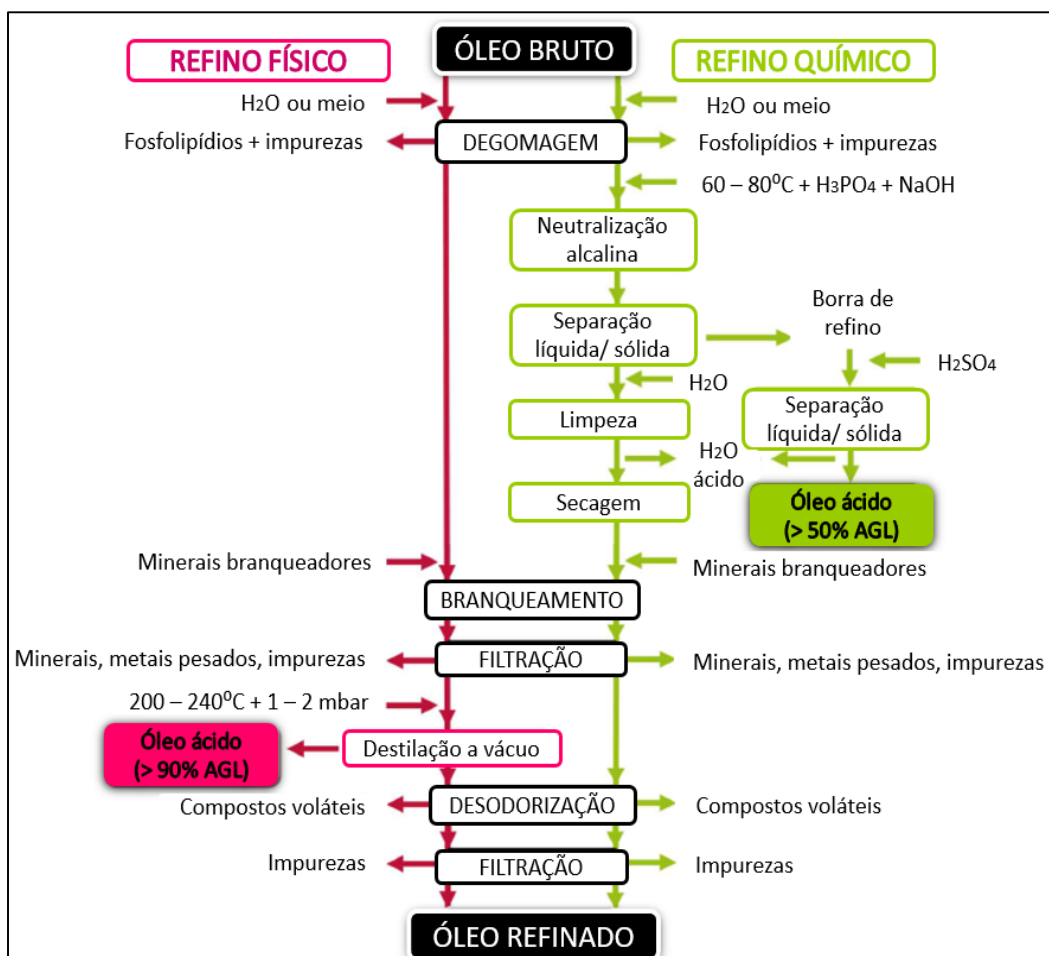


Figura 3 - Refino físico e químico de óleos vegetais brutos, com a produção de óleos ácidos como coprodutos. AGL = ácidos graxos livres.

Fonte: Adaptado de VILARRASA, 2014, p. 9.

Para a formação de OAs por meio do refino químico as principais etapas são (RAMALHO; SUAREZ, 2013; NAVARRO; RODRIGUES, 2016):

- a. Degomagem: Consiste na retirada de fosfatídeos, proteínas e outras substâncias coloidais por meio da adição de água ao óleo bruto;
- b. Neutralização: Adiciona-se uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) a 5%, que separa do óleo degomado os ácidos graxos livres, pois a solução alcalina reage com estes ácidos para formar sabões, baixando a acidez do óleo;
- c. Separação: A mistura passa por um processo de centrifugação, que separa os sabões formados (borra) do óleo. A borra obtida é utilizada para produção de sabões de baixa qualidade ou para a produção de ácidos graxos (óleos ácidos) após a sua acidificação com ácidos minerais fortes, como o ácido sulfúrico (H_2SO_4);
- d. Limpeza: O óleo sofre uma ou duas lavagens com 10 a 20% de água aquecida à temperatura de 80°C a 90°C, sendo submetido a nova centrifugação para remoção de sabão residual (borra).

Enquanto que para a formação de OAs por refino físico são necessárias as seguintes etapas (RAMALHO; SUAREZ, 2013; NAVARRO; RODRIGUES, 2016):

- a. Degomagem: Segue processo idêntico ao do refino químico;
- b. Branqueamento: São removidos os compostos solúveis (pigmentos) que conferem cor ao óleo através da adsorção destes na superfície de uma mistura de carvão ativado e argilas naturais (terra clarificante);
- c. Filtração: Realizada através de um filtro prensa, retira impurezas e os finos resultantes do processo de extração mecânica (partículas da matéria prima), branqueamento (terra clarificante que absorveu os pigmentos), winterização (ceras) e desodorização (polimento);
- d. Destilação a vácuo: Ocorre a remoção da borra do óleo durante o processo de degomagem no método especial e remoção de ácidos graxos em processo de desodorização por vapor.

Após as etapas citadas o óleo segue até que o seu processo de refino seja totalmente realizado. Dependendo do tipo de óleo e das impurezas presentes, algumas etapas são omitidas. Como no caso do processo de winterização, aplicado aos óleos de girassol e milho, onde as ceras do óleo são removidas (ANTONIASSI; FREITAS, 2020).

O objetivo do processo de refino é reduzir o conteúdo de AGLs e remover outras impurezas, como fosfolipídios, materiais oxidados, materiais coloridos, metais e sabores indesejáveis presentes em óleos brutos, garantindo a qualidade, estabilidade e valor nutricional do produto final (VILARRASA, 2014; FEDIOL, 2020), ou seja, tornar os óleos brutos adequados à alimentação.

A escolha do método de refino é determinada pelas características do óleo bruto, podendo ser físico ou químico. Os óleos com baixa acidez (como os de girassol e milho), em geral, são submetidos ao refino químico, e óleos de alta acidez (como o de palma), para redução de perdas de processo, ao refino físico que é o mais indicado. O método de refino mais comum é tratando a gordura ou óleo com uma solução alcalina, ou seja, o refino químico. Isso resulta em uma grande redução de AGL por meio de sua conversão em sabões solúveis em água. Durante este processo, uma proporção semelhante de TG é emulsionada, de modo que o produto final contenha proporções semelhantes de AGL e TG. Em contraste, óleos com baixo teor de fosfolipídios, como óleo de palma, podem sofrer destilação a vácuo, ou seja, refino físico. Este processo faz uso do ponto de ebulição mais baixo de AGL quando comparado ao ponto de ebulição de TG. A principal diferença entre os OAs oriundos de ambos os processos de refino é o teor de AGL, portanto, OAs oriundos de refino químico tem um conteúdo menor de AGL (>50%) do que aqueles oriundos de refino físico (>90%) (VILARRASA, 2014; VIÑADO, 2019; ANTONIASSI; FREITAS, 2020; FEDIOL, 2020).

A quantidade de AGL a ser retirada do óleo dependerá do processo de extração, do grau de conservação do grão e das condições de estocagem, pois condições adversas favorecem a hidrólise do TGs e aumento de AGL. Além disso, o processo de degomagem do óleo pode interferir na neutralização do óleo quando as gomas não são retiradas adequadamente, causando emulsificação do óleo e carregando-o para a “borra de refino”. O óleo carregado pela goma dificulta a hidrólise da “borra de refino” pelo ácido sulfúrico para formar o OA (GAIOTTO, 2004).

Os OAs apresentam de 75% a 95% de AGs presentes nos óleos dos quais se originam. Tais ácidos se encontram, principalmente, na forma de AGL e, em pequena proporção, na forma de TGs. Em razão dessa característica, os OAs têm menor digestibilidade e valor energético do que os neutros dos quais procedem (VILÁ; ESTEVE-GARCIA, 1996).

Como a “borra de refino” é considerada um resíduo para as plantas processadoras, mistura-se a “borra de refino” proveniente de diversos grãos processados para posterior transformação em OA. Com este procedimento, a composição dos AGs do OA é extremamente variada, dificultando sua classificação e padronização (GAJOTTO, 2004).

A exemplo disso, Vieira et al. (2002) avaliando dietas para frangos de corte formuladas com óleo ácido de soja encontraram valor energético de 8114 kcal EM_A/kg de matéria seca, valor 5% inferior ao apresentado pelo óleo degomado de soja (8540 kcal EM_A/kg). Machado; Vieira; Quadros (2003) trabalhando com frangos de corte de uma e cinco semanas de idade, encontraram para óleo de soja e óleo ácido de soja, respectivamente, valores de 8135 e 7701 kcal EM_A/kg para a primeira semana e 9314 e 8559 kcal EM_A/kg para a quinta semana. Por sua vez, Gaiotto (2004), avaliando a EM em todas as quatro fases de criação de frangos de corte, encontrou para o óleo ácido de soja valores de 6620, 6768, 7610 e 7793 kcal EM_A/kg e para o óleo de soja 8038, 8861, 8866 e 9094 kcal EM_A/kg, respectivamente nas fases pré-inicial, inicial, crescimento e final.

Apesar dos valores energéticos distintos apresentados pelos estudos, nota-se que os valores de EM do óleo de soja sempre se apresentam superiores ao do óleo ácido de soja, analisando-se frangos de corte dentro da mesma fase de criação, o que se justifica devido ao grande teor de AGLs em OAs quando comparados aos óleos dos quais são provenientes. Paralelamente, a idade dos frangos é um fator importante na determinação desses valores energéticos, visto que tais resultados cresceram conforme a idade dos frangos foi avançando, pois aves mais velhas possuem os órgãos do sistema digestório mais desenvolvidos e uma melhor produção de enzimas digestivas e de micelas, resultando em uma digestão e absorção mais eficiente dos lipídios. Dessa maneira, pode-se afirmar que frangos de corte com idade mais avançada, na fase de crescimento a partir dos 21 dias de idade, assimilam mais eficientemente os OAs.

Entretanto, em termos econômicos, torna-se difícil contabilizar e estimar a produção mundial total de OA, pois nem todo óleo bruto é refinado, tanto o utilizado na nutrição animal quanto o de uso industrial. Além disso, a mistura de OAs provenientes de fontes variadas é uma prática comum da indústria. Portanto, não há estatísticas oficiais específicas para a produção e para os preços/custos de OAs, o que dificulta na visualização do tamanho da indústria e do mercado desse

coproduto. Contudo, segundo Cheah; Toh; Koh (2010), os OAs são gerados em quantidades que variam entre 1,1 a 10% do óleo bruto total processado.

Obviamente, a utilização do OA em rações para animais depende da manutenção de garantias mínimas de qualidade, como a manutenção de um produto sem adulteração pela inclusão de outros óleos de baixa qualidade. É necessário também que os produtores de OA garantam a mesma qualidade dos demais óleos com relação à umidade, impurezas e ao teste de insaponificação (análise usualmente chamada de MIU). Além da garantia de qualidade, a grande limitação para o uso deste produto diz respeito ao valor energético do mesmo (VIEIRA et al., 2002).

2.6.1 Esterificação de óleos ácidos

A indústria, pesquisadores e avicultores consideram um problema o fato dos OAs apresentarem digestibilidade e valor energético reduzidos quando comparados aos óleos neutros dos quais se originam, por conta da quantidade elevada de AGL presente. Vilarrasa; Fragua; Barroeta (2011) afirmam que por esse motivo tem-se trabalhado na possibilidade de agregar valor aos OAs transformando-os em produtos com melhor qualidade e valor nutricional para alimentação animal.

Atualmente, as estratégias de modificação de lipídios incluem fracionamento, hidrogenação e interesterificação. Uma ênfase especial tem sido dada a interesterificação, por vezes também conhecida como esterificação, pois esse é o processo usado para obter OAs esterificados (VILARRASA, 2014).

O termo interesterificação refere-se à classe de reações em que um óleo/gordura ou outros materiais compostos de ésteres de ácidos graxos reagem com ácidos graxos (acidólise), álcoois (alcoólise/esterificação) ou com outros ésteres (transesterificação), com troca dos grupos de ácidos graxos, para produzir um novo éster (STIRTON, 1964).

