

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VALORES ENERGÉTICOS DA GLICERINA E ÓLEOS
RESIDUAIS DE SOJA DETERMINADOS COM FRANGOS
DE CORTE

Autora: Vera Lúcia Quintino
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cibele Silva Minafra

RIO VERDE – GO
fevereiro - 2012

VALORES ENERGÉTICOS DA GLICERINA E ÓLEOS
RESIDUAIS DE SOJA DETERMINADOS COM FRANGOS
DE CORTE

Autora: Vera Lúcia Quintino
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Cibele Silva Minafra

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde – Área de concentração Ciências Agrárias.

Rio Verde – GO
fevereiro – 2012

Q74v

QUINTINO, Vera Lúcia.

Valores energéticos da glicerina e óleos residuais de soja determinados com frangos de corte / Vera Lúcia Quintino – Rio Verde – 2012.
39 f.: il.;

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde – 2012.

1. Energia metabolizável 2. Glicerol 3. Óleo degomado 4. Frangos - Corte
Gilmar José Terra. CRB1 2524

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**VALORES ENERGÉTICOS DA GLICERINA E DE
ÓLEOS RESIDUAIS DE SOJA DETERMINADOS COM
FRANGOS DE CORTE**

Autora: Vera Lúcia Quintino
Orientadora: Dra. Cibele Silva Minafra

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias – Área de concentração
Ciências Agrárias – Ciências Agrárias

APROVADA em 29 de fevereiro de 2012.

Prof. Dr. Marcos Barcellos Café
Avaliador externo
UFG

Prof^a. Dra. Priscila Alonso dos Santos
Avaliadora interna
IFGoiano/RV

Prof^a. Dra. Cibele Silva Minafra
Presidente da banca
IFGoiano/RV

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- *campus* Rio Verde, pela oportunidade de realização deste Mestrado.

À CAPES, pelo Título de Mestre.

À Direção, Coordenação e Secretaria do PPGCA, pelo acolhimento.

À Diretoria de Planejamento e Gestão, pela atenção e esforço no sentido da aquisição das gaiolas metabólicas para execução do experimento.

Aos professores que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, e em especial à Prof.^a Ms.(Doutoranda) Fabiana Ramos dos Santos, Prof. Ms. (Doutorando) Rômulo Davi Albuquerque, e Prof. Dr^o Marco Antônio Pereira de Oliveira, por compartilharem comigo seus equipamentos, conhecimentos e material para pesquisa.

À minha orientadora, Prof^a Dr^a Cibele Silva Minafra e às co-orientadoras, Prof^a Dr^a Maria Cristina de Oliveira e Prof^a Dr^a Geovana Rocha Plácido, que contribuíram para minha chegada ao final desta trajetória.

Aos professores Dr^o Marcos Barcelos Café e Dr^a Priscila Alonso dos Santos, pela disponibilidade para compor a banca examinadora.

Aos colegas de trabalho Carlos, Dalva (Setor de Avicultura), Reginaldo, Antônio Marcos (Vigilantes), Carlos “Sapiroca” (Laboratório de Análises de Nutrição Animal-IFGoiano-*campus* Rio Verde), Michel Blezins (Médico Veterinário) e Durcinei “Rosquinha”, pela colaboração durante o experimento.

Ao estudante do Curso de Química, Wandalas Castro pela dedicação e apoio oferecidos.

À empresa Rural Rio, pelo fornecimento da glicerina.

Aos meus amigos, de A até Z, por existirem...

Aos meus irmãos: Ana e Alcino pelas lições, enquanto passavam por este plano, na terra; Antônio (“Nininho”) e Adécio, pelo companheirismo; “Bia”, pela confiança e amizade inabaláveis.

Aos meus filhos Bruno Henrique e Karlos Eduardo, pela compreensão e amor dedicados durante estes vinte e quatro meses.

Aos meus pais, Sr. João e D. Olívia, pelos exemplos.

A Deus, por nos presentear com o dom da renovação diária da fé.

A todos, meu respeito e gratidão.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Vera Lúcia Quintino nasceu em Ipuã, Estado de São Paulo, no dia 16 de fevereiro de 1964. É filha de João Quintino e Olívia de Carvalho Quintino. Graduou-se em Licenciatura em Ciências Físicas e Biológicas no ano de 1992, Bacharelado em Ciências Sociais e Especialização em Educação Profissional integrada à Educação Básica, em 2009. Iniciou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias em fevereiro de 2010, concluindo o curso em fevereiro de 2012.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Soja: Principais subprodutos com potencial energético para alimentação de aves.....	3
1.1.1 Glicerina proveniente da produção de biodiesel.....	3
1.1.2 Glicerina na nutrição de monogástricos.....	7
1.1.3 Óleo degomado e óleo ácido oriundos do refino de óleo bruto.....	
1. 2 Valor energético dos alimentos para frangos de corte.....	9
1.3 Características e metabolismo energético de lipídios em aves.....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
Valores energéticos da glicerina e óleos residuais de soja determinados com frangos de corte.....	19
Resumo.....	19
Abstract.....	20
Introdução.....	21
Material e métodos.....	22
Resultados e discussão.....	26
Conclusões.....	34

Referências bibliográficas.....	34
CONCLUSÃO GERAL.....	37
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Composição centesimal da ração referência e valores nutricionais calculados para pintos de corte de 14 a 21 dias de idade.....	25
Tabela 2 - Fórmulas para cálculo da Energia Metabolizável.....	25
Tabela 3 - Valores e seus respectivos desvios padrão determinados com frangos de corte de 14 a 21 dias para a Energia Metabolizável Aparente e Energia Metabolizável Aparente corrigida para o Balanço de Nitrogênio dos alimentos, expresso na matéria seca.....	26
Tabela 4 - Valores do Balanço, Digestibilidade e Retenção de Nitrogênio verificado na Ração Referência, Ração Teste (glicerina), Retenção de Nitrogênio no Jejum e seus respectivos desvios padrão.....	
Tabela 5 - Comparação entre as médias dos valores de EMAn encontrados por alguns pesquisadores para a glicerina bruta determinados com frangos de corte e o valor encontrado no presente experimento.....	28
Tabela 6 - Comparação entre as médias dos valores de EMAn encontrados por Vieira et al. (2002) e os valores encontrados no presente experimento.....	30
Tabela 7 - Valores de Energia Metabolizável Verdadeira e Energia Metabolizável Verdadeira corrigida para o balanço de nitrogênio dos alimentos determinados com frangos de corte de 14 a 21 dias de idade, expresso na Matéria Seca.....	31
Tabela 8- Valores de Energia Bruta e Coeficiente de Metabolizabilidade da Energia Bruta dos alimentos expressos na matéria seca.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Reação de formação do biodiesel e da glicerina.....	4
Figura 2 - Formação do triacilglicerol ou triglicerídeo.....	5
Figura 3 - Processo de extração do óleo dos grãos de soja.....	8
Figura 4 - Esquema da utilização da energia pelos monogástricos e valores aproximados das perdas de energia da dieta.....	11
Figura 5 - Valores de EMA e EMAn encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido.....	27
Figura 6 - Valores de EMV e EMVn encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido.....	32
Figura 7 - Valores do CMEB da glicerina, óleo degomado e óleo ácido.....	33

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

AGL	Ácido graxo livre
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ATP	Trifosfato de adenosina
ABIOVE	Associação Brasileira de Indústrias de Óleos Vegetais
BN	Balço de Nitrogênio
BNV	Balço de Nitrogênio Verdadeiro
cal/g	Caloria por grama
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDMS	Coefficiente de Digestibilidade da Matéria Seca
CGEE	Comissão de Gestão e Estudos Estratégicos
CMEB	Coefficiente de Metabolizabilidade da Energia Bruta
C ₃ H ₈ O ₃	Fórmula do glicerol
°C	Graus Celsius
EB	Energia Bruta
EB _{excretada}	Energia Bruta excretada
EB _{ingerida}	Energia Bruta ingerida
ED	Energia digestível
EL	Energia Líquida
EMA/kg/MS	Energia metabolizável aparente por quilograma de matéria seca
EM _{An}	Energia Metabolizável Aparente corrigida pelo Balço de nitrogênio
EMARR	Energia Metabolizável Aparente da Ração Referência
EMART	Energia Metabolizável Aparente da Ração Teste
EMV	Energia Metabolizável Verdadeira
EMV _n	Energia Metabolizável Verdadeira corrigida pelo Balço de nitrogênio

EMV _n RR	Energia Metabolizável verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio da Ração referência
EMV _n RT	Energia Metabolizável verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio da Ração Teste
EMVRR	Energia Metabolizável verdadeira da Ração Referência
EMVRT	Energia Metabolizável verdadeira da Ração Teste
EUA	Estados Unidos da América
G	Grama
GEE	Gás de efeito estufa
GLIS	Glicerina de biodiesel de soja
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
kcal	Quilocaloria
kcal/g	Quilocaloria por grama
kcal/Kg/MS	Quilocaloria por quilograma de matéria seca
kg	Quilograma
MN	Matéria Natural
MS	Matéria Seca
MSD	Matéria Seca Digerida
N	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de Sódio
NRC	National Research Council
OAS	Óleo Ácido de Soja
ODS	Óleo Degomado de Soja
%	Porcentagem
pH	Potencial hidrogeniônico
RR	Ração Referência
RT	Ração Teste
SAEG	Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa.
TGI	Trato gastrointestinal
UBABEF	União Brasileira de Avicultura

U.I Unidade Internacional
USDA Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

RESUMO

Um ensaio metabólico foi conduzido com o objetivo de determinar os valores de Energia Metabolizável Aparente (EMA), Energia Metabolizável Aparente Corrigida para o Balanço de Nitrogênio (EMAn), Energia Metabolizável Verdadeira (EMV), Energia Metabolizável Verdadeira corrigida para o balanço de Nitrogênio(EMVn) e o Coeficiente de Digestibilidade da Energia Bruta da glicerina, do óleo degomado e do óleo ácido provenientes de resíduos agroindustriais do biodiesel e óleo refinado de soja. O experimento utilizou o método tradicional da coleta total de excretas e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com um grupo jejum e quatro tratamentos de cinco repetições de seis aves cada. Os valores energéticos encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido foram: EMA: 3908 ± 463 ; 3558 ± 432 ; 2098 ± 206 ; EMAn: 3247 ± 33 ; 3324 ± 141 ; 2856 ± 105 ; EMV: 4000 ± 260 ; 4271 ± 412 ; 1921 ± 342 ; EMVn: 4182 ± 225 ; 4457 ± 465 ; 2123 ± 401 Kcal/Kg/MS e CMEB 75 ± 4 ; 38 ± 4 ; $20 \pm$, respectivamente.

Palavras-chave: energia metabolizável, glicerol, óleo degomado, óleo ácido, pintos de corte

ABSTRACT

A metabolism trial was carried out to determine the values of Apparent Metabolizable Energy (AME), apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn), True Metabolizable Energy (TME), True Metabolizable Energy corrected for nitrogen balance (TMEn) and gross energy digestibility coefficient of glycerin, degummed oil and acid oil from agroindustrial residues of biodiesel and refined soybean oil. The experiment used the traditional method of total excreta collection and experimental design was completely randomized with a fasting group fasting and four treatments of five replicates of six birds each. The energy values found for glycerin, degummed oil and acid oil were: AME: 3908 ± 463 , 3558 ± 432 , 2098 ± 206 ; AMEn: 3247 ± 33 , 3324 ± 141 , 2856 ± 105 ; TME: 4000 ± 260 , 4271 ± 412 , 1921 ± 342 ; TMEn: 4182 ± 225 , 4457 ± 465 , 2123 ± 401 Kcal / kg / DM and GEMC 75 ± 4 , 38 ± 4 , ± 20 , respectively.

Key words: metabolizable energy, glycerol, degummed oil, acid oil, broiler chicks

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

A segunda década do Século XXI apresenta-se no cenário global com temáticas merecedoras de atenção. A primeira se refere ao aumento da população global, o que conseqüentemente aumenta a demanda por alimentos e a competição entre a alimentação humana e a animal.

Neste contexto, o avanço das tecnologias proporciona um crescimento na economia e grandes empresas produtoras de alimentos investem com intuito de liderarem os mais diversos mercados.

A avicultura de corte industrial está entre as atividades do agronegócio brasileiro que atingiram alta tecnificação nos últimos anos. No Brasil as cadeias produtivas de aves e suínos são modernas, tanto quanto as dos países desenvolvidos e normalmente são lideradas pelas agroindústrias processadoras da carne. Padrões internacionais de qualidade estão sendo utilizados no produto brasileiro de forma a atender as exigências dos consumidores quanto à segurança alimentar e evitar a aplicação de barreiras não tarifárias às nossas exportações. Constatam também avanços nas alternativas de redução do impacto ambiental da produção em diversas regiões (TALAMINI, 2005).

Desta forma, percebe-se que o desenvolvimento da cadeia produtiva da carne no mundo globalizado está cada vez mais rápido, exigindo das pessoas envolvidas evolução e crescimento constantes (COSTA *et al.*, 2008).

De acordo com o relatório anual da UBABEF (2010/2011) a produção de carne de frango chegou a 12,230 milhões de toneladas em 2010, em um crescimento de 11,38% em relação a 2009, quando foram produzidas 10,980 milhões de toneladas. Este

desempenho aproxima o Brasil da China, hoje o segundo maior produtor mundial, cuja produção de 2010 teria somado 12,550 milhões de toneladas, abaixo apenas dos Estados Unidos, com 16,648 milhões de toneladas, conforme projeções do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA, 2009). O crescimento em 2010 foi atribuído principalmente ao aumento de consumo de carne de frango e pela expansão de 5,1% nas exportações. Com relação ao mercado nacional, do volume total de frangos produzidos pelo país, 69% foi destinado ao consumo interno, e 31% para exportações. Com isto, o consumo per capita de carne de frango foi de 44 quilos/hab./ano, no ano passado, conforme a UBABEF (2010/2011). Este fato é estimulador para que a indústria avícola brasileira busque a qualidade de todo o sistema em função da competitividade do mercado.

Esta mesma evolução tecnológica que alcançou a avicultura de corte industrial, atingiu também a cultura da soja com inovações técnicas e científicas que aperfeiçoaram o desempenho das lavouras e fizeram do complexo soja, isto é, “grão, óleo e farelo”, uma das mais importantes “commodities” nacionais (CÂMARA, 2011).

Por outro lado, o tema da mudança do clima ocupa um espaço cada vez maior nas preocupações das sociedades uma vez que traz consequências para a vida das pessoas, para as atividades econômicas e para o próprio equilíbrio dos recursos da biodiversidade. Assim, pós-evolução industrial, a queima de combustíveis fósseis é a principal causa do aumento da concentração atmosférica de gases de efeito estufa (GEE), de origem antropogênica (IPCC, 2007). Hoje o setor energético global é o maior responsável por esse aumento com 61,3 % das emissões mundiais de GEE (BRASIL, 2010). Os cenários mais recentes estimam um crescimento da demanda mundial de energia primária da ordem de 1,8% ao ano entre 2005 e 2030 (total de 55% de crescimento no período), com 84% de participação dos combustíveis fósseis (IEA, 2007).

Neste sentido, o biodiesel tem sido uma promessa de amenizar os efeitos nocivos dos combustíveis fósseis ao meio ambiente, uma vez que é biodegradável e é produzido a partir da biomassa de fontes renováveis.

Pelo menos 10 milhões de toneladas de soja serão destinados à produção de biodiesel neste ano. A produção nacional de soja em grão é de 71 milhões de toneladas e o produto é responsável por 83% do volume de biodiesel do país. A moagem de soja destinada ao biodiesel deverá render 1,9 milhão de toneladas de óleo. O avanço da utilização da soja no biodiesel, mais a aceleração da economia, deve elevar a moagem

da oleaginosa para 36 milhões de toneladas na safra 2011/12. Além da produção do biodiesel, a transformação industrial dos grãos de soja em óleo e farelo se tornou uma atividade altamente rentável, levando à instalação de novas empresas no setor, e inovações tecnológicas nas já existentes. Os dados mais recentes indicam receitas de US\$ 22,6 bilhões. A soja em grão renderá US\$ 15,6 bilhões e o farelo, US\$ 5,4 bilhões (ABIOVE, 2011).

Portanto são necessárias pesquisas que viabilizem a produção de biodiesel sem colocar em risco a produção de alimentos para a população humana e nem ameacem a sustentabilidade com a destinação indevida da glicerina, que é o subproduto gerado.

1.1 Soja: Principais subprodutos com potencial energético para alimentação de aves

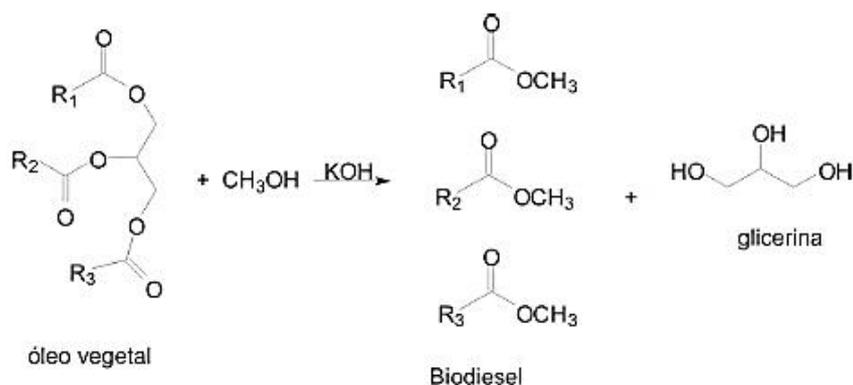
1.1.1 Glicerina proveniente da produção de biodiesel

O biodiesel (éster monoalquílico) é obtido a partir da reação de transesterificação, em meio ácido ou básico, de um lipídio de origem animal ou vegetal com um álcool (metanol ou etanol), resultando em 90% biodiesel e 10% glicerina (LEMKE, 2006).

A transesterificação consiste na separação da glicerina do óleo vegetal ou animal em que cerca de 20% de uma molécula de lipídio é formada por glicerina. A glicerina torna o óleo mais denso e viscoso, portanto deve ser removida deixando o lipídio mais fino e reduzindo a viscosidade. A glicerina do biodiesel tem entre 75 a 85% de glicerol e para alcançar o grau alimento humano deve ser refinada até atingir 95 a 99% de pureza (TOOHEY, 2003).

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual de 1,6 bilhões de litros e como subproduto, 160 milhões de litros de glicerina (ANP, 2011).

A figura 1 demonstra a reação de formação do biodiesel a partir de uma molécula de lipídio e 3 moléculas de álcool gerando 3 moléculas de biodiesel e uma de glicerina.



Fonte: Lemke (2006)

Figura 1 - Reação de formação do biodiesel e da glicerina

Várias são as aplicações para a glicerina, equivalendo aproximadamente a 10% do total de biodiesel produzido (SEBRAE, 2007), quando purificada na indústria, entre as quais se destacam os usos em tabaco, bebidas, cosméticos (PERES *et al.*, 2005) na síntese de resinas (ésteres), no uso alimentício e outros (MOTA *et al.*, 2009). No entanto são necessários processos complexos e de alto custo para que a glicerina alcance as exigências em grau de pureza necessárias para estes fins (DINIZ, 2005).

1.1.2 Glicerina na nutrição de monogástricos

Embora o milho seja o principal alimento energético utilizado na alimentação animal e o responsável por grande parte dos custos nas formulações de rações, buscando alimentos alternativos que possam reduzir os custos, mantendo as características qualitativas das rações (ROSTAGNO *et al.*, 2005). Dentre tais alimentos se destaca a glicerina, subproduto da produção do biodiesel, pelo seu teor de glicerol.

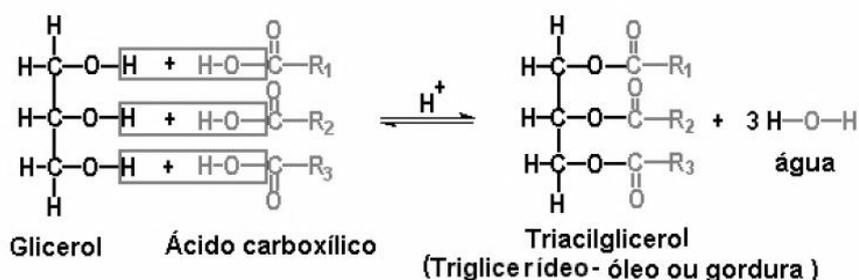
O termo glicerol é aplicado para a substância pura (MORRISON, 1994), enquanto para a glicerina considerando que diversas impurezas podem estar presentes no produto (MENTEN *et al.*, 2008).

O glicerol é um tri-álcool com 3 carbonos, tendo como nome sistemático 1,2,3-propanotriol. É um composto orgânico pertencente a função álcool com três hidroxilas,

portanto do grupo dos polióis que tem a fórmula molecular $C_3H_8O_3$. É líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado. O nome se origina da palavra grega *glykos*, que significa doce (IUPAC, 1997).

Presente nos organismos vegetais e animais, o glicerol está associado a três ácidos graxos de cadeia longa sob a forma de triacilglicerol, sendo desta maneira armazenado nos animais (gorduras) e vegetal (óleos e azeites) (POND *et al.*, 2005).

A figura 2 representa a formação do triacilglicerol ou triglicerídeo.



Fonte: Pond *et al.* (2005)

Figura 2 - Formação do triacilglicerol ou triglicerídeo

A direção destinada ao glicerol no metabolismo depende do estado nutricional do animal podendo ser para: fornecimento de esqueleto carbônico para a gliconeogênese, transferência de equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria ou como precursor da síntese de triglicerídeos – *síntese do novo* de ácidos graxos ou ainda como constituintes da molécula de triacilglicerol (MENTEN *et al.*, 2008).

Usada como fonte de energia para monogástricos, a glicerina pode ser oxidada gerando um rendimento de 22 moles de ATP/mol (DOPPENBERG & VAN DER AAR, 2007).

O valor energético da glicerina bruta resultante do processo industrial deve ser determinado em função de sua pureza em glicerol (MENTEN *et al.*, 2008). A glicerina possui três graus de pureza (baixa, média e alta) sendo classificada baixa (50 a 70% de glicerol), média (80 a 90% de glicerol) e alta (acima de 99% de glicerol). A glicerina bruta (baixa pureza) pode ser usada na alimentação animal, porém a glicerina de média pureza (comercial ou loira), além de possuir maior teor de glicerol, tem menores teores de água, metanol, ácidos graxos livres e ésteres que a torna mais interessante do ponto de vista nutricional (SCHRÖDER & SÜDEKUM, 1999).