Basicamente, a reação de esterificação ocorre quando se tem ésteres na presença de um álcool de cadeia curta para formar novos ésteres e água como subproduto. No caso dos OAs, tem-se a esterificação entre AGs e um álcool como o glicerol, para formar MG, DG e TG, além de água (Figura 4).

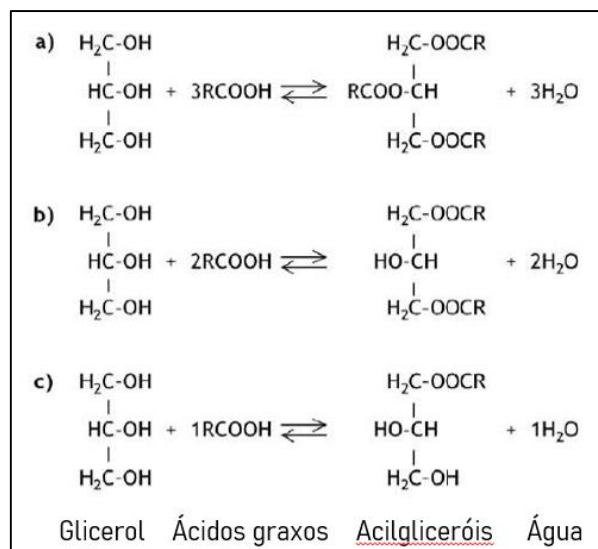


Figura 4 - Reação de esterificação. Formação de triacilgliceróis (a), diacilgliceróis (b) e monoacilgliceróis (c) a partir da reação entre glicerol e ácidos graxos.

Fonte: Adaptado de VILARRASA, 2014, p. 14.

A reação de esterificação é um processo reversível e o ácido catalisa tanto a reação direta (esterificação) como a reação inversa (hidrólise do éster). Assim, para deslocar o equilíbrio em favor dos produtos pode-se utilizar dois métodos: remoção de um dos produtos, preferencialmente a água, ou utilizar em excesso um dos reagentes, como o álcool (NEVES, 2008), sendo o segundo método o mais utilizado atualmente.

A taxa de conversão do AG em ésteres depende diretamente da maneira como a reação será conduzida, bem como das condições do processo. Assim o curso da esterificação será influenciado por vários fatores que incluem: qualidade da matéria-prima (teor de AGL e presença de água), temperatura reacional, razão molar álcool/ácido graxo e concentração de catalisador (LIMA, 2007).

Os OAs esterificados, em comparação com seus óleos neutros, possuem a mesma composição de AG, mas com novas propriedades físico-químicas (diferentes proporções de MG, DG e TG e diferentes arranjos de AG). Dessa forma, a esterificação pode melhorar a digestibilidade dos OAs, tendo em vista que uma proporção maior de AGs saturados pode estar localizada na posição sn-2 dos TGs formados, pois a absorção de ácidos palmítico e esteárico é inferior nas posições sn-1 e sn-3 em comparação com a posição sn-2. Isso ocorre porque a reação de esterificação produz gorduras com arranjos aleatórios dos AGs em TGs (LINDERBORG; KALLIO, 2005). Além disso, como os MG e DG são agentes emulsificantes, eles são capazes de melhorar a digestibilidade e absorção das

gorduras, pois melhoram o desempenho da lipase e da formação de micelas (GARRETT; YOUNG, 1975).

A esterificação química de OAs com glicerol produz um tipo de gordura com novas propriedades físico-químicas, fisiológicas e nutricionais de interesse para a nutrição animal e reintroduz esse coproduto na indústria alimentícia, reduzindo a quantidade de resíduos e contribuindo para sistemas de fabricação de alimentos mais sustentáveis (VILARRASA; FRAGUA; BARROETA, 2011; VILARRASA, 2014).

Referências

- ALMEIDA, A. P. S. **Efeito do óleo de linhaça no desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de frangos de corte**. 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2007.
- AMORIM, A. F.; SILVA, G. F.; RODRIGUES, K. F.; SOUSA, J. P. L.; SOARES, J. A. R. Subprodutos utilizados na alimentação de frangos de corte. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Maringá, v. 9, n. 5, p. 195-210, maio 2015.
- ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C. **Refino**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000gc8yujq302wx5ok01dx9lcjsc206v.html#>. Acessado em: 10 dez. 2020.
- AUST, A. C. C. O. **Efeitos de diferentes inclusões de óleo de soja em rações para frangos de corte**. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BAIÃO, N. C; LARA, L. J. C. Oil and fat in broiler nutrition. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 7, n. 3, p. 129-141, set. 2005.
- BARON, L. F.; PAZINATTO, R.; BARON, C. P. Oxidação de lipídeos e as implicações na nutrição e saúde de animais de produção. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. v. 37, n. 1, p. 1-9, 29 abr. 2020.
- BERNARDINO, V. M. P. Influência dos lipídios da dieta sobre o desenvolvimento ósseo de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, n. 3, p. 960-966, junho 2009.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Ed. UFLA, Lavras, 2012, 373 f.
- BUENO, F. L. **Efeito da forma física, granulometria (dgm) e adição de óleo em dietas iniciais de frangos**. Dissertação (Mestrado) - Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- CHEAH, K. Y.; TOH, T. S.; KOH, P. M., 2010. **Palm fatty acid distillate biodiesel: Next generation palm biodiesel**. Disponível em: <<https://www.aocs.org/Membership/FreeCover.cfm?itemnumber=3504>>. Acessado em: 8 dez. 2020.
- DIAS, E. R. **Desempenho e rendimento de frangos de corte alimentados com dieta contendo óleo de vísceras de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2014.
- DUARTE, F. D. **Efeitos de fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça**. 2007. 45 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

DVORIN, A.; ZOREF, Z.; MOKADY, S.; NITSAN, Z. Nutritional aspects of hydrogenated and regular soybean oil added to diets of broiler chickens, **Poultry Science**, v. 77, p. 820–825, jun. 1998.

FASCINA, V. B. **Valor energético, desempenho, lipídeos séricos e composição corporal de frangos de corte recebendo óleo de soja e sebo bovino em diferentes combinações**. 2007. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.

FEDIOL. **Refining**. Disponível em:
<<https://www.fediol.eu/web/refining/1011306087/list1187970096/f1.html>>.
Acessado em: 8 dez. 2020.

GAIOTTO, J. B. **Óleo de soja, óleo ácido de soja e sebo bovino como fontes de gordura em rações para frangos de corte**. 2000. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

GAIOTTO, J. B. **Determinação da energia metabolizável de gorduras e sua aplicação na formulação de dietas para frangos de corte**. 2004. 82 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

GALLINGER, C. I.; KESSLER, A. M. **Lipídios na nutrição de aves: digestão e absorção**. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

GARRETT, R. L.; YOUNG, R. J. Effect of micelle formation on the absorption of neutral fat and fatty acids by the chicken. **The Journal of Nutrition**. v. 105, 7, p. 827-838, 1975.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2006. 364 p.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2009. 165 p.

KROGDAHL, A. Digestion and absorption of lipids in poultry. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 115, p. 675-685, 1985.

LARA, L. J. C. **Efeito da fonte lipídica em dietas para frangos de corte, sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça**. Dissertação (Mestrado) - Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2004.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the Chicken**. Guelph: University Books, 2001. p. 1-23.

LEHNINGER, A. J.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2 ed. São Paulo: Sarvier, 2000. 839 p.

LIMA, J. R. O.; SILVA, R. B.; SILVA, C. C. M.; SANTOS, L. S. S.; SANTOS JR, J. R.; MOURA, E. M.; MOURA, C. V. R. Biodiesel de babaçu (*Orbignya* sp.) obtido por via etanólica. **Quim. Nova**. v. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LINDERBORG, K. M.; KALLIO, H. P. T. Triacylglycerol fatty acid positional distribution and postprandial lipid metabolism. **Food Reviews International**. v. 21, p. 331-355, 2005.

MACHADO, L. P.; VIEIRA, S. L.; QUADROS, V. R. Source, level and age differences in fat utilization by broilers. **Poultry Science Annual Meeting. Abstracts**, Madison, v. 82, supl. 1, p. 39, 2003.

NAVARRO, S. L. B.; RODRIGUES, C. E. C. Macadamia oil extraction methods and uses for the defatted meal byproduct. **Food Science & Technology**. n. 54, p. 148-150, 2016.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1328 p.

NEVES, A. A. **Avaliação do aproveitamento de óleos alimentares usados para produção de biodiesel na área metropolitana do Porto**. 2008. 276 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

OLIVEIRA, G. F. **Atualidades na nutrição de frango de corte**. 2008. 41 f. Monografia (Graduação) - Curso de Zootecnia, Instituto de Ciências Agrárias, Faculdades Integrada de Mineiros, Mineiros, 2008.

PAIM, A. N. **Utilização de gordura oxidada em dietas de frangos de corte**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

POLYCARPO, G. V. **Complexo multienzimático e fontes lipídicas em rações para frangos de corte**. 2011. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

POLYCARPO, G. V.; CRUZ, V. C.; ALEXANDRE, N. C.; FASCINA, V. B.; SOUZA, I. M. G. P.; CRAVO, J. C. M.; ALBUQUERQUE, R.; SARTORI, J. R.; PEZZATO, A. C. Effect of lipid sources and inclusion levels in diets for broiler chickens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 66, n. 2, p. 519-528, 2014.

PUPA, J. M. R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 69-73, jul. 2004.

RABER, M. R. **Eficiência do óleo ácido e do óleo degomado de soja empregados em dietas de frangos de corte, suplementadas ou não com glicerol e lecitina**. 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, jan/fev, p. 2-15, 2013.

REECE, W. O. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.390-397, 1993.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.

SAVARIS, V. D. L. **Fontes lipídicas e níveis de suplementação de vitamina A em rações para frangos de corte**. 2019. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019.

STIRTON, A. J. Fat splitting, ester and interesterification. In: SWERN, D. **Bailey's industrial oil and fat products**. 3 ed. Nova York: Interscience Publ., p. 931-972, 1964.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 856 p., 1996.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 740 p., 2017.

VIEIRA, S. L.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. M.; FERNANDES, L. M.; EBERT, A. R.; EICHNER, G. Utilização da energia de dietas para frangos de corte formuladas com óleo ácido de soja. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n. 2, p. 1-13, maio, 2002.

VILÁ, B.; ESTEVE-GARCIA, E. Studies on acid oils and fatty acids for chickens: 1. Influence of age, rate inclusion and degree of saturation on fat digestibility and metabolizable energy of acid oils. **British Poultry Science**, v. 37, p. 105-117, 1996.

VILARRASA, E. **Use of re-esterified oils in pigs and broiler chicken diets**. 2014. 168 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Ciência Animal e de Alimentos, Universidade Autônoma de Barcelona, Bellaterra, 2014.

VILARRASA, E.; FRAGUA, V.; BARROETA, A. C. Efectos del uso de aceites ácidos esterificados con diferente contenido en monoglicéridos en la ración del pollo de carne. In: XLVIII Simposio Científico de Avicultura. Santiago de Compostela. **Anais [...]**. p. 1-12, 2011.

VILELA, A. L. **Sistema Digestório: O Colesterol**. 2006. Disponível em: <<http://www.afh.bio.br/digest/digest2.asp>>. Acessado em: 27/02/2021.

VIÑADO, A. **Use of soybean lecithin in broiler chicken diets**. 2019. 177 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Ciência Animal e de Alimentos, Universidade Autônoma de Barcelona, Bellaterra, 2019.

CAPÍTULO II

Consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos: Revisão sistemática e meta-análise em rede

1. Introdução

Como uma alternativa alimentar os óleos ácidos podem ser empregados na alimentação de aves, com o objetivo de substituir os óleos degomados/refinados convencionalmente utilizados, para diminuir custos de produção, sem que haja perda na qualidade.

Os óleos ácidos são coprodutos derivados do refinamento de óleos, podendo apresentar de 75% a 95% de ácidos graxos presentes nos óleos dos quais se originam. Tais ácidos se encontram, principalmente, na forma de ácidos graxos livres e, em pequena proporção, na forma de triglicerídios (FREITAS et al., 2005). Em razão dessa característica, os óleos ácidos têm menor digestibilidade e valor energético do que os óleos neutros dos quais procedem (VILÁ; ESTEVE-GARCIA, 1996).

Vale mencionar que os óleos ácidos possuem preços mais baixos em comparação aos refinados ou degomados, além de reduzir a contaminação do meio ambiente através da reciclagem de grande parte dos resíduos originados do processo de refino de óleos vegetais dentro da indústria animal (VIEIRA et al., 2002).

Entretanto, os dados publicados ainda mostram resultados contraditórios relacionados à utilização de óleos ácidos na nutrição de frangos de corte, gerando vários questionamentos quanto a sua validade e eficiência de utilização.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar, através de uma revisão sistemática e meta-análise em rede, os efeitos da utilização de óleos ácidos sobre o consumo de ração, a conversão alimentar e o ganho de peso em frangos de corte.

2. Material e Métodos

2.1 Critérios de elegibilidade

Foi utilizada a metodologia PRISMA (MOHER et al., 2009) para a seleção de estudos baseados nos critérios PICO (patient, intervention, comparison and outcome) conforme segue:

- a) População: frangos de corte de qualquer linhagem;
- b) Intervenção: suplementação com óleo ácidos;
- c) Comparador: aves alimentadas com óleo de soja (controle positivo) e aves alimentadas com dietas sem óleo (controle negativo);
- d) Resultados: consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso.

Foram aceitos na meta-análise artigos científicos publicados a partir do ano 2000 em periódicos revisados por pares e também outras formas de publicações de pesquisa, como teses e dissertações ou trabalhos em congressos, desde que relatassem a metodologia completa e que apresentassem resultados de um grupo suplementado com óleo ácido em comparação com um grupo controle positivo ou negativo em qualquer delineamento experimental. Se um mesmo trabalho foi publicado em anais de congresso e como artigo científico, somente este último foi utilizado na extração de dados.

Foram excluídos da revisão sistemática, os estudos: que não apresentavam grupo controle; que foram realizados com galinhas poedeiras, codornas ou outros animais que não fossem frangos de corte; que não apresentavam médias e medidas de variabilidade ou descrição completa do delineamento experimental.

2.2 Fontes de informação

O levantamento bibliográfico foi realizado durante o período de junho a julho de 2020, nas seguintes plataformas de buscas eletrônicas: Scientific Electronic Library Online (Scielo.org), National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed.gov), Elsevier Publications (Scopus), Web of Science e Google Scholar. Uma busca suplementar manual foi realizada nas referências bibliográficas contidas nos arquivos já aceitos.

Os termos de busca utilizados nas plataformas foram compostos pelas seguintes combinações:

- Google Acadêmico - (broilers OR chickens) AND ("acid oil") AND ("weight gain" OR digestibility OR "feed intake");
- PubMed.gov - (broilers OR chickens) AND "acid oil" AND ("weight gain" OR digestibility OR "feed intake");
- Scielo.org - (broilers OR chickens) AND ("acid oil");
- Web of science - (broilers OR chickens) AND "acid oil" AND ("weight gain" OR digestibility OR "feed intake");
- Scopus - (broilers OR chickens) AND "acid oil" AND ("weight gain" OR digestibility OR "feed intake").

As buscas dos artigos nas plataformas e a extração dos dados foram realizadas por dois revisores de forma independente. As publicações foram identificadas para inclusão em duas etapas: primeiro foram selecionadas pela relevância do título e do resumo e, em seguida, os artigos completos foram avaliados para elegibilidade na segunda etapa.

Quaisquer desacordos nos resultados obtidos foram resolvidos por consenso ou, caso contrário, um terceiro revisor foi consultado. Foram extraídas também as informações sobre possíveis co-variáveis, tais como: o país onde o experimento foi realizado, ano em que o estudo foi realizado, o número de aves, a linhagem das aves, o sexo das aves, as variáveis respostas e o delineamento experimental.

2.3 Análise estatística

Para análise estatística, além das médias das variáveis respostas, foram extraídos o desvio padrão e o número de repetições em cada tratamento. Nos casos em que o desvio padrão não foi informado, estes foram calculados a partir do erro padrão da média, coeficiente de variação ou intervalo de confiança.

Quando os artigos apresentavam o desvio padrão para cada grupo, estes valores foram usados diretamente na meta-análise em rede. Quando o artigo apresentava uma única medida de precisão em comum para todas as médias dos grupos, este mesmo valor foi utilizado para os grupos controle e com óleos ácidos na meta-análise em rede.

Em virtude da natureza distinta das variáveis respostas analisadas, o cálculo foi realizado através da diferença média padronizada obtida através do teste de Hedges ajustado g.

Hedges 'g é uma medida do tamanho do efeito. O tamanho do efeito informa o quanto um grupo difere de outro, geralmente uma diferença entre um grupo experimental e um grupo de controle.

A fórmula de cálculo de Hedges é a seguinte:

$$\text{Hedges}'g = \frac{M1 - M2}{SD *}$$

Em que M1 – M2 = diferença nas médias dos tratamentos

SD* = Desvio padrão agrupado e ponderado.

Os dados extraídos foram analisados utilizando um modelo de heterogeneidade de variância inversa - IVhet (DOI et al., 2015) no programa MetaXL, versão 5.3 (BARENDREGT; DOI, 2016). O modelo de heterogeneidade de variância inversa difere da estimativa do modelo de efeitos aleatórios pois exibe menor variância observada, portanto, apresentando maior probabilidade de refletir o verdadeiro tamanho do efeito quando comparado com o resultado do modelo aleatório (KIM et al., 2020). As medidas de resumos numéricos utilizadas foram a diferença média padronizada (Hedges g) e o intervalo de confiança com nível de confiança de 95% para consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso.

Uma diferença média padronizada (Hedges g) igual a zero indica que as aves recebendo dietas com óleo ácido e as aves alimentadas com dietas contendo óleo de soja ou sem óleo obtiveram efeitos equivalentes.

A estatística H foi usada para avaliar a consistência em toda rede: valores menores que 3 indicam inconsistência mínima, valores entre 3 e 6 indicam inconsistência moderada, e valores maiores que 6 indicam inconsistências significantes (DOI; BARENDREGT, 2018). Estimativas diretas, indiretas e resumidas foram listadas em tabelas de comparação (Tabelas 2 a 7 e Anexos 1 a 6) e os resultados foram resumidos em gráficos de florestas (Figuras 3 a 8).

3. Resultados

3.1 Estudos identificados e informações extraídas

Como resultado das buscas, foram obtidos um total de 435 registros revisados (Figura 1), dos quais 13 artigos foram aceitos para a meta-análise.

Conforme pode ser observado na Tabela 2, todos os 13 estudos incluídos na meta-análise eram trabalhos experimentais, sendo um deles publicado como dissertação e outro como tese, três trabalhos completos em congressos e oito como artigos científicos publicados em periódicos analisados por pares. Os países onde foram executados os experimentos foram: Brasil, Espanha e Índia. Os anos de publicação variaram de 2000 a 2019, indicando que a revisão trata de estudos relativamente recentes. Em nove estudos a linhagem utilizada foi a Ross, enquanto que um utilizou a AgRoss, em outros dois a Cobb e um não identificou a linhagem usada. Em relação ao sexo das aves, foram observados que em seis estudos foram utilizados frangos machos e que outros seis foram frangos fêmeas, enquanto que apenas um foi formado por um lote misto de aves. O delineamento experimental mais utilizado foi o completamente casualizado, sendo que o número total de aves variou de 96 a 1750 aves, com o número de repetições por tratamento variando de quatro a sete.

A primeira etapa em uma meta-análise em rede é entender a geometria da rede, ou seja, verificar quais tratamentos foram comparados diretamente entre si e a contribuição das comparações indiretas na rede (MAVRIDIS et al., 2015).

Na Figura 2, podemos observar que nos estudos incluídos não houve, por exemplo, uma comparação direta entre os tratamentos óleo ácido de palma esterificado (OAPE) e óleo de soja (OScontrole). De forma semelhante também não houve uma comparação direta entre óleo ácido de girassol (OAG) e OScontrole. No entanto, pode ser observado o tamanho do efeito destes tratamentos estimados indiretamente (Anexos 1 a 6). Pelo gráfico podemos também observar que o maior número de comparações diretas ocorreu entre óleo ácido de soja (OAS) e OScontrole, representados diretamente pelo maior tamanho dos círculos unidos entre si.

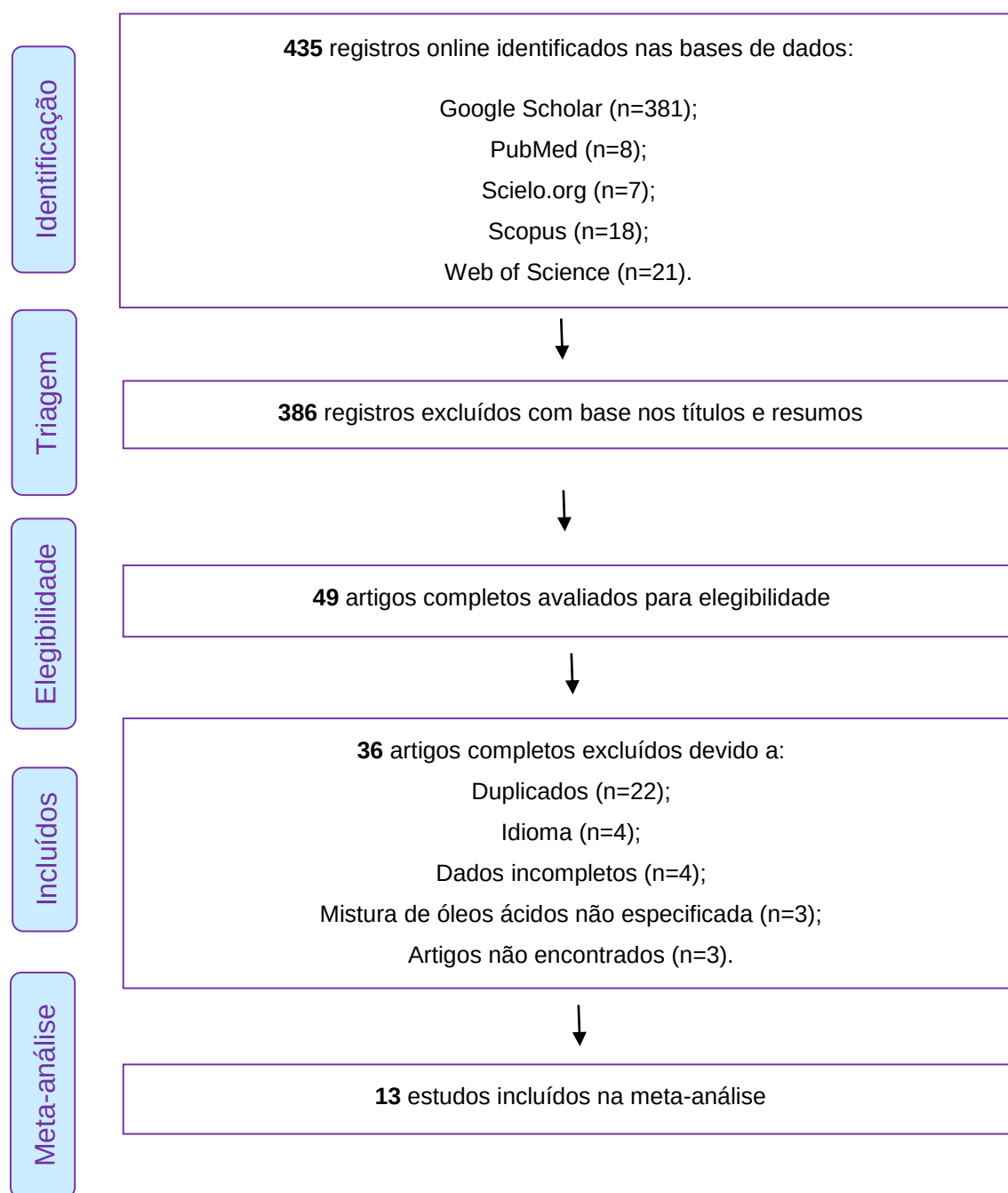


Figura 1 – Diagrama PRISMA-P (MOHER et al., 2009), mostrando o número total de registros identificados e selecionados em cada etapa da revisão sistemática.

Tabela 1. Descrição das principais características selecionadas para a meta-análise dos 13 estudos incluídos na revisão sistemática.