A glicerina de baixa pureza ou bruta, normalmente não é disponibilizada para venda pelos fabricantes, por causa do procedimento de reciclagem do metanol

remanescente da transesterificação que é recuperado para o sistema e, neste processo, há a retirada de água, ácidos graxos livres entre outras substâncias, produzindo a glicerina semi-purificada de média pureza, disponível para venda. A glicerina pura com 99% de glicerol (grau alimento) é com certeza o melhor para o uso na alimentação animal, é usado largamente na alimentação humana como aditivo, porém o custo de purificação é oneroso tornando impraticável a princípio sua adição em concentrados de alimentos para animais. Sendo assim parece ser mais adequado o uso da glicerina de média pureza por ser quase desprovida de água, ter baixo teor de metanol, ácidos graxos livres, ésteres com um teor de glicerol em torno de 85% e a custo menor que a glicerina pura (THOMPSON & HE, 2006). O problema fundamental com glicerina bruta de biodiesel são as impurezas dos reagentes da transesterificação (TYSON *et al.*, 2004).

A glicerina bruta produzida como um subproduto do biodiesel pode ser uma fonte de energia útil para uso em dietas de frangos, mas também há preocupações em relação aos níveis aceitáveis de metanol residual produzido durante o processo industrial (CERRATE *et al.*, 2006).

Entretanto, no processo mais comum de produção de biodiesel, o metanol é usado em excesso na reação de transesterificação. A maior parte do metanol é recuperada por destilação e é reciclada, porém de forma incompleta. A indústria estabelece o valor 0,5% de metanol na glicerina bruta produzida (MENTEN, 2008).

Zavarize *et al.* (2011) conduziram um experimento com objetivo de avaliar a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para o nitrogênio (EMAn) de diferentes fontes de glicerina com frangos de corte dos 21 aos 29 dias de idade. Os valores de composição das glicerinas e de energia metabolizável aparente e aparente corrigida, expressos em matéria natural encontrados pelos pesquisadores para as glicerinas A, B, C, D foram respectivamente: Energia bruta, kcal/kg: 3469; 6201; 3679; 3396; Glicerol (%): 80,1; 40,3; 71,3; 62,2; Fonte: Soja, Fritura, Soja, Soja; Região: MT; SP; PR; MT; EMA (kcal/kg): 3.182, 5.251, 2.871, 2.787 e EMAn (kcal/kg): 3.145, 5.026, 2.828 e 2.893. Os autores concluíram que a glicerina pode ser usada como fonte de energia para frangos de corte, porém sua composição afeta diretamente a energia e o coeficiente de metabolizabilidade.

1.1.3 Óleo degomado e óleo ácido oriundos do refino do óleo bruto

A extração do óleo dos grãos de soja pode ser realizada de maneira mecânica (extrusora), ou química (solventes). Após esse processo se obtêm o óleo bruto (LIU, 1999). As etapas principais de refinação do óleo Bruto da soja são a degomagem, neutralização, clareamento e desodorização. A degomagem é o processo de remoção dos fosfolipídios do óleo bruto de soja, realizado pela adição de 1 a 3% de água a 70 °C que atrai os fosfolipídios polares separando-os da fase óleo. Assim são obtidos o óleo degomado de soja (ODS) e a lecitina. A neutralização é o processo posterior de refinação e consiste na remoção dos ácidos graxos livres (AGL) do óleo degomado (ODS). Os ácidos graxos são removidos pela adição de Hidróxido de sódio (NaOH), após existe a saponificação dos AGL e a remoção por centrifugação, quando também são removidos alguns triglicerídeos, fosfolipídios e pigmentos. Assim, forma-se o óleo refinado que ainda não está totalmente processado, e a formação do resíduo “soapstock” originando o óleo ácido de soja (OAS) por meio da acidificação. Finalmente para ser embalado e comercializado o óleo passa pelo processo de clareamento e desodorização (PAULA, 2002).

Uma forma de utilização do óleo de soja na alimentação de frangos de corte é o seu emprego na forma de óleo degomado ou ácido, que são subprodutos do refino do óleo bruto de soja e são encontrados por menores valores no mercado brasileiro. O óleo ácido é muito utilizado na indústria de rações animais, ainda que com vários questionamentos acerca de sua eficiência, tais como a adulteração com outros ácidos graxos de baixo valor nutricional, nível de peroxidação, presença de impurezas, e valores energéticos não confiáveis (VIEIRA *et al.*, 2002).

O óleo degomado ou purificado é obtido após a remoção de fosfatídeos, proteínas e substâncias coloidais do óleo cru (MORETTO, 1998).

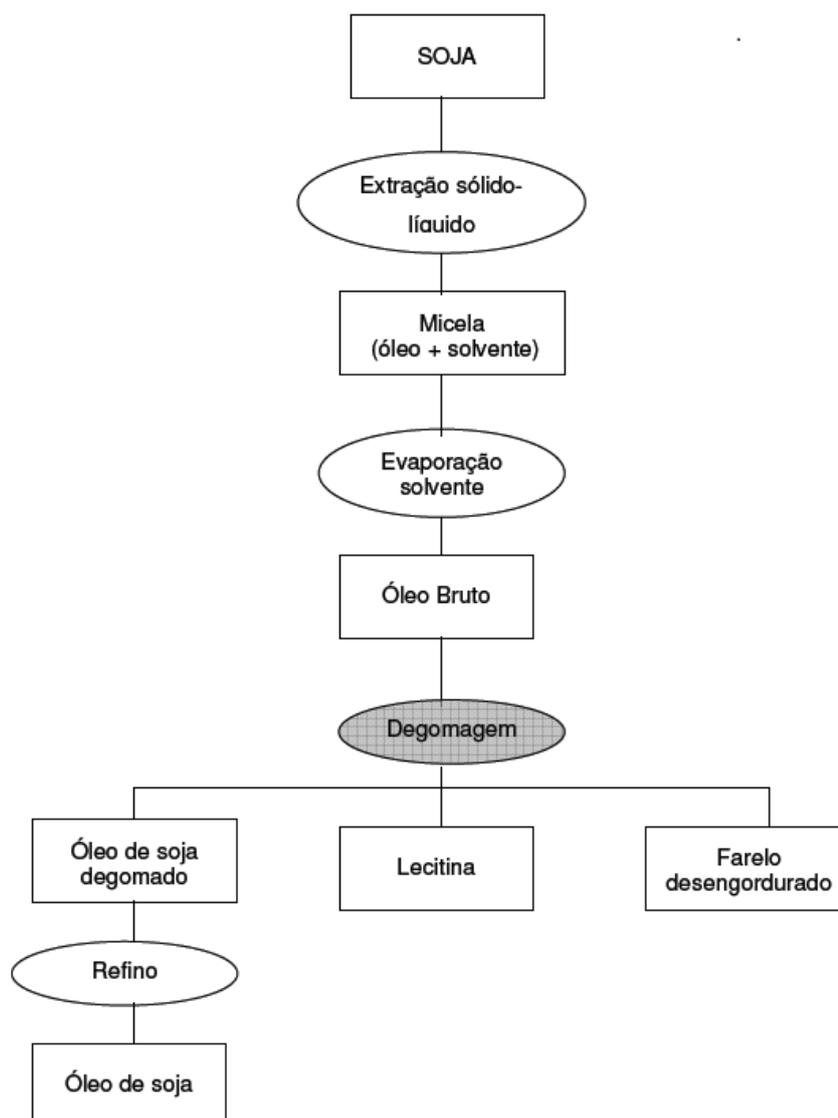
O óleo mais utilizado pela indústria avícola é o óleo degomado de soja (ODS), embora apresente várias impurezas. Na substituição do ODS por quantidades iguais de OAS ocorrem perdas no desempenho de frangos de corte sendo um indicativo do menor valor energético do OAS em relação ao ODS (GAIOTTO *et al.*, 2000).

Andreotti *et al.* (2004) determinaram o valor de EMAn na matéria natural de 9.148 Kcal/Kg para o ODS, na fase de criação de 22 a 30 dias dos frangos de corte,

enquanto Junqueira *et al.* (2005) o valor de 9.201 Kcal/Kg para o ODS. Rostagno *et al.* (2005) apresentou um valor de 9.200 Kcal/Kg para este óleo.

A capacidade de absorção dos ácidos graxos provenientes do OAS é de aproximadamente 91% da absorção dos ácidos graxos do ODS (BORNSTEIN & LIPSTEIN, 1963).

A figura 3 representa o processo de extração do óleo dos grãos de soja.



Fonte: Liu (1999).

Figura 3 - Processo de extração do óleo dos grãos de soja

Em um trabalho com OAS e ODS, Vieira *et al.* (2002), obtiveram o valor de energia metabolizável corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de 8.144 Kcal/Kg/MS para o óleo ácido com frangos de corte aos 28 dias de idade, sendo este valor inferior a 5% ao encontrado para o ODS no mesmo experimento, cuja ocorrência

pode ser por causa da menor proporção de gordura total na forma de triglicerídeos e maior concentração de ácidos graxos livres (AGL) no óleo ácido em relação ao óleo degomado de soja.

A relação entre AGL e triglicerídeos intactos é importante pelos AGL apresentarem menor eficiência de absorção do que aqueles provenientes de triglicerídeos. Quando os AGL são fornecidos como única fonte de lipídeos não existe monoglicerídeos suficientes para uma boa absorção (BLANCH *et al.*, 1995).

1.2 Valores energéticos dos alimentos para frangos de corte

A energia está relacionada com o consumo de alimentos e é utilizada nos mais diferentes processos metabólicos que envolvem desde a manutenção das aves até o máximo potencial produtivo. Entretanto, para controlar a produtividade com eficiência, primando pela sustentabilidade é necessário o conhecimento minucioso dos valores de energia dos alimentos, bem como das exigências nutricionais dos animais (FISCHER JR, 1997).

A energia dos alimentos é biologicamente dividida em: (EB) energia bruta, (ED) energia digestível, (EMA) energia metabolizável aparente, (EMV) energia metabolizável verdadeira e (EL) energia líquida. A energia Bruta (EB) é a quantidade de energia química, ou seja, quantidade de energia liberada por um ingrediente quando queimado na bomba calorimétrica. Indica apenas o total de energia presente no alimento e não a que está disponível ao animal. A Energia Digestível (ED) é aquela determinada pela diferença entre a energia ingerida e a energia excretada. Porém, as aves excretam urina e fezes juntas, logo, a determinação da energia digestível é dificultada. A Energia Metabolizável Aparente (EMA) é a Energia Bruta (EB) consumida do alimento menos a Energia Bruta contida nas excretas (fezes + urina). E, quando se considera as perdas endógenas e metabólicas, tem-se a Energia Metabolizável Verdadeira (EMV). A Energia Líquida é determinada pela diferença entre a Energia Metabolizável e a energia perdida como incremento calórico (ROSTAGNO *et al.* , 2005).

O valor de energia Metabolizável é o que melhor representa a quantidade de energia disponível no alimento para aves, por ser pouco influenciado pelo balanço nutricional e de fácil execução. Na determinação dos valores energéticos dos alimentos para aves, o balanço de nitrogênio (N ingerido – N excretado) pode ser positivo quando

(N ingerido > N excretado) ou negativo (N excretado > N ingerido). A retenção do nitrogênio pode ser afetada pelo consumo ou composição química do alimento fornecido. O nitrogênio dietético retido no organismo se for catabolizado será excretado na forma de ácido úrico (ALBINO, 1991).