Autor (ano)	País	Tratamentos	Linhagem	Sexo	Número total de aves	Variáveis respostas avaliadas	Delineamento experimental
Gaiotto (2000)	Brasil	T1(OAS); T2(OS); T3(OAS + OS)	AgRoss	Machos	1440	GP CR CA	Blocos casualizados
Vieira (2002)	Brasil	T1(SO); T2(OS); T3(OAS); T4(OS + OAS)	Ross X Ross 308	Machos	480	GP CR CA	Completamente casualizado
Lara (2005)	Brasil	T1(OS); T2(OAS); T3(OS + OAS)	Ross 308	Machos	900	GP CR CA	Completamente casualizado
Jayalakshmi (2006)	Índia	T1(SO); T2(OAG)	Não informada	Misto	200	GP CR CA	Completamente casualizado
Lubisco (2007)	Brasil	T1(SO); T2(OS); T3(OAS); T4(OAA)	Ross 308	Machos	480	GP CR CA	Completamente casualizado
Raber (2008)	Brasil	T1(OS); T2(OAS)	Cobb 500	Machos	256	GP CR CA	Completamente casualizado
Vilarrasa (2011)	Espanha	T1(OP); T2(OAPE); T3(OAP); T4(OS); T5(OASE); T6(OAS)	Ross 308	Fêmeas	114	GP CR	Completamente casualizado

						CA	
Martinez (2012)	Brasil	T1(OS); T2(OAS); T3(OS + OAS)	Cobb X Cobb 500	Machos	1750	GP CR CA	Completamente casualizado
Vilarrasa (2013)	Espanha	T1(OP); T2(OAP); T3(OAPE)	Ross 308	Fêmeas	96	GP CR CA	Completamente casualizado
Kindlein (2016)	Brasil	T1(OS); T2(OAS); T3(OS + OAS)	Cobb X Cobb 500	Machos	520	GP CR CA	Completamente casualizado
Roll (2018)	Espanha	T1(OP); T2(OAP); T3(OAPE)	Ross 308	Fêmeas	192	GP CR CA	Completamente casualizado
Rodriguez-Sanchez (2019)	Espanha	T1(OS); T2(OAS); T3(OP); T4(OP + OAP)	Ross 308	Fêmeas	528	GP CR CA	Completamente casualizado
Viñado (2019)	Espanha	T1(OS); T2(OAS)	Ross 308	Fêmeas	120	GP CR CA	Completamente casualizado

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. GP= ganho de peso, CR= consumo de ração, CA= conversão alimentar.

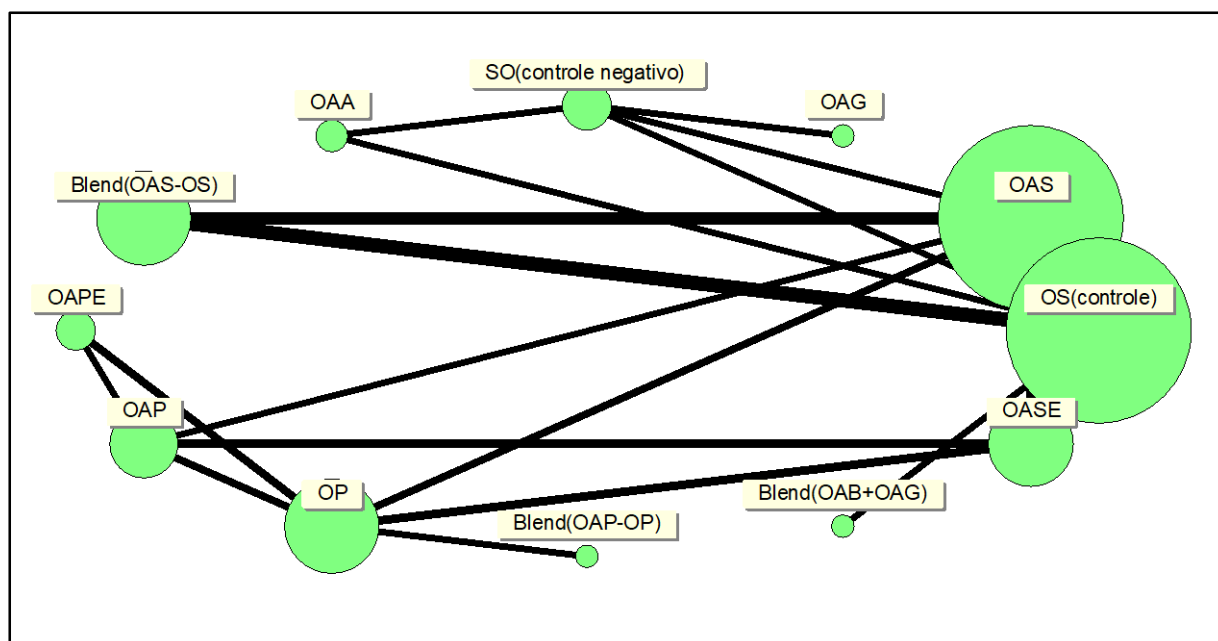


Figura 2 - Gráfico da meta-análise em rede com as comparações disponíveis. A largura da linha é proporcional ao número de estudos incluindo cada par de tratamentos (comparações diretas). O tamanho do círculo é proporcional ao número de estudos para cada tratamento na rede. OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado, OAB= óleo ácido de bagaço de oliva.

3.2 Consumo de ração

A análise das estimativas diretas e indiretas do consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos (OAs) em comparação com OScontrole está apresentada na Tabela 2, Figura 3 e Anexo 1.

A suplementação com diferentes OAs não afetou o consumo de ração em comparação ao OScontrole. Embora os resultados não tenham sido estatisticamente significativos, podemos observar na Figura 3 que o OAG apresentou a maior diferença média padronizada $g = -2,37$ [IC 95% -4,75 a 0,09] de consumo em relação ao OScontrole. Também podemos observar que os frangos alimentados com OAS apresentaram um consumo muito semelhante aos alimentados com OScontrole $g = -0,04$ [IC 95% -0,81 a 0,71]. A estatística H foi de 1,00, indicando níveis mínimos de inconsistência.

Tabela 2 - Resultados de consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas com óleo de soja

Comparações (óleos ácidos vs óleo de soja)	g	LCI 95%	HCI 95%
OAS vs OS	-0.04	-0.81	0.71
OAG vs OS	-2.37	-4.75	0.09
SO(controle negativo) vs OS	-2.23	-3.34	-1.13
OAA vs OS	-0.86	-2.04	0.30
Blend(OAS-OS) vs OS	-0.51	-1.99	0.96
OAPE vs OS	0.78	-1.07	2.64
OAP vs OS	0.50	-0.68	1.70
OP vs OS	1.21	0.13	2.29
Blend(OAP-OP) vs OS	-1.45	-3.56	0.64
Blend(OAB+OAG) vs OS	-0.04	-1.18	1.08
OASE vs OS	0.39	-0.71	1.49

Consistência H 1,00

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado, OAB= óleo ácido de bagaço de oliva. g= diferença média padronizada (Hedges g), LCI= low credibility interval, HCI= high credibility interval.

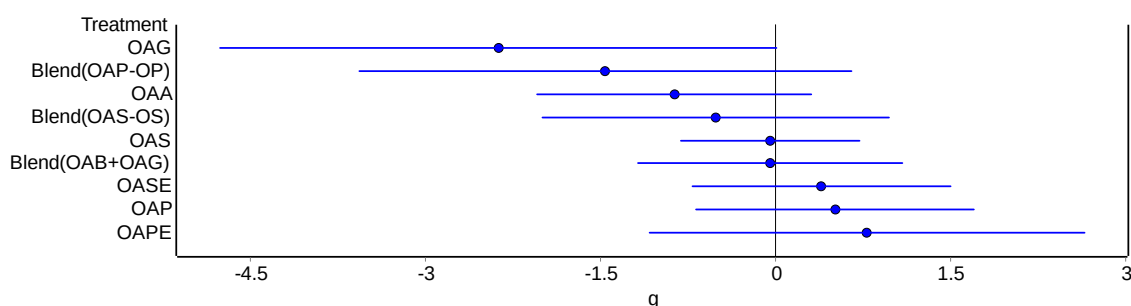


Figura 3 - Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) do consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas com óleo de soja. Os pontos à esquerda da linha vertical sólida representam uma redução, enquanto os pontos à direita indicam um aumento no consumo de ração em dietas com óleos ácidos comparadas a dietas com óleo de soja.

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. OAB= óleo ácido de bagaço de oliva

No entanto, podemos observar na Tabela 3, Figura 4 e Anexo 2 que o consumo de ração foi maior nos frangos alimentados com óleo ácido de algodão (OAA) g= 1,76 [IC 95% 0,44 a 3,07], OAS g= 1,95 [IC 95% 0,71 a 3,20], óleo ácido de palma (OAP) g= 1,99 [IC 95% 0,07 a 3,91], óleo ácido de soja esterificado (OASE) g= 2,37 [IC 95% 0,79 a 3,96], OAPE g= 2,39 [IC 95% 0,16 a 4,63] e mistura de óleo ácido de bagaço de oliva (OAB) e OAG g= 2,57 [IC

95% 0,33 a 4,81] em comparação com os frangos alimentados com dietas sem óleo (SO). A estatística H foi de 1,00, indicando níveis mínimos de inconsistência.

Tabela 3 - Resultados de consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas sem óleo

Comparações (óleos ácidos vs sem óleo)	g	LCI 95%	HCI 95%
OAS vs SO	1.95	0.71	3.20
OS(controle) vs SO	2.23	1.13	3.34
OAG vs SO	0.25	-1.14	1.64
OAA vs SO	1.76	0.44	3.07
Blend(OAS-OS) vs SO	1.69	-0.26	3.65
OAPE vs SO	2.39	0.16	4.63
OAP vs SO	1.99	0.07	3.91
OP vs SO	2.70	0.92	4.47
Blend(OAP-OP) vs SO	0.15	-2.28	2.60
Blend(OAB+OAG) vs SO	2.57	0.33	4.81
OASE vs SO	2.37	0.79	3.96

Consistência H 1,00

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. OAB= óleo ácido de bagaço de oliva. g= diferença média padronizada (Hedges g), LCI= low credibility interval, HCI= high credibility interval.

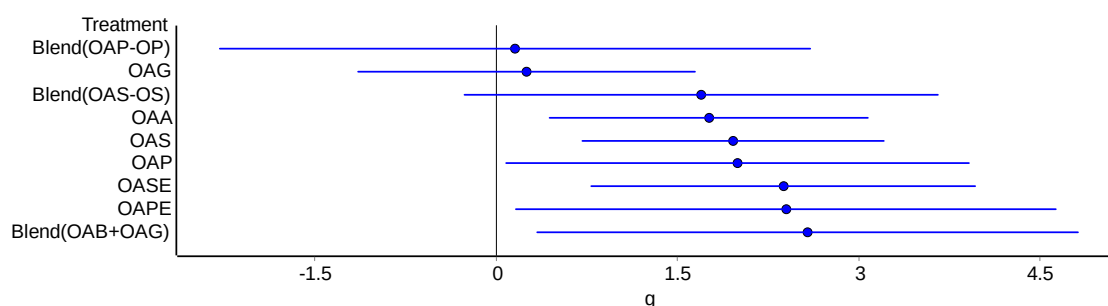


Figura 4. Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) do consumo de ração em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas sem óleo. Os pontos à esquerda da linha vertical sólida representam uma redução, enquanto os pontos à direita indicam um aumento no consumo de ração em dietas com óleos ácidos comparadas a dietas sem óleo.

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. OAB= óleo ácido de bagaço de oliva.

3.3 Conversão alimentar

A análise das estimativas diretas e indiretas da conversão alimentar em frangos alimentados com OAs em comparação com OScontrole está apresentada na Tabela 4, Figura 5 e Anexo 3.

Nelas é possível identificar que tanto a utilização de OAS $g = 0,70$ [IC 95% 0,25 a 1,14] e OASE $g = 1,91$ [IC 95% 1,15 a 2,66] nas dietas piorou significativamente a conversão alimentar em comparação com o OScontrole. Por outro lado é possível observar que a mistura de OAS com óleo de soja (OS) a 50% foi suficiente para tornar a conversão alimentar equivalente ao tratamento controle, isto é, dietas suplementadas com OS. Na Figura 5 podemos observar que a pior conversão alimentar em comparação com o OScontrole foi obtida com o OAP $g = 2,04$ [IC 95% 1,02 a 3,06]. A estatística H foi de 1,027, indicando níveis mínimos de inconsistência.

Tabela 4 - Resultados de conversão alimentar em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas com óleo de soja

Comparações (óleos ácidos vs óleo de soja)	g	LCI 95%	HCI 95%
OAS vs OS	0.70	0.25	1.14
OAG vs OS	2.03	-0.15	4.21
SO(controle negativo) vs OS	1.97	0.97	2.98
OAA vs OS	-0.31	-1.43	0.79
Blend(OAS-OS) vs OS	-0.43	-0.98	0.11
OAPE vs OS	1.09	-0.89	3.07
OAP vs OS	2.04	1.02	3.06
OP vs OS	2.46	1.26	3.66
Blend(OAP-OP) vs OS	0.62	-1.10	2.35
Blend(OAB+OAG) vs OS	0.58	-0.57	1.75
OASE vs OS	1.91	1.15	2.66

Consistência H 1.027

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. OAB= óleo ácido de bagaço de oliva. g= diferença média padronizada (Hedges g), LCI= low credibility interval, HCI= high credibility interval.

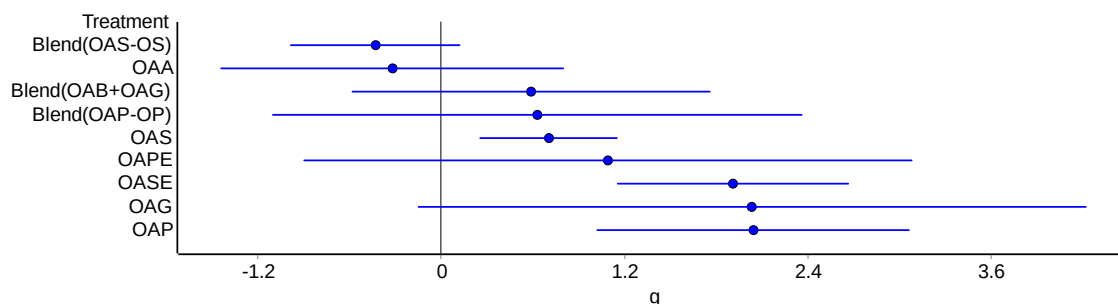


Figura 5 - Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) da conversão alimentar em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas com óleo de soja. Os pontos à esquerda da linha vertical sólida representam uma redução (melhora), enquanto os pontos à direita indicam um aumento (piora) na conversão alimentar de frangos alimentados com óleo ácido comparados a dietas com óleo de soja.

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. OAB= óleo ácido de bagaço de oliva.

Por outro lado, podemos observar na Tabela 5, Figura 6 e Anexo 4 que o índice de conversão alimentar foi melhor nas aves alimentadas com OAA $g = -2,35$ [IC 95% -3,72 a -0,97], mistura OAS com OS $g = -2,35$ [IC 95% -3,57 a -1,12] e OAS $g = -1,28$ [IC 95% -2,39 a -0,17], em comparação com dietas SO. A estatística H foi de 1,00, indicando níveis mínimos de inconsistência.

Tabela 5 - Resultados de conversão alimentar em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas sem óleo

Comparações (óleos ácidos vs sem óleo)	G	LCI 95%	HCI 95%
OAS vs SO	-1.28	-2.39	-0.17
OS(controle) vs SO	-1.97	-2.98	-0.97
OAG vs SO	0,0	-1.38	1.38
OAA vs SO	-2.35	-3.72	-0.97
Blend(OAS-OS) vs SO	-2.35	-3.57	-1.12
OAPE vs SO	-0.81	-3.19	1.57
OAP vs SO	0.48	-1.52	2.48
OP vs SO	0.08	-1.64	1.81
Blend(OAP-OP) vs SO	-1.27	-3.44	0.89
Blend(OAB+OAG) vs SO	-1.44	-3.49	0.60
OASE vs SO	-0.07	-1.36	1.20

Consistência H 1,00

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. OAB= óleo ácido de bagaço de oliva. g= diferença média padronizada (Hedges g), LCI= low credibility interval, HCI= high credibility interval.

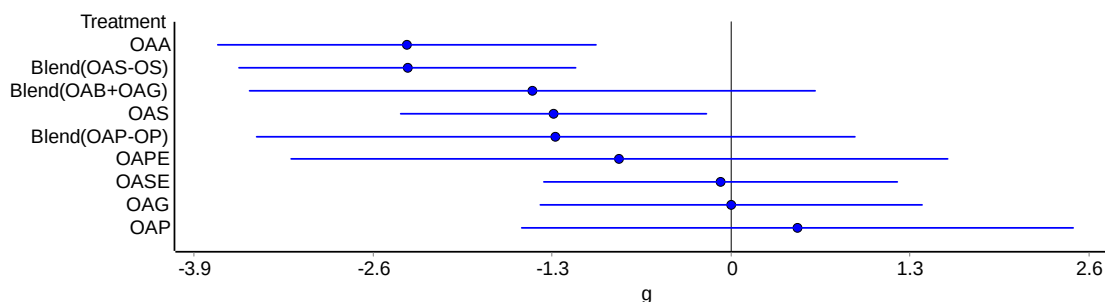


Figura 6 - Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) da conversão alimentar em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas sem óleo. Os pontos à esquerda da linha vertical sólida representam uma redução (melhora), enquanto os pontos à direita indicam um aumento (piora) na conversão alimentar de frangos alimentados com óleos ácidos comparados a dietas sem óleo.

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. OAB= óleo ácido de bagaço de oliva

3.4 Ganho de peso

A análise das estimativas diretas e indiretas de ganho de peso em frangos alimentados com OAs em comparação com OScontrole está apresentada na Tabela 6, Figura 7 e Anexo 5.

Identifica-se que tanto a utilização de OAP $g = -77,91$ [IC 95% -115,07 a -40,75], quanto a de OAPE $g = -76,59$ [IC 95% -114,12 a -39,06] nas dietas, reduziu significativamente o ganho de peso dos frangos em comparação com aqueles alimentados com OScontrole. Os resultados mostram que o OAP e o OAPE têm as maiores diferenças médias padronizadas em comparação com o OScontrole, $g = -77,91$ e $g = -76,59$, respectivamente. Apesar de terem as maiores diferença médias, o intervalo de confiança dessas diferenças médias é muito amplo. Isso provavelmente é causado pela falta de evidências para estes tratamentos, que podem ser vistos no gráfico da rede na Figura 2, em que se percebe que há apenas duas linhas ligando o nó do OAPE à rede, com dois estudos para essa comparação (OAPE vs OAP, OAPE vs OP). Além disso, podemos perceber na Figura 2 e no Anexo 5 que não há nenhuma comparação direta entre OAP e OAPE com os grupos controles positivos e negativos, isto é, OS e dietas SO. Portanto, estes resultados podem envolver estimativas oriundas de dados heterogêneos baseados em poucos estudos, o que pode levar a resultados pouco prováveis ou razoáveis.

Por outro lado, foi possível observar que o OAG $g = -3,72$ [IC 95% -6,56 a -0,87] ou o uso de dietas SO reduz o ganho de peso dos frangos em comparação com o uso de dietas suplementadas com OS. A estatística H foi de 1,00, indicando níveis mínimos de inconsistência.

Tabela 6 - Resultados de ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas com óleo de soja

Comparações (óleos ácidos vs óleo de soja)	g	LCI 95%	HCI 95%
OAS vs OS	-0.95	-2.03	0.13
OAG vs OS	-3.72	-6.56	-0.87
SO(controle negativo) vs OS	-3.60	-5.00	-2.20
OAA vs OS	-0.39	-1.57	0.78
Blend(OAS-OS) vs OS	-0.68	-2.14	0.77
OAPE vs OS	-76.59	-114.12	-39.06
OAP vs OS	-77.91	-115.07	-40.75
OP vs OS	-2.30	-38.67	34.07
Blend(OAP-OP) vs OS	-1.41	-38.14	35.31
Blend(OAB+OAG) vs OS	-0.13	-1.27	0.99
OASE vs OS	-20.26	-162.40	121.88

Consistência H 1,00

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado, OAB= óleo ácido de bagaço de oliva. g = diferença média padronizada (Hedges g), LCI= low credibility interval, HCI= high credibility interval.

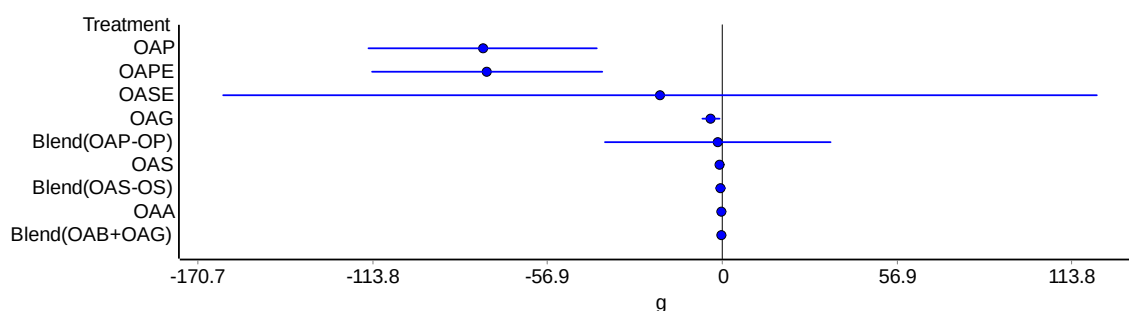


Figura 7 - Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) do ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas com óleo de soja. Os pontos à esquerda da linha vertical sólida representam menor ganho de peso, enquanto os pontos à direita da linha indicam maior ganho de peso em frangos alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas com óleo de soja.

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado, OAB= óleo ácido de bagaço de oliva.

Na comparação entre dietas suplementadas com OAs e dietas SO (grupo controle negativo), podemos observar na Tabela 7, Figura 8 e Anexo 6 que

apenas os tratamentos com OAP $g = -74,37$ [IC 95% -111,90 a -36,83] e OAPE $g = -73,33$ [IC 95% -110,88 a -35,77] produziram significativamente médias padronizadas de ganhos de peso negativas. Novamente, cabe salientar que a interpretação destes resultados deve ser feita com cautela tendo em vista que esta estimativa baseia-se em poucos estudos e somente a partir de comparações indiretas.

Entretanto, os resultados mostram que a suplementação com OAS $g = 2,55$ [IC 95% 1,02 a 4,08], OAA $g = 3,60$ [IC 95% 2,20 a 5,00] e as misturas 50% de OAS e OS $g = 2,86$ [IC 95% 0,74 a 4,97] e OAB e OAG $g = 3,68$ [IC 95% 0,95 a 6,41], produzem ganhos de peso significativamente superiores em comparação às dietas SO. A estatística H foi de 1,00, indicando níveis mínimos de inconsistência.

Tabela 7 - Resultados de ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas sem óleo

Comparações (óleos ácidos vs sem óleo)		g	LCI 95%	HCI 95%
OAS	SO	2.55	1.02	4.08
OS(controle)	SO	3.60	2.20	5.00
OAG	SO	0.10	-1.28	1.49
OAA	SO	3.43	1.66	5.21
Blend(OAS-OS)	SO	2.86	0.74	4.97
OAPE	SO	-73.33	-110.88	-35.77
OAP	SO	-74.37	-111.90	-36.83
OP	SO	0.92	-35.80	37.66
Blend(OAP-OP)	SO	1.85	-34.89	38.60
Blend(OAB+OAG)	SO	3.68	0.95	6.41
OASE	SO	-16.69	-158.84	125.45

Consistência H 1,00

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado. OAB= óleo ácido de bagaço de oliva. g = diferença média padronizada (Hedges g), LCI= low credibility interval, HCI= high credibility interval.

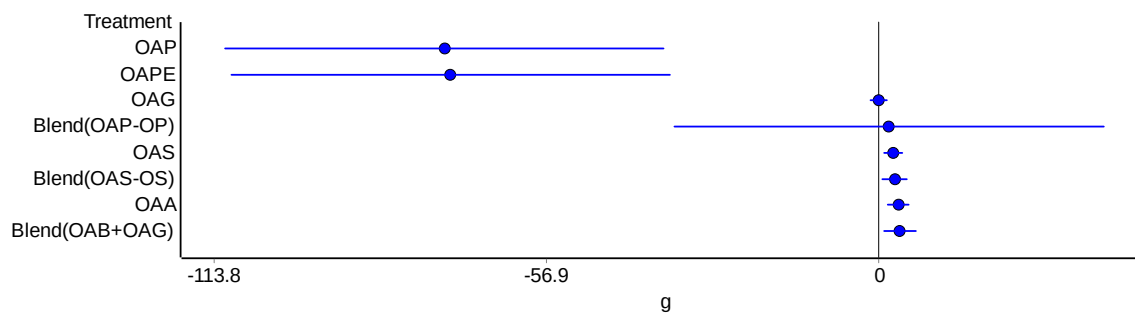


Figura 8 - Gráfico de floresta para meta-análise da diferença média padronizada (Hedges g) do ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos comparados a dietas sem óleo. Os pontos à esquerda da linha vertical sólida representam menor ganho de peso, enquanto os pontos à direita da linha indicam maior ganho de peso em frangos alimentados com óleos ácidos em comparação a dietas sem óleo.