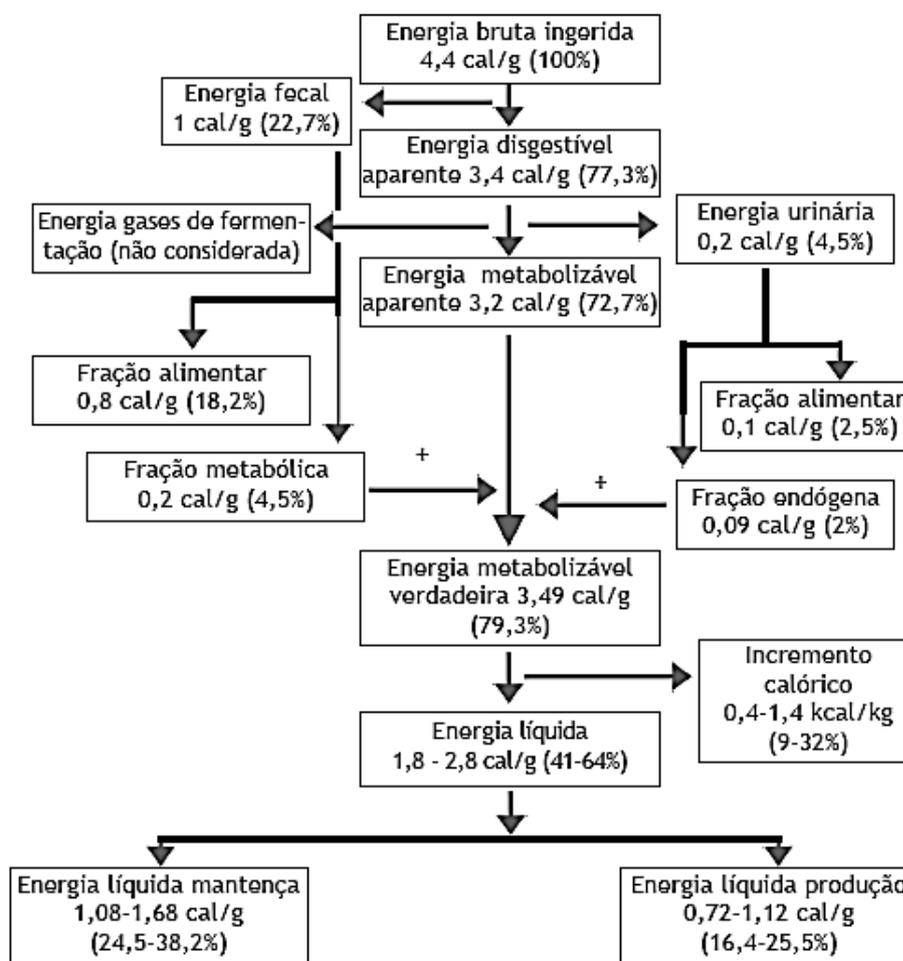
Segundo Hill & Anderson (1958), na completa oxidação do nitrogênio dietético retido, 8,22 kcal/g não são excretados e por isso são considerados para a correção dos valores de EMA e EMV, passando a ser expressos como EMAn e EMVn. Dentre os vários métodos para determinar a energia dos alimentos para aves estão os ensaios “in vitro”, as equações de predição e os ensaios biológicos “in vivo”. O mais conhecido e utilizado é a tradicional coleta total de excretas desenvolvido por Sibbald & Slinger (1963).

No entanto, para determinar a energia metabolizável dos alimentos para aves, a idade deve ser considerada. As aves mais jovens possuem menor capacidade de digestão e absorção de nutrientes por não possuírem sistema digestivo completamente desenvolvido. Geralmente esses efeitos só começam a diminuir após a terceira semana de idade, coincidindo com o amadurecimento do trato gastrointestinal, com o aumento da idade ocorrem mudanças na taxa de passagem e na atividade de enzimas. Os valores de EMA e EMAn determinados com o método de coleta total com pintos são menores que os valores de energia metabolizável verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn), determinados pelo método da alimentação forçada com galos, que evidencia o efeito da idade (ALBINO, 1991).

Assim, no sistema de energia para aves, a EM pode ser determinada e expressa como: EMA, EMAn, EMV e EMVn.

Desta forma para que se tenha uma estimativa mais precisa do aproveitamento energético de um determinado alimento para frangos de corte, torna-se importante levar em consideração as diferentes fases do desenvolvimento digestivo destes animais, a fim de evitar sub ou superestimações nutritivas.

Na figura 4, é apresentado o esquema de utilização da energia pelos monogástricos e valores aproximados das perdas de energia da dieta.



Fonte: Rostagno *et al.* (2005)

Figura 4 - Esquema da utilização da energia pelos monogástricos e valores aproximados das perdas de energia da dieta.

1.3 Características e metabolismo energético dos lipídios em aves

Os termos óleos, lipídeos e gorduras são simplesmente referidos como gorduras, terminologia utilizada pela maioria da indústria avícola brasileira, porém com diferenças que devem ser especificadas quando necessário. A diferença básica entre óleos e gorduras está na forma física em temperatura ambiente (a forma líquida dos óleos reflete a predominância de ácidos graxos insaturados, enquanto nas gorduras, a viscosidade e solidez caracterizam a concentração de ácidos graxos saturados de cadeia longa). Os triglicerídeos juntamente com diglicerídeos, monoglicerídeos, ácidos graxos livres e fosfolipídeos estão ligados diretamente ao fornecimento de energia para as aves (GAIOTTO, 2004).

Os lipídeos são definidos como biomoléculas insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Os ácidos graxos livres, não estão ligados a outros componentes orgânicos como o glicerol, eles contêm uma pequena fração dos lipídeos totais. Os lipídeos mais abundantes são os triglicerídeos, que têm a função armazenadora de energia (GONZALES & SILVA, 2006).

Os componentes dos óleos e gorduras são divididos em triglicerídeos, diglicerídeo, monoglicerídeos, ácidos graxos livres, fosfolipídios, esteróis, ceras, colesterol e vitaminas lipossolúveis (GUNSTONE *et al.*, 1994).

Os triglicerídeos são os principais constituintes dos óleos e gorduras, formados a partir de ligação éster de três ácidos graxos a um glicerol (ZAMBLAZI, R.; ZAMBLAZI, M., 2000). Os ácidos graxos são compostos pelo grupo carboxílico ligado a uma cadeia carbônica. São a base para formação do triglicerídeo juntamente com o glicerol sendo classificados como saturados, ou seja, ausência de duplas ligações na cadeia, por isso chamada de cadeia linear de carbonos e insaturados, quando possuem uma ou mais duplas ligações (GURR & HARWOOD, 1991).

As aves não são capazes de sintetizar todos os ácidos graxos, mas alguns são considerados essenciais: o linoleico (18:2, n-6) e o linolênico (18:3, n-3) são reconhecidos como metabolicamente essenciais (NRC, 1994).

Dentre as vantagens da utilização de óleos e gorduras como fornecedores de energia aos frangos de corte, destaca-se a energia de forma concentrada que os mesmos oferecem. Enquanto os carboidratos fornecem 3,7 Kcal/g (glicose) e 4,2Kcal/g (amido) e as proteínas 5,6 Kcal/g, as gorduras contribuem com 9,4 Kcal/g de EB (NRC, 1994) além de fornecer ácidos graxos essenciais nas formulações de rações e facilitar a absorção de vitaminas lipossolúveis pelas aves (RUTZ, 1994).

No entanto, a incapacidade de produção fisiológica dos sais biliares e a enzima digestiva lipase pelos frangos de corte nas primeiras semanas de vida comprometem a absorção de gordura, assim como a presença de ácidos graxos livres na dieta e a relação de ácidos graxos saturados e insaturados (GAIOTTO, 2004).

O tipo de lipídio relativo às características como tamanho da cadeia, grau de insaturação, ponto de fusão e composição dos ácidos graxos dos triacilgliceróis apresentam certas diferenças na emulsificação e ataque pela lipase no intestino delgado (ANDRIGUETTO *et al.*, 2002). Isso explica porque a digestibilidade da gordura em pintos é reduzida, em torno de 6 %, quando comparada aos galos adultos. Este conceito

tem levado a formulação de dietas iniciais para frangos de corte com reduzido teor de gordura, e, conseqüentemente, de EM (FREITAS *et al.*, 2005).

Quando as gorduras provenientes do estômago ingressam no intestino delgado, encontram um ambiente alcalino (pH 5,8 – 6,0) que permite uma atuação da bile produzida no fígado e armazenada na vesícula biliar. A bile tem a função de emulsificar os lipídios, aumentando a superfície dos mesmos com a formação de micro gotículas de gordura. Esta fina subdivisão tem por propósito expor uma superfície apropriada para a ação da lipase pancreática na interface óleo-água, e isto explica porque a emulsificação é necessária para a digestão das gorduras (LESSON & SUMMERS, 2001).

Assim, pela ação enzimática, os triglicerídeos são transformados em monoglicerídeos, ácidos graxos, fosfogliceróis, esteróis, isoprenoides e glicerol que em combinação com os sais biliares formam as micelas. Estas pequenas partículas dispersas são levadas até as células da mucosa intestinal, em que os monoglicerídeos e os ácidos graxos são absorvidos na parte posterior do intestino delgado, mais precisamente no íleo (KROGDAHL, 1985).

Em virtude da maior atividade na porção média do intestino delgado, o glicerol e os ácidos graxos livres (cadeia carbônica igual ou menor que 12) quando absorvidos, são transportados pelo Sistema Porta até o fígado. Quando os monoglicerídeos e ácidos graxos livres entram nas células da mucosa intestinal, participam na síntese do novo dos triglicerídeos que podem seguir dois caminhos de reesterificação, a partir de um monoglicerídeo ou de um glicerol. Depois da síntese do novo dos triglicerídeos, eles se juntam às proteínas, ao colesterol e aos fosfolipídios, formando as lipoproteínas. Uma vez dentro da mucosa intestinal, os elementos da micela (AGL e monoglicerídeos) são reesterificados para formar triglicerídeos que se combinam com o colesterol livre, lipoproteínas e fosfolipídios para formar os portomícrons. Após esse processo atravessam a membrana e entram nos dutos linfáticos sendo transportados pela circulação geral ao fígado na fase inicial de absorção (FREEMAN, 1984).

Neste sentido, associado à necessidade de produzir alimentos proteicos à população, a pesquisa com glicerina para a nutrição de frangos de corte pode revelar o valor deste resíduo frente à resposta das aves, além de contribuir para a minimização dos efeitos nocivos, caso esses resíduos fossem lançados ao meio ambiente.

O objetivo deste trabalho foi determinar a EM da glicerina e dos óleos residuais da soja (degomado e ácido) com frangos de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Complexo soja - Estatísticas mensal ano safra 2010/2011**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/estatistica_br_1011.html>. Acesso em: 19/12/11.

ALBINO, L. F. T. **Sistemas de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte**. 1991. 141 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 1991.

ANDREOTTI, M. de O.; JUNQUEIRA O. M.; BARBOSA, M. J. P. et al. **Energia metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte nas fases de crescimento e final**. Rev. Bras. Zootec. Vol.33, n.5, Viçosa, Set/Out. 2004.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A. et al. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, v.1, 2002, 396 p.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados estatísticos mensais - Produção de biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 21/12/2011.

BLANCH A.; BARROETA, A. C.; BAUCCELLS, M. D. et al. **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, London, v.74, p.1335-1340, 1995.

BORNSTEIN, S.; LIPSTEIN, B. **Some unusual waste vegetable oils as fat supplements in practical broiler rations**. Worlds Poultry Science Journal, Cambridge, v.19, p.172-184, 1963.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Manual de capacitação: Mudanças climáticas e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)** – Brasília, DF: MCT, 2010. 276p.

CÂMARA, G. M. S. **Introdução ao agronegócio da Soja**. Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ. Piracicaba: USP/ESALQ Agronomia, 2011. 28p. Apostila.

- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z. et al. **Evaluation of glycerin from biodiesel Production as a feed ingredient for broilers.** International Journal of Poultry Science, v.5, n.11, p.1001-1007, 2006.
- COSTA F. G. P.; SILVA J. H. V.; GOULART C. C et. al. **O zootecnista e as biotecnologias em nutrição de aves e suínos.** Departamento de Zootecnia do CCA da UFPB, Areia – PB, Reunião da Associação Brasileira de Zootecnia, 26 a 30 de maio de 2008, João Pessoa, PB, UFPB/ABZ, 2008.
- DEMBOGURSKI, N. M. **Determinação do preço da soja para trituração e obtenção do óleo com base na qualidade do grão.** 2003. 86f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2003.
- DINIZ, G. **De coadjuvante a protagonista: glicerina bruta obtida na produção de biodiesel pode ter muitas aplicações.** Ciência Hoje. On line. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em:<<http://cienciahoje.uol.com.br>>. Acesso em: 23/04/10.
- DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P. **The nutritional value of biodiesel by-products: Part 2 – Glycerin.** Asia: Feed Business, 2007. p. 42 - 43.
- FISCHER JR, A. A. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves.** 1997. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- FREEMAN, C.P. **The digestion, absorption and transport of fats – Non-ruminants.** In: WISEMAN, J., Fats in animal nutrition. Butterworths: London, 1984.
- FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K; NEME, R. et al. **Valor energético do óleo ácido de soja para aves.** Pesq. Agrop. Bras., v.40, p.241-246, 2005.
- GAIOTTO, J. B.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C., et al. **Óleo de soja, óleo ácido de soja e sebo bovino como fontes de gordura em rações para frangos de corte.** Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, v.2, p.219-227, 2000.
- GAIOTTO, J. B. **Determinação da energia metabolizável de gorduras e sua aplicação na formulação de dietas para frangos de corte.** 2004. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006. 358p.
- GUNSTONE, F. D. HARWOOD, J. L. PADLEY, F. B. **The lipid Handbook.** 2. ed. New York: Chapman and Hall, 1994, 1273p.
- GURR, M. I.; HARWOOD, J. L. **Lipid biochemistry.** 4. ed. New York: Chapman and hall, 1991, 404 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key word energy statistic**. OECD/IEA, 2007. Disponível em: <www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/key_stats_2007.pdf>. Acesso em: 01/12/11.

IPCC. Summary for Policymakers. In: CLIMATE CHANGE. **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report**. Intergovernmental Panel on Climate Change: 2007.

IUPAC – INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, 1997. Disponível em: <<http://www.iupac.org>>. Acesso em: 01/01/10.

JUNQUEIRA, O. M.; ANDREOTTI, M. O.; ARAÚJO, L. F. et al. **Valor energético de algumas fontes lipídicas determinados com frangos de corte**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.6, p.2335-2339, 2005 (supl.).

KROGDAHL, A. **Digestion and absorption of lipids in Poultry**. J. Nutr. v.115, p. 675-685. 1985.

LEMKE, D. Volumes of versatility. **Auri Ag Innovation News**. Jan- Mar v.15, n.1, 2006. Disponível em: <<http://www.auri.org/>>. Acesso em: 08 dez. 2011.

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

LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology and utilization**. New York: Chapman and Hall, 1999. 532 p.

MENTEN, J. F. M.; PEREIRA, P. W. Z.; RACANICCI, A.M.C. **Avaliação da glicerina proveniente do biodiesel como ingrediente para rações de frangos de corte**. In: CONFERÊNCIA APINCO 2008 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2008, Santos. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2008, 66 p.

MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X. A.; GONÇALVES, V. L. C. **Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel**. Química Nova, v.32, n.3, p.639-648, 2009.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais**. São Paulo: Livraria Varela, 1998.

MORRISON, L.R. **Glycerol**. In: Encyclopedia of Chemical Technology. New York. Pp.921-932, 1994.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9. ed. Washington: National Academy of Science. 1994. 155 p.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2007. – IPCC. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Quarto relatório do painel intergovernamental sobre mudança do clima**. AR4 – IPCC, 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ph>>. Acesso em: 12/07/2011.

PAULA, R. N. C. de; ICHIKAWA, E. Y. **Indicadores de produtividade em cooperativas do Paraná: um estudo comparativo de casos.** In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 26, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPAD, 2002.

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E.; GAZZONI, D. L. **Biocombustíveis. Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro.** Revista de Política Agrícola, Brasília, v.1, p. 31-41, 2005.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. et al. **Basic animal nutrition and feeding.** 5th Edition. John Wiley & Sons Inc. 2005, USA.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRET, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição e alimentos e exigências nutricionais.** 2. ed. p.141. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

RUTZ, F. **Fisiologia da digestão e absorção das aves.** Campinas: FACTA, 1994. 176p.

SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K. H. **Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants.** Paper presented at the 10th International Rapeseed Conference. Canberra, Australia, 1999.

SEBRAE: SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO À MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Manual Biodiesel.** 2007. 65p.

SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. **A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats.** Poultry Science. v. 42. p.313-325, 1963.

SIBBALD, I. R. **Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review.** Canadian Journal of Animal Science. v.62, p.983-1047, 1982.

TALAMINI, D. J. D. **Evolução recente e perspectivas da suinocultura brasileira para 2005.** Disponível em: <http://www.suinoindustria.com.br/site/dinamica.asp?id=32107&tipo_tabela=negocios&categoria=mercado_interno> Acesso em: 08/10/11.

THOMPSON, J. C.; HE, B. B. **Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks.** Applied Engineering in Agriculture. St. Joseph, v. 22, n.2, p.261-265, 2006.

TOOHEY, D.E. **Pre-feasibility study into biodiesel opportunity.** A study conducted for the Pratt Water Murrumbidgee Valley Water. 2003. Efficiency Feasibility Project. 31 December, 2003. Disponível em: <<http://www.napswq.gov.au/publications/pratt-water/working-papers/pubs/biodiesel.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2011.

TYSON, K. S.; BOZELL, J.; WALLACE, R.; PETERSEN, E.; MOENS, L. **Biomass Oil Analysis: Research Needs and Recommendations**. Technical Report National Renewable Energy Laboratory Golden, Colorado USA, June, 2004. 116p. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34796.pdf>>. Acesso em: 07/07/11.

UBABEF (União Brasileira de Avicultura). **Relatório Anual de 2011**. 72 p. 2011.

UFV – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa - MG, 2007.

USDA: (2009) United States Department of Agriculture. **Sector Reports: data about Brazilian relevant sectors, such as foodservice, retail and food processing industry (2009)**. Disponível em: <<http://www.usdabrazil.org.br/home/reports.asp>>. Acesso em: 05/02/2012.

VIEIRA, S. L.; RIBEIRO, A. M. L; KESSLER, A. M. et al. **Utilização da Energia de Dietas para Frangos de Corte formuladas com Óleo Ácido de Soja**. Revista Brasileira de Ciência Avícola-Brazilian Journal of Poultry Science. v.4, n,2, Mai – ago., 2002.

ZAMBIAZI, R. C.; ZAMBIAZI, M. **Vegetable oil oxidation: effect of endogenous components**. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.34, n. 11, jan.- jun., 2000.

ZAVARIZE, K.; MENTEN, J. F. M.; PEREIRA, R. et al. **Avaliação de energia metabolizável de glicerinas de diferentes composições em frangos de corte**. In: XXII LATIN AMERICAN POULTRY CONGRESS. 2011. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/avicultura/nutricao/artigos/avaliacaoenergiametab>>. Acesso em: 10/11/11.

VALORES ENERGÉTICOS DA GLICERINA E ÓLEOS RESIDUAIS DE SOJA DETERMINADOS COM FRANGOS DE CORTE

RESUMO

Um ensaio metabólico foi conduzido com o objetivo de determinar os valores de Energia Metabolizável Aparente (EMA), Energia Metabolizável Aparente Corrigida para o Balanço de Nitrogênio (EMAn), Energia Metabolizável Verdadeira (EMV), Energia Metabolizável Verdadeira corrigida para o balanço de Nitrogênio (EMVn) e o Coeficiente de Digestibilidade da Energia Bruta da glicerina, do óleo degomado e do óleo ácido provenientes de resíduos agroindustriais do biodiesel e óleo refinado de soja. O experimento utilizou o método tradicional da coleta total de excretas e o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com um grupo jejum e quatro tratamentos de cinco repetições de seis aves cada. Os valores energéticos encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido foram: EMA: 3908 ± 463 ; 3558 ± 432 ; 2098 ± 206 ; EMAn: 3247 ± 33 ; 3324 ± 141 ; 2856 ± 105 ; EMV: 4000 ± 260 ; 4271 ± 412 ; 1921 ± 342 ; EMVn: 4182 ± 225 ; 4457 ± 465 ; 2123 ± 401 Kcal/Kg/MS e CMEB 75 ± 4 ; 38 ± 4 ; $20 \pm$, respectivamente.

Palavras-chave: energia metabolizável, glicerol, óleo degomado, óleo ácido, pintos de corte

ABSTRACT

A metabolism trial was carried out to determine the values of Apparent Metabolizable Energy (AME), apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn), True Metabolizable Energy (TME), True Metabolizable Energy corrected for nitrogen balance (TMEn) and gross energy digestibility coefficient of glycerin, degummed oil and acid oil from agroindustrial residues of biodiesel and refined soybean oil. The experiment used the traditional method of total excreta collection and experimental design was completely randomized with a fasting group fasting and four treatments of five replicates of six birds each. The energy values found for glycerin, degummed oil and acid oil were: AME: 3908 ± 463 , 3558 ± 432 , 2098 ± 206 ; AMEn: 3247 ± 33 , 3324 ± 141 , 2856 ± 105 ; TME: 4000 ± 260 , 4271 ± 412 , 1921 ± 342 ; TMEn: 4182 ± 225 , 4457 ± 465 , 2123 ± 401 Kcal / kg / DM and GEMC 75 ± 4 , 38 ± 4 , ± 20 , respectively.

Key words: metabolizable energy, glycerol, degummed oil, acid oil, broiler chicks

INTRODUÇÃO

Com o impulso na produção de biodiesel e grande quantidade de glicerina bruta gerada no processo houve interesse no estudo do seu uso em rações para frangos de corte. Cerrate *et al.* (2006), Kerr (2007), Dozier *et al.* (2008) e Lammers *et al.* (2008) sugeriram que a glicerina produzida como um subproduto da produção de biodiesel pode ser uma fonte de energia eficiente para uso em dietas de animais.

Por outro lado, as agroindústrias produtoras de óleo comestível a partir do óleo de soja disponibilizam muitos resíduos. Dentre eles o óleo degomado e o óleo ácido são considerados alimentos potencialmente energéticos para frangos de corte tendo em vista a composição em ácidos graxos insaturados e poli-insaturados, o que resulta em maiores coeficientes de absorção e conseqüentemente maiores valores de energia (FREEMAN, 1984), constituindo uma alternativa biologicamente viável.