OS= óleo de soja, OAS= óleo ácido de soja, OASE= óleo ácido de soja esterificado, OAG= óleo ácido de girassol, SO= Sem óleo, OAA= óleo ácido de algodão, OP= óleo de palma, OAP= óleo ácido de palma, OAPE= óleo ácido de palma esterificado, OAB= óleo ácido de bagaço de oliva.

Discussão

Gorduras e óleos são usados como abundante fonte de energia nas dietas para frangos de corte. Os suplementos lipídicos mais comuns utilizados nas dietas comerciais são os óleos de soja e de milho, principalmente devido as suas propriedades nutricionais (MELUZZI et al., 2001). No entanto, o uso de óleos degomados/refinados na formulação de dietas como fonte de energia tem impacto sobre os custos de produção (JAYALAKSHMI et al., 2006).

Por sua vez, os óleos ácidos são coprodutos que apresentam em sua composição até 95% de AGs presentes nos óleos de que se originam durante o processo de refino, e que têm despertado interesse como fontes energéticas alternativas na produção de ração animal (FREITAS et al., 2005). No entanto, por apresentarem entre 40 a 90% de ácidos graxos na forma livre, são conhecidos pela sua baixa digestibilidade devido à falta de MG suficientes para promover a sua absorção (VIEIRA et al., 2002; RABER et al., 2008).

Na presente meta-análise, com o objetivo de avaliar seus efeitos sobre o desempenho de frangos de corte, os OAs foram comparados ao OS ou a ausência de óleo nas dietas.

Como pode ser observado na Tabela 1, a maioria dos trabalhos encontrados nesta revisão sistemática de literatura avaliaram a utilização de diferentes níveis de inclusão de OAS sobre o consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso em frangos de corte. Este fato tem impacto sobre a validade das conclusões deste estudo tendo em vista que um maior número de trabalhos com OAS tende a reduzir o intervalo de confiança para a verdadeira diferença entre as médias deste tratamento comparados com os grupos controles, aumentando o poder da meta-análise em detectar as diferenças significativas existentes.

Por outro lado, a meta-análise em rede tem a vantagem de fortalecer as conclusões analisando evidências diretas e indiretas em conjunto (KIM et al., 2020). A partir dos estudos primários, foram utilizados nesta meta-análise somente os dados do tratamento com a dose mais alta do OA, ou quando disponível, o tratamento com a mistura 50% de OAs com o seu óleo original.

A presente meta-análise mostrou equivalência entre o consumo de ração em frangos alimentados com OAs e com OS. Estes resultados estão de acordo

com a maioria dos estudos originais dos quais foram extraídos os dados para a meta-análise (GAIOTTO, 2000; VIEIRA et al., 2002; LUBISCO, 2007; VILARRASA; FRAGUA; BARROETA, 2011; MARTINEZ, 2012; KINDLEIN et al., 2016; VIÑADO; CASTILLEJOS; BARROETA, 2019).

Entretanto, frangos de corte suplementados com OAs, de forma geral, consumiram mais ração do que aqueles alimentados com dietas SO, ainda que esta resposta não tenha se mostrado significativa em todas as comparações. Além de fornecer energia, a adição de gordura à dieta animal, diminui a pulverulência da dieta e aumenta a eficiência de utilização da energia consumida (menor incremento calórico). Além disso, reduz a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, o que permite uma melhor absorção de todos os nutrientes presentes na dieta (BAIÃO; LARA, 2005). Todas estas características também estão presentes nos OAs, ainda que em menor grau do que nos óleos originais, mas são suficientes para explicar o maior consumo de ração e a melhor conversão alimentar na maioria das comparações com as dietas SOs.

A maioria das empresas produtoras de frangos de corte utilizam a conversão alimentar como um dos parâmetros de eficiência para pagamento de seus cooperados ou integrados. Normalmente é utilizada na fórmula a conversão alimentar, ganho de peso, peso de abate e viabilidade. Portanto, levando em consideração que o maior custo de produção é a ração, a conversão alimentar passa a ser a variável de maior importância econômica na produção de frangos de corte.

Frangos alimentados com OAS apresentaram pior conversão alimentar quando comparados com OS. A explicação encontrada para estes resultados é atribuída à elevada concentração de AGLs e menor proporção da gordura total na forma de TGs, que proporcionam um maior grau de acidez ao OAS (RABER et al., 2008).

A relação de AGLs com TGs intactos na dieta das aves é importante, pois os AGLs são absorvidos com menor eficiência do que aqueles provenientes de TGs. A razão disto decorre de os MGs serem essenciais para a incorporação de AGs insolúveis no complexo micelar (ROLL, 2016). Quando os AGLs são fornecidos como única fonte de lipídios, faltam MGs e a absorção fica prejudicada, pois os AGLs precisam de MGs para serem absorvidos na forma de micelas, juntamente com sais biliares (BLANCH et al., 1995). Leeson; Summers

(2001) relataram que entre 50 a 78% dos TGs da dieta são hidrolisados a 2-monoglicerídeos e absorvidos nessa forma.

No entanto, frangos alimentados com OAS apresentam melhor conversão alimentar comparados com aqueles alimentados com dietas SO. A explicação para este resultado é que o OAS mantém as características iniciais do OS. Desta forma, mesmo que seja de qualidade inferior, o OAS promove melhor conversão que a ausência de óleo na dieta.

Por outro lado, as misturas de 50% OAS com OS produziram resultados equivalentes de conversão alimentar, indicando que os efeitos negativos do OAS podem ser minimizados com esta estratégia.

Frangos alimentados com OAP e OAPE apresentaram pior ganho de peso em comparação com aqueles alimentados com OS ou com dietas SO. Neste caso, uma possível razão para estes resultados poderia ser em virtude do maior conteúdo de AGs saturados no OP. Segundo Baião; Lara (2005), gorduras saturadas apresentam menor digestibilidade que as insaturadas, pois possuem menor afinidade com os sais biliares.

A adição de comparações indiretas no método de meta-análise em rede permite fortalecer conclusões a partir de estimativas sobre tratamentos que não foram comparados diretamente (KANTERS et al., 2016), como, por exemplo, OAP e OAPE com OS. No entanto, as estimativas calculadas destas diferenças apresentaram um intervalo de confiança muito amplo, proveniente de comparações indiretas de poucos estudos. Desta forma, estes resultados são pouco razoáveis e não devem ser considerados. Por outro lado, trazem uma informação importante que é a necessidade da realização de mais estudos experimentais comparando a eficiência desses óleos na nutrição de aves em relação ao OS.

Por fim, frangos de corte suplementados com OAS ou a mistura 50% de OAS com 50% de OS apresentaram ganho de peso superior ao dos frangos alimentados com dietas SO. Considerando dietas com valor nutritivo semelhante, frangos alimentados com dietas contendo óleo apresentam melhor desempenho do que frangos alimentados com dietas sem inclusão de óleo (MOURA, 2003).

Conclusões

A partir da revisão sistemática de estudos publicados até o presente momento, esta meta-análise em rede produz evidência de que o consumo de ração em frangos de corte não é afetado pela suplementação de óleos ácidos na dieta quando comparado ao óleo de soja. No entanto, frangos de corte suplementados com óleos ácidos consomem mais ração do que aqueles alimentados com dietas sem óleo, ainda que esta resposta possa ser variável e não significativa em todos os casos.

Frangos de corte alimentados com dietas contendo óleo ácido de soja e óleo ácido de soja esterificado tem pior conversão alimentar do que aqueles alimentados com óleo de soja. A mistura 50% de óleo ácido de soja com 50% óleo de soja torna a conversão alimentar equivalente as dietas 100% óleo de soja.

Frangos alimentados com óleo ácido de soja tem melhor conversão alimentar quando comparados com aqueles alimentados com dietas sem óleo.

Frangos alimentados com óleos ácidos de palma e óleos ácidos de palma esterificados apresentaram pior ganho de peso em comparação com aqueles alimentados com óleo de soja ou com dietas sem óleo. No entanto, as estimativas destas diferenças apresentaram um intervalo de confiança muito amplo baseado em comparações indiretas e a partir de poucos estudos indicando a necessidade de mais pesquisas para comparar estes óleos.

Frangos de corte suplementados com óleo ácido de soja ou a mistura 50% de óleo ácido de soja com 50% de óleo de soja apresentaram ganho de peso superior àquelas aves alimentadas com dietas sem óleo.

Referências

- BAIÃO, N. C.; LARA, L. J. C. Oil and fat in broiler nutrition. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 7(3), 129-141, 2005.
- BARENDREGT, J. J.; DOI, S. A. **MetaXL** user guide. Version, v. 4, p. 2011-6, 2016.
- BLANCH, A.; BARROETA, A. C.; BAUCCELLS, M. D.; PUCHAL, F. The nutritive value of dietary fats in relation to their chemical composition: apparent fat availability and metabolizable energy in two-week-old chicks. **Poultry Science**, v. 74, p. 1335-1340, 1995.
- DOI, S. A.; BARENDREGT, J. J. A generalized pairwise modelling framework for network meta-analysis. **Int J. Evid Based Healthc**. 16:187–194, 2018.
- DOI, S. A.; BARENDREGT, J. J.; KHAN, S.; THALIB, L.; WILLIAMS, G. M. Advances in the meta-analysis of heterogeneous clinical trials I: the inverse variance heterogeneity model. **Contemporary clinical trials**, 45, 130-138, 2015.
- FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; SANTOS, A. L. D. Valor energético do óleo ácido de soja para aves. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40, 241-246, 2005.
- GAIOTTO, J. B.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C.; IAFIGLIOLA, M. C. Óleo de soja, óleo ácido de soja e sebo bovino como fontes de gordura em rações de frangos de corte. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 2, 219-227, 2000.
- JAYALAKSHMI, N. S.; MATHIVANAN, R.; AMUTHA, R.; EDWIN, S. C.; VISWANATHAN, K. Production performance and carcass traits of broilers fed with sunflower acid oil. **International Journal of Poultry Science**, 5(9), 890-894, 2006.
- KANTERS, S.; FORD, N.; DRUYTS, E.; THORLUND, K.; MILLS, E. J.; BANSBACK, N. Use of network meta-analysis in clinical guidelines. **Bulletin of the World Health Organization**, 94(10), 782. 2016.
- KIM, M. G.; YANG, I.; LEE, H. S.; LEE, J. Y.; KIM, K. Lipid-modifying effects of krill oil vs fish oil: a network meta-analysis. **Nutrition reviews**, 78(9), 699-708, 2020.
- KINDLEIN, L.; FERREIRA, T. Z.; NETO, J. B.; BERGMANN, G. P.; RICHARDS, N.; VIEIRA, S. L. Meat quality characteristics of broilers fed with soybean oil by-products added to diets. in **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. FAURGS, Gramado, RS, Brasil, 2016.
- LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; AGUILAR, C. A. L.; CANÇADO, S. V.; FIUZA, M. A.; RIBEIRO, B. R. C. Efeito de fontes lipídicas sobre o desempenho de

frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 57(6), 793-798, 2005.

LEESON, S; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. Ontario, University Books, 4 ed., 413p., 2001.

LUBISCO, D. S. **Composição de ácidos graxos e livre escolha em dietas iniciais de frangos de corte**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS Brasil, 88p., 2007.

MARTINEZ, J. E. P. **Uso do óleo de soja, óleo ácido, lecitina e glicerina de soja na alimentação de frangos de corte: valor energético da dieta, desempenho e qualidade da carne**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS Brasil, 155p., 2012.

MAVRIDIS, D.; GIANNATSI, M.; CIPRIANI, A.; SALANTI, G. A primer on network meta-analysis with emphasis on mental health. **Evidence-based mental health**, 18(2), 40-46, 2015.

MELUZZI, A.; SIRRI, F.; TALLARICO, N.; FRANCHINI, A. Effect of different vegetable lipid sources on the fatty acid composition of egg yolk on hen performance. **Arch. Geflügelkd**, v. 65, p. 207-213, 2001.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G.; GROUP, P. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **J. Clin. Epidemiol.** 62(10):1006–12, 2009.