O sistema de produção de óleos vegetais comestíveis é formado por dois setores industriais: processamento ou esmagamento da soja e o refino (DEMBORGUSKI, 2003). O óleo degomado ou purificado é obtido após a remoção de fosfatídeos, proteínas e substâncias coloidais do óleo cru (MORETTO, 1998). O óleo ácido resulta da acidificação da borra residual do processo de refino do óleo degomado de soja (VIEIRA, *et al.*, 2002).

Os componentes dos óleos e gorduras são os triglicerídeos, diglicerídeos, monoglicerídeos, ácidos graxos livres, fosfolipídios, esteróis, ceras, colesterol e vitaminas lipossolúveis (GUNSTONE *et al.*, 1994) e contêm 2,25 vezes mais energia por unidade de peso que os carboidratos, fornecem 9,4 Kcal/g de EB (NRC, 1998); são fornecedores de ácidos graxos essenciais, facilitam a absorção de vitaminas lipossolúveis pelas aves (RUTZ, 1994), além de melhorar a palatabilidade e o aspecto físico das rações (BAIÃO; LARA, 2005). Os triglicerídeos juntamente com os diglicerídeos, monoglicerídeos, ácidos graxos livres e fosfolipídeos estão ligados diretamente ao fornecimento de energia para as aves (GAIOTTO *et al.*, 2000).

Várias são as observações de pesquisadores a respeito desses subprodutos: segundo GAIOTTO (2004), o óleo mais utilizado pela indústria avícola é o óleo degomado de soja, embora apresente várias impurezas; para Rostagno *et al.* (2005), os valores de energia metabolizável determinados para a glicerina bruta são muito próximos quando comparados aos valores de energia metabolizável aparente do milho

para aves (3.381 kcal/kg); porém, a principal causa da relutância na utilização do óleo ácido se refere a alta concentração de Ácidos Graxos Livres (AGL), que é em torno de 70% (VIEIRA *et al.*, 2002).

Contudo, a incapacidade de produção fisiológica dos sais biliares e da enzima digestiva lipase pelos frangos de corte nas primeiras semanas de vida compromete a absorção de gordura, assim como a presença de ácidos graxos livres na dieta e a relação de ácidos graxos saturados e insaturados das gorduras (GAIOTTO, 2004).

A digestibilidade dos lipídios é dependente da formação de micelas, que são responsáveis pela solubilização dos triglicerídeos, facilitando a ação da lipase pancreática. Apesar de o triglicerídeo ser insolúvel em água, uma pequena quantidade pode ser solubilizada, de forma que a água penetre apenas superficialmente na emulsão dos triglicerídeos, fazendo com que esta pequena área solubilizada ou interface lipídio-água crie um local único para a ação das lipases sobre as moléculas de triglicerídeos (MACARI *et al.*, 2008).

Entretanto, a solubilidade dos lipídeos na fase micelar é dependente de fatores como comprimento da cadeia carbônica, posição dos ácidos graxos na molécula de glicerol, teor de ácidos graxos livres e do grau de saturação dos ácidos graxos (DVORIN *et al.*, 1998).

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar os valores energéticos da glicerina (subproduto do biodiesel) e do óleo degomado e do óleo ácido (resíduos da agroindústria de óleo de soja) com frangos de corte dos 14 aos 21 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido nas instalações do setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde. O experimento foi realizado durante o mês de julho de 2011, utilizando um galpão devidamente desinfetado. O mesmo foi dividido em duas repartições contendo na primeira um conjunto de dez baterias dispostas verticalmente com quatro gaiolas metabólicas de aço galvanizado, comedouros e bebedouros tipo calha e providas de bandejas coletoras de excretas, encapadas com plástico. Ao fundo, a outra metade dotada de bebedouros nipple e comedouros tipo tubular foi cercada com telado de arame e o piso coberto com cama de capim Napier seco e triturado.

Foram utilizados 150 pintos machos de um dia da linhagem Cobb 500 distribuídos em delineamento experimental inteiramente ao acaso com um grupo jejum e quatro tratamentos de cinco repetições de seis aves.

No período que antecedeu a idade dos pintos de corte para início do ensaio de metabolismo energético, um lote de 400 aves, com um dia de vida e peso médio de 45,9 g/ave, foi alojado no piso correspondente a repartição do galpão coberta com cama de Capim Napier em círculo de proteção. A temperatura foi mantida em torno de 30 a 32 °C com auxílio de campânulas elétricas nos primeiros três dias, sendo gradativamente diminuída até atingir 26-27°C.

Aos 14 dias de idade, 120 pintos foram selecionados por peso para serem distribuídos de maneira uniforme e aleatória entre os tratamentos nas unidades experimentais, sendo o peso médio de 280, 40±14 g.

Foi utilizado o método tradicional da coleta total de excretas, descrito por Sibbald e Slinger (1963) para determinar a Energia Metabolizável dos ingredientes.

Os tratamentos consistiram na substituição de dez por cento (10%) da ração referência por glicerina (subproduto doado da produção de biodiesel de soja), óleo degomado e óleo ácido (subprodutos comprados da indústria de refino de óleo bruto da soja), provenientes de agroindústrias locais.

A dieta respectiva de cada tratamento foi fornecida à vontade por um período de sete dias, sendo três para adaptação e quatro para a coleta das excretas realizada em intervalos de oito horas, ou seja, às oito e às dezesseis horas.

Os 30 pintos correspondentes a repetição do jejum, apresentando peso médio de 425 ±25 g, com idade equivalente ao 17º dia de vida foram alojados no primeiro dia da coleta dos outros tratamentos em que permaneceram em adaptação ingerindo ração referência por 48 horas. Depois ao 19º dia de vida, entraram em jejum por 4 horas para limpeza do trato digestório e por mais 48 horas para determinar as perdas endógenas e metabólicas cujos valores foram corrigidos para os quatro dias da coleta para se determinar a energia metabolizável verdadeira (EMV) e a energia metabolizável verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMVn), conforme descrito por Soares *et al.* (2005).

O início e final da coleta foram marcados com 1% de óxido férrico misturado às rações com objetivo de indicar as excretas vermelhas para a primeira coleta e de maneira inversa, as excretas vermelhas para descarte na última.

As excretas coletadas foram embaladas em sacos plásticos com seus pesos registrados e congeladas até o final do período de coleta. Depois de calculados o total de ração consumida e das excretas produzidas, procedeu-se à homogeneização das amostras por repetição. Uma alíquota de 500 g de cada repetição foi submetida à secagem por 72 horas a 55°C em estufa de ventilação forçada (Modelo 320-SE, Fanem, São Paulo), que após pesadas, procedeu a moagem em moinho tipo faca com peneiras de um mm de diâmetro (MODELO 340, ART LAB, São Paulo).

A metodologia para determinação da matéria seca (MS) foi realizada segundo Silva e Queiroz (2002) no laboratório de Nutrição Animal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *campus* Rio Verde.

O método de Kjeldahl descrito por Silva e Queiroz (2002) foi utilizado para a determinação de nitrogênio total, realizado no laboratório de Análise de Solos da FESURV – Universidade de Rio Verde.

A determinação da energia bruta foi realizada em uma bomba calorimétrica adiabática (Modelo MS 10 A, Reichel e Partner, GmbH, Alemanha) no laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

As variáveis calculadas foram: Energia Metabolizável Aparente (EMA), Energia Metabolizável Aparente corrigida para o Balanço de Nitrogênio (EMAn), a Energia Metabolizável Verdadeira (EMV), Energia Metabolizável Verdadeira corrigida para o balanço de nitrogênio (EMVn) e o Coeficiente de Metabolizabilidade da EB dos ingredientes testados.

A formulação da ração referência foi baseada em milho, sorgo e farelo de soja segundo as recomendações preconizadas por Rostagno *et al.* (2005).

A tabela 1 apresenta a composição centesimal da ração referência e os valores nutricionais calculados para frangos de corte, dos 14 aos 21 dias de idade.

A tabela 2 apresenta as fórmulas descritas por Matterson *et al.* (1965) para o cálculo dos valores de Energia Metabolizável Aparente e de Sibbald (1976) para a Energia Metabolizável Verdadeira:

Tabela 1 - Composição centesimal da ração referência e valores nutricionais calculados para pintos de corte de 14 a 21 dias de idade.

Ingredientes	Kg
Milho	40,00
Sorgo	18,20
Farelo de Soja	37,50
Fosfato Bicálcico	2,00
Calcário Calcítico	1,30
Sal comum	0,50
Lisina	0,10
Premix ¹	0,40
TOTAL	100,00

Valores nutricionais calculados

Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2.970
Proteína (%)	21,00
Cálcio (%)	0,899
Fósforo disponível (%)	0,450
Lisina total (%)	0,980

¹Suplemento mineral e vitamínico (suplemento mineral em mg): Manganês 150.000, Zinco 100.000, Ferro 100.000, Cobre 16.000 e Iodo 1.500. Suplemento vitamínico: Ácido Fólico 1.600mg, Ácido Pantotênico 29.000mg, Biotina 60mg, B.H.T. 5.000mg, Niacina 7.000mg, Vitamina A 20.000.000mg, Vitamina B1 3.000mg, Vitamina E 40.500UI, Vitamina B12 27.000mg, Vitamina B2 12.000mg, Vitamina B6 6.000mg, Vitamina D3 5.000.000UI e Vitamina K3 4.800mg.

Tabela 2 - fórmulas descritas por Matterson *et al.* (1965) para o cálculo dos valores de Energia Metabolizável Aparente e de Sibbald (1976) para a Energia Metabolizável Verdadeira:

	EMA (Kcal/Kg/MS)	EMAn (Kcal/Kg/MS)	BN (g)
RT e RR	$\frac{EB_{ingerida} - EB_{excretada}}{MS_{ingerida}}$	$\frac{EB_{ingerida} - (EB_{excretada} + 8,22 * BN)}{MS_{ingerida}}$	N ingerido - N excretado
Alimento	$\frac{EMARR + (EMART - EMARR)}{g/g \text{ de substituição}}$	$\frac{EMARR + (EMART - EMARR)}{g/g \text{ de substituição}}$	-
	EMV (kcal/kg MS)	EMVn (kcal/kg MS)	BNV (g)
RT e RR	$\frac{EB_{ingerida} - (EB_{excretada} - EB_{endógena})}{MS_{ingerida}}$	$\frac{EB_{ingerida} - (EB_{excretada} - EB_{endógena} + 8,22 * BNV)}{MS_{ingerida}}$	BN verdadeiro = [N ingerido - (N excretado - N endógeno)]
Alimento	$\frac{EMVRR + (EMVRT - EMVRR)}{g/g \text{ de substituição}}$	$\frac{EMVnRR + (EMVnRT - EMVnRR)}{g/g \text{ de substituição}}$	-

RT - Ração Teste, RR - Ração Referência, EB - Energia Bruta.

EMA - Energia Metabolizável Aparente

EMAn - Energia Metabolizável Aparente corrigida para o balanço de nitrogênio.

BN - Balanço de Nitrogênio; BNV - BN verdadeiro.

EMV - Energia Metabolizável Verdadeira

EMVn - Energia Metabolizável Verdadeira para o balanço de Nitrogênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores e seus respectivos desvios padrão de Energia Metabolizável Aparente e Energia Metabolizável Aparente corrigida para o Balanço de Nitrogênio dos alimentos baseados na matéria seca estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Valores e seus respectivos desvios padrão determinados com frangos de corte de 14 a 21 dias para a Energia Metabolizável Aparente e Energia Metabolizável Aparente corrigida para o Balanço de Nitrogênio dos alimentos, expresso na matéria seca.