MOURA, B. H. S. **Desempenho e composição da carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes níveis energéticos com e sem óleo**. Dissertação (Mestrado). Belo Horizonte: Escola de Veterinária, UFMG; 2003.

RABER, M. R.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. D. M.; ARNAIZ, V.; LABRES, R. V. Desempenho, metabolismo e níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos em frangos de corte alimentados com óleo ácido e óleo de soja. **Ciência Rural**. 38, 1730-1736, 2008.

Review Manager (**RevMan**) [Computer program]. Version 5.3. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014.

RODRIGUEZ-SANCHEZ, R.; TRES, A.; SALA, R.; GARCÉS-NARRO, C.; GUARDIOLA, F.; GASA, J.; BARROETA, A. C. Effects of dietary free fatty-acid content and saturation degree on lipid-class composition and fatty-acid digestibility along the gastrointestinal tract in broiler starter chickens. **Poultry science**. 98(10), 4929-4941, 2019.

ROLL, A. A. P. **Arroz integral, selênio orgânico e vitamina E em dietas para frangos de corte e óleo ácido de soja para codornas**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas RS Brasil, 140 p., 2016.

ROLL, A. A. P.; VILARRASA, E.; TRES, A.; BARROETA, A. C. The different molecular structure and glycerol-to-fatty acid ratio of palm oils affect their nutritive value in broiler chicken diets. **Animal**, 12 (10), 2040-2048, 2018.

VIEIRA, S. L.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. M.; FERNANDES, L. M.; EBERT, A. R.; EICHNER, G. Energy utilization of broiler feeds formulated with acidulated soybean soapstock. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 4 (2), 1-13, 2002.

VILÁ, B.; ESTEVE-GARCIA, E. Studies on acid oils and fatty acids for chickens: 1. Influence of age, rate inclusion and degree of saturation on fat digestibility and metabolizable energy of acid oils. **British Poultry Science**, v. 37, p. 105-117, 1996.

VILARRASA, E.; BAYÉS-GARCÍA, L.; BARROETA, A. C. Use of dietary palm random esterified acid oils with different physicochemical properties in broiler chicks. **In Proceedings of European Symposium on Poultry Nutrition** (p. 144), 2013.

VILARRASA, E.; FRAGUA, V.; BARROETA, A. C. Efectos del uso de aceites ácidos esterificados con diferente contenido en monoglicéridos en la ración del pollo de carne. **XLVIII Simpósio Científico de Avicultura**. Santiago de Compostela, España, 2011.

VIÑADO, A.; CASTILLEJOS, L.; BARROETA, A. C. Soybean Lecithin High in Free Fatty Acids for Broiler Chicken Diets: Impact on Performance, Fatty Acid Digestibility and Saturation Degree of Adipose Tissue. **Animals**, 9 (10), 802, 2019.

Anexos

Anexo 1 – Comparação para resultados de consumo de ração (óleos ácidos vs óleo de soja)

ID	Comparison	G	LCI 95%	HCI 95%
Direct estimates				
1	OAS-OS(controle)	-	-0.91	0.90
		0.002		
2	OAG-SO(controle negativo)	0.25	-1.14	1.64
3	SO(controle negativo)-OS(controle)	-2.62	-4.55	-0.69
4	OAS-SO(controle negativo)	1.61	0.07	3.15
5	OAA-SO(controle negativo)	1.76	0.17	3.34
6	OAA-OS(controle)	-0.86	-2.19	0.46
7	Blend(OAS-OS)-OS(controle)	-0.57	-2.35	1.20
8	Blend(OAS-OS)-OAS	-0.36	-2.89	2.15
9	OAPE-OAP	0.40	-0.74	1.54
10	OAS-OP	-1.08	-1.97	-0.20
11	OAP-OP	-0.39	-1.38	0.59
12	OAP-OAS	0.38	-0.76	1.52
13	Blend(OAP-OP)-OP	-2.54	-4.22	-0.86
14	Blend(OAB+OAG)-OS(controle)	-0.04	-1.18	1.08
15	OAPE-OP	-0.27	-1.88	1.33
16	OASE-OS(controle)	0.58	-0.86	2.03
17	OASE-OAS	0.13	-1.31	1.57
18	OASE-OP	-0.98	-2.43	0.46
19	OASE-OAP	-0.18	-1.62	1.26
Indirect estimates (source IDs)				
20	Indirect OAG vs OS(controle) (2, 3)	-2.37	-4.75	0.008
21	Indirect OAS vs OS(controle) (4, 3)	-1.01	-3.47	1.45
22	Indirect OAA vs OS(controle) (5, 3)	-0.86	-3.36	1.63
23	Indirect Blend(OAS-OS) vs OS(controle) (8, 1)	-0.37	-3.05	2.31
24	Indirect OAP vs OS(controle) (12, 1)	0.38	-1.08	1.84
25	Indirect OASE vs OS(controle) (17, 1)	0.13	-1.57	1.83
26	Indirect SO(controle negativo) vs OS(controle) (5, 6)	-2.62	-4.70	-0.55
27	Indirect SO(controle negativo) vs OS(controle) (4, 1)	-1.61	-3.40	0.16
28	Indirect OP vs OS(controle) (10, 1)	1.08	-0.18	2.35
29	Indirect OAS vs OS(controle) (8, 7)	-0.20	-3.29	2.87
30	Indirect OAS vs OS(controle) (17, 16)	0.44	-1.60	2.49
31	Indirect OP vs OS(controle) (18, 16)	1.56	-0.48	3.61
32	Indirect OAP vs OS(controle) (19, 16)	0.76	-1.28	2.80
33	Extended Indirect OAPE vs OS(controle) (9, 24)	0.78	-1.07	2.64
34	Extended Indirect Blend(OAP-OP) vs OS(controle) (13, 28)	-1.45	-3.56	0.64
Result estimates (source IDs)				
	OAS (1, 21, 29, 30)	-0.04	-0.81	0.71
	OAG (20)	-2.37	-4.75	0.008
	SO(controle negativo) (3, 26, 27)	-2.23	-3.34	-1.13
	OAA (6, 22)	-0.86	-2.04	0.30
	Blend(OAS-OS) (7, 23)	-0.51	-1.99	0.96
	OAPE (33)	0.78	-1.07	2.64
	OAP (24, 32)	0.50	-0.68	1.70
	OP (28, 31)	1.21	0.13	2.29
	Blend(OAP-OP) (34)	-1.45	-3.56	0.64
	Blend(OAB+OAG) (14)	-0.04	-1.18	1.08
	OASE (16, 25)	0.39	-0.71	1.49

Anexo 2 – Comparação para resultados de consumo de ração (óleos ácidos vs sem óleo)

ID	Comparison	g	LCI 95%	HCI 95%
Direct estimates				
1	OAS-OS(controle)	-0.002	-0.91	0.90
2	OAG-SO(controle negativo)	0.25	-1.14	1.64
3	SO(controle negativo)-OS(controle)	-2.62	-4.55	-0.69
4	OAS-SO(controle negativo)	1.61	0.07	3.15
5	OAA-SO(controle negativo)	1.76	0.17	3.34
6	OAA-OS(controle)	-0.86	-2.19	0.46
7	Blend(OAS-OS)-OS(controle)	-0.57	-2.35	1.20
8	Blend(OAS-OS)-OAS	-0.36	-2.89	2.15
9	OAPE-OAP	0.40	-0.74	1.54
10	OAS-OP	-1.08	-1.97	-0.20
11	OAP-OP	-0.39	-1.38	0.59
12	OAP-OAS	0.38	-0.76	1.52
13	Blend(OAP-OP)-OP	-2.54	-4.22	-0.86
14	Blend(OAB+OAG)-OS(controle)	-0.04	-1.18	1.08
15	OAPE-OP	-0.27	-1.88	1.33
16	OASE-OS(controle)	0.58	-0.86	2.03
17	OASE-OAS	0.13	-1.31	1.57
18	OASE-OP	-0.98	-2.43	0.46
19	OASE-OAP	-0.18	-1.62	1.26
Indirect estimates (source IDs)				
20	Indirect OAS vs SO(controle negativo) (1, 3)	2.62	0.48	4.75
21	Indirect Blend(OAS-OS) vs SO(controle negativo) (8, 4)	1.24	-1.70	4.19
22	Indirect OAP vs SO(controle negativo) (12, 4)	1.99	0.07	3.91
23	Indirect OASE vs SO(controle negativo) (17, 4)	1.74	-0.36	3.85
24	Indirect OS(controle) vs SO(controle negativo) (1, 4)	1.61	-0.16	3.40
25	Indirect OP vs SO(controle negativo) (10, 4)	2.70	0.92	4.47
26	Indirect OS(controle) vs SO(controle negativo) (6, 5)	2.62	0.55	4.70
27	Indirect OAA vs SO(controle negativo) (6, 3)	1.75	-0.58	4.10
28	Indirect Blend(OAS-OS) vs SO(controle negativo) (7, 3)	2.04	-0.57	4.67
29	Indirect Blend(OAB+OAG) vs SO(controle negativo) (14, 3)	2.57	0.33	4.81
30	Indirect OASE vs SO(controle negativo) (16, 3)	3.20	0.79	5.61
31	Extended Indirect OAPE vs SO(controle negativo) (9, 22)	2.39	0.16	4.63
32	Extended Indirect Blend(OAP-OP) vs SO(controle negativo) (13, 25)	0.15	-2.28	2.60
Result estimates (source IDs)				
	OAS (4, 20)	1.95	0.71	3.20
	OS(controle) (3, 24, 26)	2.23	1.13	3.34
	OAG (2)	0.25	-1.14	1.64
	OAA (5, 27)	1.76	0.44	3.07
	Blend(OAS-OS) (21, 28)	1.69	-0.26	3.65
	OAPE (31)	2.39	0.16	4.63
	OAP (22)	1.99	0.07	3.91
	OP (25)	2.70	0.92	4.47
	Blend(OAP-OP) (32)	0.15	-2.28	2.60
	Blend(OAB+OAG) (29)	2.57	0.33	4.81
	OASE (23, 30)	2.37	0.79	3.96

Anexo 3 – Comparação para resultados de conversão alimentar (óleos ácidos vs óleo de soja)

ID	Comparison Direct estimates	g	LCI 95%	HCI 95%
1	OAS-OS(controle)	0.66	0.12	1.20
2	OAG-SO(controle negativo)	0	-1.38	1.38
3	SO(controle negativo)-OS(controle)	2.03	0.34	3.71
4	OAS-SO(controle negativo)	-	-2.65	0.18
		1.23		
5	OAA-SO(controle negativo)	-	-4.16	-0.53
		2.35		
6	OAA-OS(controle)	-	-1.57	0.93
		0.32		
7	Blend(OAS-OS)-OS(controle)	-	-1.14	0.17
		0.48		
8	Blend(OAS-OS)-OAS	-	-1.81	-0.13
		0.97		
9	OAPE-OAP	-	-2.58	0.003
		1.29		
10	OAS-OP	-	-2.31	-0.32
		1.32		
11	OAP-OP	0.16	-0.65	0.97
12	OAP-OAS	1.71	0.30	3.12
13	Blend(OAP-OP)-OP	-	-2.66	-0.04
		1.35		
14	Blend(OAB+OAG)-OS(controle)	0.58	-0.57	1.75
15	OAPE-OP	-	-1.41	1.35
		0.02		
16	OASE-OS(controle)	2.24	1.13	3.36
17	OASE-OAS	0.96	0.09	1.82
18	OASE-OP	-	-1.82	-0.09
		0.96		
19	OASE-OAP	0.49	-0.32	1.31
	Indirect estimates			
	Indirect OAG vs OS(controle) (2, 3)	2.03	-0.15	4.21
	Indirect OAS vs OS(controle) (4, 3)	0.79	-1.41	3.00
	Indirect OAA vs OS(controle) (5, 3)	-	-2.79	2.15
		0.31		
	Indirect Blend(OAS-OS) vs OS(controle) (8, 1)	-	-1.30	0.68
		0.31		
	Indirect OAP vs OS(controle) (12, 1)	2.38	0.87	3.89
	Indirect OASE vs OS(controle) (17, 1)	1.62	0.60	2.64
	Indirect SO(controle negativo) vs OS(controle) (5, 6)	2.03	-0.17	4.23
	Indirect SO(controle negativo) vs OS(controle) (4, 1)	1.90	0.38	3.42
	Indirect OP vs OS(controle) (10, 1)	1.98	0.85	3.11
	Indirect OAS vs OS(controle) (8, 7)	0.49	-0.57	1.56
	Indirect OAS vs OS(controle) (17, 16)	1.28	-0.12	2.69
	Indirect OP vs OS(controle) (18, 16)	3.21	1.79	4.62
	Indirect OAP vs OS(controle) (19, 16)	1.75	0.37	3.13
	Extended Indirect OAPE vs OS(controle) (9, 24)	1.09	-0.89	3.07
	Extended Indirect Blend(OAP-OP) vs OS(controle) (13, 28)	0.62	-1.10	2.35
	Result estimates			
	OAS (1, 21, 29, 30)	0.70	0.25	1.14
	OAG (20)	2.03	-0.15	4.21
	SO(controle negativo) (3, 26, 27)	1.97	0.97	2.98
	OAA (6, 22)	-	-1.43	0.79
		0.31		