TRATAMENTOS	EMA ALIMENTO (Kcal/Kg/MS) ¹	EMAn ALIMENTO (Kcal/Kg/MS) ²
GLIS	3908,03±463,79 ³	3247,90±33,79
ODS	3558,74±432,50	3324,14±141,15
OAS	2098,25±206,07	2856,64±105,65

¹EMA: Energia Metabolizável Aparente corrigida.

²EMAn: Energia Metabolizável Aparente corrigida para o balanço de nitrogênio.

³Desvio padrão da média.

GLIS-Glicerina de biodiesel de soja, ODS-Óleo degomado de soja, OAS - Óleo ácido de soja.

Os valores médios de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) da glicerina, do óleo degomado e do óleo ácido determinados com frangos de corte de 14 a 21 dias de idade expressos na matéria seca foram: EMA: 3908,03±463,79; 3558,74±432,50; 2098,25±206,07 e EMAn:3247,90±33,79;3324,14±141,15; 2856,64±105,65 Kcal/Kg/MS, respetivamente.

Rostagno et al. (2005), afirma que os valores de energia metabolizável determinados para a glicerina bruta são muito próximos quando comparados aos valores de energia metabolizável aparente do milho para aves (3.381 kcal/kg).

No entanto, Kerr (2007) determinaram que a EMAn do glicerol seja de 3.684 e 3.805 kcal/kg em frangos e aves de postura respetivamente, e de 3.207 kcal EM/kg em suínos.

Segundo Gianfellicci (2009) o valor de EMAn da glicerina depende da matéria-prima originária e dos níveis de inclusão tornando difícil a padronização de um valor médio.

No presente experimento, o valor de EMAn de 3247 Kcal/kg, determinado para a glicerina incluída em 10% na ração referência com frangos de corte de 14 a 21 dias de idade apresentando 5486 Kcal/kg de EB foi inferior aos valores encontrados pelos

pesquisadores citados e por Dozier *et al.* (2008) que em trabalho realizado com frangos de corte, dos 7 aos dez e dos 21 aos 24 dias de idade determinaram valores de EMAn de 3.621 e de 3.331 Kcal/kg, com base na Matéria Natural (MN), para a glicerina bruta nas duas idades das aves.

A figura abaixo representa graficamente os valores de EMA e EMAn encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido.

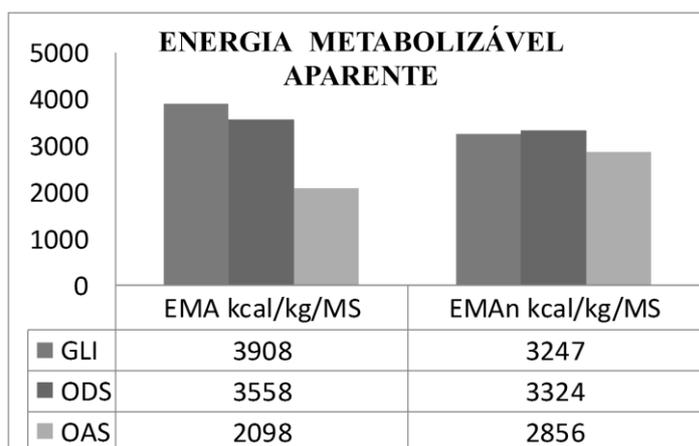


Figura 5 - Valores de EMA e EMAn encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido.

Zavarize *et al.* (2011) conduziram um experimento com objetivo de avaliar a energia metabolizável aparente (EMA), a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) e o coeficiente de metabolizabilidade de diferentes fontes de glicerina com frangos de corte dos 21 aos 29 dias de idade. Os valores de EMAn para as gliceras A, B, C e D foram 3.145, 5.026, 2.828 e 2.892 kcal/kg na matéria natural, respectivamente. Os autores concluíram que a glicerina pode ser usada como fonte de energia para frangos de corte, porém sua composição afeta diretamente a energia e o coeficiente de metabolizabilidade. Desta forma, os mesmos autores enfatizam a necessidade de ressaltar que os diferentes valores energéticos verificados na literatura são em razão, principalmente, dos diferentes tipos de glicerina existentes no mercado, com diferentes valores de Energia Bruta (EB), teores de glicerol, água e gordura.

Na estimação da energia metabolizável é utilizada a correção pelo balanço de nitrogênio (BN). A Tabela 4 apresenta os valores do Balanço, Digestibilidade e retenção de Nitrogênio verificado nos tratamentos:

Tabela 4. Valores do Balanço, Digestibilidade e Retenção de Nitrogênio verificado na Ração Referência, Ração Teste (glicerina), Retenção de Nitrogênio no Jejum e seus respectivos desvios padrão.

TRATAMENTOS	BN (g)	DN (%)	R.N (mg/g)
Ração Refer.	48 ± 3,6	66,5 ± 1,2	7,35 ± 0,2
Ração Teste	41 ± 3,9	61,0 ± 3,1	5,90 ± 0,6
Jejum	-	-	2,9

BN – Balanço de nitrogênio.

DN – Digestibilidade de N

RN – Retenção de Nitrogênio

Neste estudo, os resultados relativos ao Nitrogênio nos tratamentos indicam que houve uma menor retenção no tratamento com 10% de substituição de glicerina em relação à ração referência sendo diretamente proporcional aos respectivos percentuais de digestibilidade. Entretanto, o menor valor de retenção de nitrogênio foi observado para as aves mantidas em jejum (2,9 mg/g). Na determinação dos valores energéticos dos alimentos para aves, o balanço de nitrogênio (N ingerido – N excretado) pode ser positivo quando (N ingerido > N excretado) ou negativo (N excretado > N ingerido).

A retenção do nitrogênio pode ser afetada por vários fatores, dentre os quais, o consumo e/ou composição química do alimento fornecido. O nitrogênio dietético retido no organismo se for catabolizado será excretado na forma de ácido úrico (ALBINO, 1991). No entanto, na completa oxidação do ácido úrico, o fator de 8,22 kcal/g de nitrogênio retido deve ser considerado para a correção dos valores de EMA e EMV, passando a ser expressos como EMAn e EMVn (HILL & ANDERSON, 1958). Assim, no sistema de energia para aves, a EM pode ser determinada e expressa como: EMA, EMAn, EMV e EMVn (ROSTAGNO et al., 2005).

Albino (1991) conduziu um experimento com a finalidade de identificar qual o sistema de determinação da energia dos alimentos mais adequado para formular rações para frangos de corte e concluiu que os valores de EMA e EMAn são os mais ajustáveis.

Com o mesmo objetivo, Freitas et al. (2006) desenvolveram um estudo utilizando valores de EM determinados por vários métodos para formular rações para frangos de corte e concluíram que na formulação de rações para frangos de corte até os 21 dias devem ser utilizados os valores de EMAn determinados com pintos, e acima dos 21 dias, os valores de EMAn e EMVn mais adequados são aqueles determinados com galos. Na tabela 5, é encontrada a comparação valores de EMAn encontrados por alguns pesquisadores para a glicerina e o valor encontrado no presente experimento.

A energia metabolizável aparente corrigida de 3247 Kcal/Kg determinada para a glicerina foi a que mais se aproximou das exigências nutricionais para as aves na fase inicial.

Tabela 5 - Comparação entre os valores de EMAn encontrados por alguns pesquisadores para a glicerina bruta e o valor encontrado no presente experimento.

	ROSTAGNO et al. (2005)	ZAVARIZE et al. (2011)	DOZIER et al. (2009)	KERR et al. (2007)	Valor do presente experimento
EMAn (kcal/kg/MS)					
GLI	3.381	3.145	3.331	3.684	3.247

Lammers *et al.*(2008) avaliaram a glicerina bruta com inclusão de 0, 5, 10 e 15% cujas características químicas analisadas foram: 87% de glicerol, 9% de água, 0,03 % de metanol, 1,26% de Na e EB de 3625 kcal/kg e encontraram o valor de 3805 ± 238 kcal/kg de EMAn em um experimento com poedeiras.

Os resultados de Lammers *et al.* (2008) concordam com as conclusões de Zavarize *et al.* (2011) de que o valor da EMAn da glicerina aproxima de seu valor em EB para frangos de corte, e neste caso, também para poedeiras, demonstrando a capacidade das aves de aproveitar a energia desse alimento.

Conforme Dvorin *et al.* (1998) existem relações positivas para os níveis de ácidos graxos poli-insaturados e negativas para os ácidos graxos monoinsaturados, destacando assim, o efeito dos ácidos graxos poli-insaturados em melhorar a EMAn em rações com maior quantidade destes ácidos graxos. Esse aumento nos valores da EMAn das rações foi atribuído a redução da produção de calor. O mesmo autor afirma que frangos alimentados com dietas com elevados níveis de ácidos graxos poli-insaturados apresentam menor lipogênese, e essa baixa lipogênese é aliada à direta deposição de ácidos graxos nos tecidos, favorecendo a menor produção de calor metabólico.

Os resultados obtidos no período avaliado com o nível de substituição de 10% dos óleos residuais da soja utilizados (tabela 3) demonstram que houve um aproveitamento mais eficiente da glicerina pelas aves.

Raber *et al.* (2009) realizaram um experimento com frangos de corte dos 21 aos 34 dias de idade das aves para verificar a eficiência do óleo ácido e o degomado de soja, suplementados ou não com glicerol. A EMA calculada para o ODS foi de 8977 e para o OAS foi de 8478 kcal/kg/MS, e o glicerol aumentou o coeficiente de

metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) quando o ODS foi usado, sendo que o mesmo não aconteceu com relação ao óleo ácido.

Vieira *et al.* (2002) determinaram valores de EMAn de 8540 e 8114 kcal/kg/MS para os alimentos ODS e OAS, respectivamente, com frangos de corte dos 28 aos 30 dias, com inclusão de 4 e 8% e sugeriram que a capacidade de absorção do óleo ácido seja de 95% quando comparado ao óleo degomado pela menor proporção de gordura total na forma de triglicerídeos. Os mesmos autores concluíram que o óleo ácido de soja pode ser incluído até o nível de 8% em dietas para frangos de corte a partir dos 7 dias de idade, sem que haja prejuízo ao desempenho vivo das aves. Seu valor energético é 5% inferior ao do óleo degomado de soja. Este estudo sugere que seja utilizado o valor de 8.114 kcal de EMAn/kg de matéria seca de óleo ácido de soja na formulação de rações para frangos de corte a partir dos 28 dias de idade.

No entanto, os valores de EMAn de 8540 e 8114 kcal/kg/MS para o ODS e OAS, respectivamente, com frangos de corte dos 28 aos 30 dias, com inclusão de 4 e 8% referem a média dos níveis de 4 e 8 % da EMGA (Energia Metabolizável da Gordura Adicionada) cujo valores foram de 7821 e 8407 de EMGA para o óleo ácido e para o óleo degomado de 8083 e 8906 kcal/kg/MS.

Neste mesmo experimento de Vieira *et al.* (2002) o valor de EMAn para a resposta de eficiência de uso das dietas do óleo ácido com 4% de inclusão foi de 3.224 ± 67 e com 8% de inclusão foi de 3311 ± 34 , sendo que para o óleo degomado com inclusão de 4% foi de 3369 ± 45 e com 8% de inclusão foi de 3.558 ± 26 kcal/kg/MS.