Blend(OAS-OS) (7, 23)	-	-0.98	0.11
	0.43		
OAPE (33)	1.09	-0.89	3.07
OAP (24, 32)	2.04	1.02	3.06
OP (28, 31)	2.46	1.26	3.66
Blend(OAP-OP) (34)	0.62	-1.10	2.35
Blend(OAB+OAG) (14)	0.58	-0.57	1.75
OASE (16, 25)	1.91	1.15	2.66

Anexo 4 – Comparação para resultados de conversão alimentar (óleos ácidos vs sem óleo)

ID	Comparison	g	LCI 95%	HCI 95%
Direct estimates				
1	OAS-OS(controle)	0.66	0.126	1.20
2	OAG-SO(controle negativo)	0,0	-1.38	1.38
3	SO(controle negativo)-OS(controle)	2.03	0.34	3.71
4	OAS-SO(controle negativo)	-	-2.65	0.18
		1.23		
5	OAA-SO(controle negativo)	-	-4.16	-0.53
		2.35		
6	OAA-OS(controle)	-	-1.57	0.93
		0.32		
7	Blend(OAS-OS)-OS(controle)	-	-1.14	0.17
		0.48		
8	Blend(OAS-OS)-OAS	-	-1.81	-0.13
		0.97		
9	OAPE-OAP	-	-2.58	0.003
		1.29		
10	OAS-OP	-	-2.31	-0.32
		1.32		
11	OAP-OP	0.16	-0.65	0.97
12	OAP-OAS	1.71	0.30	3.12
13	Blend(OAP-OP)-OP	-	-2.66	-0.04
		1.35		
14	Blend(OAB+OAG)-OS(controle)	0.58	-0.57	1.75
15	OAPE-OP	-	-1.41	1.35
		0.02		
16	OASE-OS(controle)	2.24	1.13	3.36
17	OASE-OAS	0.96	0.09	1.82
18	OASE-OP	-	-1.8	-0.09
		0.96		
19	OASE-OAP	0.49	-0.32	1.31
Indirect estimates (source IDs)				
20	Indirect OAS vs SO(controle negativo) (1, 3)	-	-3.13	0.40
		1.36		
21	Indirect Blend(OAS-OS) vs SO(controle negativo) (8, 4)	-	-3.86	-0.56
		2.21		
22	Indirect OAP vs SO(controle negativo) (12, 4)	0.48	-1.52	2.48
23	Indirect OASE vs SO(controle negativo) (17, 4)	-	-1.93	1.39
		0.27		
24	Indirect OS(controle) vs SO(controle negativo) (1, 4)	-1.9	-3.42	-0.38
25	Indirect OP vs SO(controle negativo) (10, 4)	0.08	-1.64	1.81
26	Indirect OS(controle) vs SO(controle negativo) (6, 5)	-	-4.23	0.17
		2.03		
27	Indirect OAA vs SO(controle negativo) (6, 3)	-	-4.45	-0.25
		2.35		
28	Indirect Blend(OAS-OS) vs SO(controle negativo) (7, 3)	-	-4.32	-0.70
		2.51		
29	Indirect Blend(OAB+OAG) vs SO(controle negativo) (14, 3)	-	-3.49	0.60
		1.44		
30	Indirect OASE vs SO(controle negativo) (16, 3)	0.21	-1.80	2.23
31	Extended Indirect OAPE vs SO(controle negativo) (9, 22)	-	-3.19	1.57
		0.81		
32	Extended Indirect Blend(OAP-OP) vs SO(controle negativo) (13, 25)	-	-3.44	0.89
		1.27		
Result estimates (source IDs)				

OAS (4, 20)	-	-2.39	-0.17
	1.28		
OS(controle) (3, 24, 26)	-	-2.98	-0.97
	1.97		
OAG (2)	0	-1.38	1.38
OAA (5, 27)	-	-3.72	-0.97
	2.35		
Blend(OAS-OS) (21, 28)	-	-3.57	-1.12
	2.35		
OAPE (31)	-	-3.19	1.57
	0.81		
OAP (22)	0.48	-1.52	2.48
OP (25)	0.08	-1.64	1.81
Blend(OAP-OP) (32)	-	-3.44	0.89
	1.27		
Blend(OAB+OAG) (29)	-	-3.49	0.60
	1.44		
OASE (23, 30)	-	-1.36	1.20
	0.07		

Anexo 5 – Comparação para resultados de Ganho de peso (óleos ácidos vs óleo de soja)

ID	Comparison	g	LCI 95%	HCI 95%
Direct estimates				
1	OAS-OS(controle)	-0.87	-2.14	0.38
2	OAG-SO(controle negativo)	0.10	-1.28	1.49
3	SO(controle negativo)-OS(controle)	-3.82	-6.31	-1.34
4	OAS-SO(controle negativo)	2.39	0.56	4.22
5	OAA-SO(controle negativo)	3.43	1.14	5.73
6	OAA-OS(controle)	-0.39	-1.65	0.86
7	Blend(OAS-OS)-OS(controle)	-0.69	-2.44	1.05
8	Blend(OAS-OS)-OAS	0.21	-2.07	2.51
9	OAPE-OAP	1.03	-0.20	2.27
10	OAS-OP	1.46	-35.22	38.14
11	OAP-OP	-0.25	-137.48	136.97
12	OAP-OAS	-	-114.25	-39.27
		76.76		
13	Blend(OAP-OP)-OP	0.92	-0.29	2.14
14	Blend(OAB+OAG)-OS(controle)	-0.13	-1.27	0.99
15	OAPE-OP	-0.32	-1.18	0.54
16	OASE-OS(controle)	-	-217.74	170.79
		23.47		
17	OASE-OAS	-	-224.21	192.85
		15.67		
18	OASE-OP	-	-211.41	164.92
		23.24		
19	OASE-OAP	69.04	-122.92	261.00
Indirect estimates (source IDs)				
20	Indirect OAG vs OS(controle) (2, 3)	-3.72	-6.56	-0.87
21	Indirect OAS vs OS(controle) (4, 3)	-1.43	-4.52	1.65
22	Indirect OAA vs OS(controle) (5, 3)	-0.38	-3.77	2.99
23	Indirect Blend(OAS-OS) vs OS(controle) (8, 1)	-0.65	-3.28	1.96
24	Indirect OAP vs OS(controle) (12, 1)	-	-115.14	-40.12
		77.63		
25	Indirect OASE vs OS(controle) (17, 1)	-	-225.09	191.98
		16.55		
26	Indirect SO(controle negativo) vs OS(controle) (5, 6)	-3.83	-6.45	-1.21
27	Indirect SO(controle negativo) vs OS(controle) (4, 1)	-3.26	-5.49	-1.04
28	Indirect OP vs OS(controle) (10, 1)	-2.33	-39.04	34.36
29	Indirect OAS vs OS(controle) (8, 7)	-0.91	-3.80	1.97
30	Indirect OAS vs OS(controle) (17, 16)	-7.79	-292.80	277.20
31	Indirect OP vs OS(controle) (18, 16)	-0.23	-270.69	270.22
32	Indirect OAP vs OS(controle) (19, 16)	-	-365.63	180.59
		92.51		
33	Extended Indirect OAPE vs OS(controle) (9, 24)	-	-114.12	-39.06
		76.59		
34	Extended Indirect Blend(OAP-OP) vs OS(controle) (13, 28)	-1.41	-38.14	35.31
Result estimates (source IDs)				
	OAS (1, 21, 29, 30)	-0.95	-2.03	0.13
	OAG (20)	-3.72	-6.56	-0.87
	SO(controle negativo) (3, 26, 27)	-3.60	-5.00	-2.20
	OAA (6, 22)	-0.39	-1.57	0.78
	Blend(OAS-OS) (7, 23)	-0.68	-2.14	0.77
	OAPE (33)	-	-114.12	-39.06
		76.59		
	OAP (24, 32)	-	-115.07	-40.75
		77.91		

OP (28, 31)	-2.30	-38.67	34.07
Blend(OAP-OP) (34)	-1.41	-38.14	35.31
Blend(OAB+OAG) (14)	-0.13	-1.27	0.99
OASE (16, 25)	-	-162.40	121.88
	20.26		

Anexo 6 – Comparação para resultados de ganho de peso (óleos ácidos vs sem óleo)

ID	Comparison	g	LCI 95%	HCI 95%
Direct estimates				
1	OAS-OS(controle)	-0.87	-2.14	0.38
2	OAG-SO(controle negativo)	0.10	-1.28	1.49
3	SO(controle negativo)-OS(controle)	-3.82	-6.31	-1.34
4	OAS-SO(controle negativo)	2.39	0.56	4.22
5	OAA-SO(controle negativo)	3.43	1.14	5.73
6	OAA-OS(controle)	-0.39	-1.65	0.86
7	Blend(OAS-OS)-OS(controle)	-0.69	-2.44	1.05
8	Blend(OAS-OS)-OAS	0.21	-2.07	2.51
9	OAPE-OAP	1.03	-0.20	2.27
10	OAS-OP	1.46	-35.22	38.14
11	OAP-OP	-0.25	-137.48	136.97
12	OAP-OAS	-	-114.25	-39.27
		76.76		
13	Blend(OAP-OP)-OP	0.92	-0.29	2.14
14	Blend(OAB+OAG)-OS(controle)	-0.13	-1.27	0.99
15	OAPE-OP	-0.32	-1.18	0.54
16	OASE-OS(controle)	-	-217.74	170.79
		23.47		
17	OASE-OAS	-	-224.21	192.85
		15.67		
18	OASE-OP	-	-211.41	164.92
		23.24		
19	OASE-OAP	69.04	-122.92	261.00
Indirect estimates (source IDs)				
20	Indirect OAS vs SO(controle negativo) (1, 3)	2.94	0.15	5.73
21	Indirect Blend(OAS-OS) vs SO(controle negativo) (8, 4)	2.60	-0.32	5.54
22	Indirect OAP vs SO(controle negativo) (12, 4)	-	-111.90	-36.83
		74.37		
23	Indirect OASE vs SO(controle negativo) (17, 4)	-	-221.82	195.25
		13.28		
24	Indirect OS(controle) vs SO(controle negativo) (1, 4)	3.26	1.04	5.49
25	Indirect OP vs SO(controle negativo) (10, 4)	0.92	-35.80	37.66
26	Indirect OS(controle) vs SO(controle negativo) (6, 5)	3.83	1.21	6.45
27	Indirect OAA vs SO(controle negativo) (6, 3)	3.43	0.64	6.21
28	Indirect Blend(OAS-OS) vs SO(controle negativo) (7, 3)	3.12	0.09	6.16
29	Indirect Blend(OAB+OAG) vs SO(controle negativo) (14, 3)	3.68	0.95	6.41
30	Indirect OASE vs SO(controle negativo) (16, 3)	-	-213.93	174.63
		19.65		
31	Extended Indirect OAPE vs SO(controle negativo) (9, 22)	-	-110.88	-35.77
		73.33		
32	Extended Indirect Blend(OAP-OP) vs SO(controle negativo) (13, 25)	1.85	-34.89	38.60
Result estimates (source IDs)				
	OAS (4, 20)	2.55	1.02	4.08
	OS(controle) (3, 24, 26)	3.60	2.20	5.00
	OAG (2)	0.10	-1.28	1.49
	OAA (5, 27)	3.43	1.66	5.21
	Blend(OAS-OS) (21, 28)	2.86	0.74	4.97
	OAPE (31)	-	-110.88	-35.77
		73.33		
	OAP (22)	-	-111.90	-36.83
		74.37		
	OP (25)	0.92	-35.80	37.66

Blend(OAP-OP) (32)	1.85	-34.89	38.60
Blend(OAB+OAG) (29)	3.68	0.95	6.41
OASE (23, 30)	-	-158.84	125.45
	16.69		