Freitas *et al.* (2005), realizaram um trabalho para verificar o efeito da idade da ave e do método de determinação nos valores de energia metabolizável do óleo ácido de soja comercial com pintos de 12 a 20 dias de idade e com galos adultos, respectivamente. Foi utilizada uma ração-referência e uma ração-teste, composta por 10% de óleo ácido de soja e 90% da ração de referência. A energia metabolizável aparente corrigida determinada foi de 7.488 e de 8.610 Kcal/Kg/MS para pintos e galos, respectivamente.

Na tabela 6, a comparação entre as médias dos valores de EMAn encontrados por Vieira et al.(2002) nas dietas com inclusão de 4 e 8% e os valores encontrados no presente experimento com 10% de substituição de óleo ácido e óleo degomado.

Tabela 6 - Comparação entre as médias dos valores de EMAn encontrados por Vieira *et al.* (2002) e os valores encontrados no presente experimento.

EMAn (kcal/kg/MS)	VIEIRA et al (2002)	Valores do presente experimento
ODS	3.268	3.358
OAS	3.464	2,879

Fernandes *et al.*, (2002) realizaram um experimento com o objetivo de avaliar o ganho de peso de frangos de corte alimentados com ração contendo óleo de soja comparativamente a níveis crescentes de óleo ácido. Os tratamentos consistiram de uma ração testemunha com 3% de óleo de soja e outras três com 60, 80 e 100% de substituição da energia do óleo de soja pela energia do resíduo gorduroso (óleo ácido) da indústria de óleos vegetais. O valor energético do resíduo gorduroso da indústria de óleos vegetais como suplemento dietético em rações para frangos de corte está condicionado a composição principalmente em ácidos graxos livres e ao processo de obtenção do produto. Os autores atribuíram o desempenho inferior do resíduo gorduroso da indústria de óleos vegetais aos elevados níveis de ácidos graxos livres, que estão diretamente ligados a falta de triglicerídeos nessa fonte, para ativar a secreção da bile e consequentemente a formação de micelas.

O nível de 10% de substituição dos óleos residuais da soja no período de 14 a 21 dias verificado pelos valores médios de EMA e EMAn dos ingredientes testes (glicerina, óleo degomado e óleo ácido) também proporcionou maior redução no valor energético atribuído ao óleo ácido. Este resultado indica que provavelmente exista interação entre o óleo de soja residual e os demais ingredientes da ração podendo ocorrer pela redução linear no tempo de trânsito das rações experimentais, conforme sugeriu Andreotti (2001).

Neste contexto, Mateos e Sell (1980) afirmam que a taxa de passagem pode modificar a população microbiana do intestino, a capacidade de ingestão e o tempo em que os nutrientes são expostos a ação das enzimas digestivas.

A Energia Metabolizável Verdadeira e Energia Metabolizável Verdadeira corrigida para o balanço de nitrogênio dos alimentos determinados com frangos de corte de 14 a 21 dias de idade, foram expressos com base na Matéria Seca (MS) e estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Valores de Energia Metabolizável Verdadeira e Energia Metabolizável Verdadeira corrigida para o balanço de nitrogênio dos alimentos determinados com frangos de corte de 14 a 21 dias de idade, expresso na Matéria Seca.

TRATAMENTOS	EMV ALIMENTO (KCAL/KG/MS) ¹	EMV _n ALIMENTO (KCAL/KG/MS) ²
GLIS	4000,78 ± 260,37	4182,85±225,86
ODS	4271,37± 412,45	4457,18±465,72
OAS	1921,66 ± 342,73	2123,33±401,94

¹EMV: Energia Metabolizável Verdadeira.

²EMV_n: Energia Metabolizável Aparente corrigida para o balanço de nitrogênio.

³Desvio padrão da média.

GLIS-Glicerina de biodiesel de soja, ODS-Óleo degomado de soja, OAS - Óleo ácido de soja.

Os valores de energia metabolizável verdadeira e energia metabolizável verdadeira corrigida para o balanço de nitrogênio dos alimentos determinados com frangos de corte de 14 a 21 dias de idade, baseado na Matéria Seca para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido foram respectivamente: EMV: 4000 ± 260; 4271± 412; 1921 ± 342; EMV_n: 4182 ± 225; 4457 ± 465; 2123 ± 401 Kcal/Kg/MS.

Freitas *et al.* (2005), realizaram um trabalho para verificar o efeito da idade da ave e do método de determinação nos valores de energia metabolizável do óleo ácido de soja comercial com pintos de 12 a 20 dias de idade e com galos adultos, respectivamente. Foram utilizadas uma ração-referência e uma ração-teste, composta por 10% de óleo ácido de soja e 90% da ração de referência. A energia metabolizável verdadeira corrigida, determinada pelo método de Sibbald (1963), com galos, foi de 8.195 Kcal/Kg/MS. Os valores de energia metabolizável, determinados com galos, foram superiores aos determinados com pintos. Os autores concluíram que na formulação de rações para aves, deve ser consideradas as diferenças nos valores energéticos do óleo ácido de soja, para aves jovens e adultas.

Quando são realizadas as correções para EF_m (energia fecal metabólica) e EU_e (energia urinária endógena) no cálculo da EMV pelo método Sibbald (1963), o efeito da baixa ingestão de alimento é eliminado e o valor de EMV ou EMV_n é maior que o valor de EMA ou EMAn.

A figura 6 demonstra os valores de EMV e EMVn encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido.

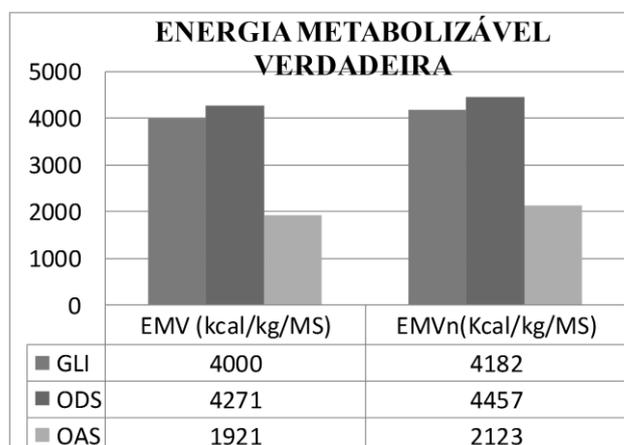


Figura 6 - Valores de EMV e EMVn encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido.

Segundo Freitas *et al.* (2005), a diferença é atribuída pela maior perda de nitrogênio endógeno pelas aves em jejum, em comparação às alimentadas. Como esse valor é subtraído da energia da excreta das aves alimentadas, os valores de EMVn se tornam menores que os valores de EMV.

A tabela 8 apresenta os valores de Energia Bruta e Coeficiente de Metabolizabilidade da Energia Bruta dos alimentos.

Tabela 8 - Valores de Energia Bruta e Coeficiente de Metabolizabilidade da Energia Bruta dos alimentos expressos na matéria seca.

TRATAMENTOS	EB (CAL/G) ¹	CMEB (%/MS) ²
GLIS	5486, 2657	75,23±4,75
ODS	9301, 6209	38,26±4,65
OAS	9418, 1760	20,83±1,68

¹EB – Energia Bruta (Dados com base na 2ª Matéria seca - Laboratório de Nutrição Animal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP-Campus Jaboticabal).

²CMEB - Coeficiente de Metabolizabilidade da Energia Bruta.

O CMEB (%/MS) determinado para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido foram respectivamente: 75,23± 4,75; 38,26 ±4,65; 20,83±1,68.

Vieira *et al.* (2002) determinaram valores de CMEB para o óleo ácido com inclusão de 4 e 8% de 71,16± 1,48 e 70,31±0,73 sendo que para o óleo degomado os valores foram de 73,62 ±0,99 e 75,40±0,56, respectivamente com frangos de corte dos

28 aos 30 dias de idade. A figura 7 a seguir representa os valores do CMEB da glicerina, óleo degomado e óleo ácido.

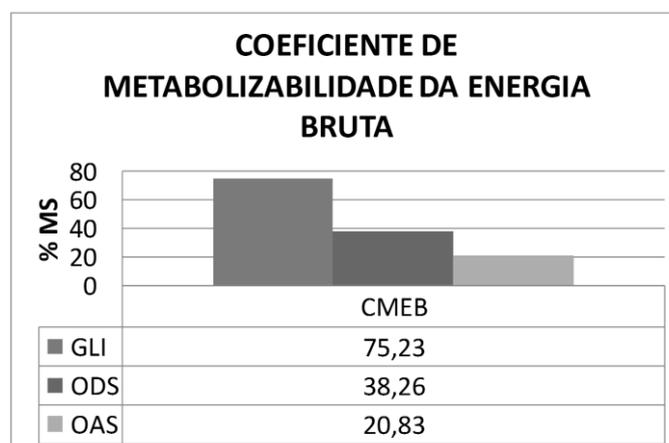


Figura 7 - Valores do CMEB da glicerina, óleo degomado e óleo ácido determinados.

Comparando com os resultados encontrados ($38,26 \pm 4,65$; e $20,83 \pm 1,68$) os valores de metabolizabilidade da EB atribuídos aos óleos degomado e ácido podem ser pela capacidade reduzida da digestibilidade em frangos de corte no período avaliado (14 a 21 dias), o nível de inclusão de 10%, como também a presença de impurezas nas fontes lipídicas avaliadas.

CONCLUSÕES

Os valores energéticos encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido foram: EMA: 3908 ± 463 ; 3558 ± 432 ; 2098 ± 206 ; EMAn: 3247 ± 33 3324 ± 141 ; 2856 ± 105 ; EMV: 4000 ± 260 ; 4271 ± 412 ; 1921 ± 342 ; EMVn: 4182 ± 225 ; 4457 ± 465 ; 2123 ± 401 Kcal/Kg/MS; CMEB 75 ± 4 ; 38 ± 4 ; 20 ± 1 , respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOTTI, M. O.; JUNQUEIRA, O. M.; CANHERINI, L. C. **Valor nutricional de algumas fontes de gordura para frangos de corte.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001.

BAIÃO, N.; LARA, L. J. C. **Oil and fat in broiler nutrition.** Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, v.7, n.3, 2005.

CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z. et al. **Evaluation of glycerin from biodiesel Production as a feed ingredient for broilers.** International Journal of Poultry Science, v.5, n.11, p.1001-1007, 2006.

DEMBOGURSKI, N. M. **Determinação do preço da soja para trituração e obtenção do óleo com base na qualidade do grão.** 2003. 86f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2003.

DOZIER, W. A.; KEER, B. J.; CORZO, A. et al. **Apparent metabolizable energy of glycerin for Broiler Chickens.** Poultry Science. v.87, p.317-322, 2008.

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

FERNANDES, J. I. M.; FREITAG, A.; ROCHADELLI, R. et al. **Resíduo gorduroso da indústria de óleos vegetais em substituição ao óleo de soja em rações para frangos de corte.** Archives of Veterinary Science, v.7, n.2, p.135-141, 2002.

FREEMAN, C.P. **The digestion, absorption and transport of fats – Non-ruminants.** In: WISEMAN, J., Fats in animal nutrition. Butterworths: London, 1984.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R. et al. **Valor energético do óleo ácido de soja para aves.** Pesq. Agrop. Bras., v.40, p. 241-246, 2005.

GAIOTTO, J. B.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C. et al. **Óleo de soja, óleo ácido de soja e sebo bovino como fontes de gordura em rações para frangos de corte.** Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, v.2, p.219-227, 2000.

GAIOTTO, J. B. **Determinação da energia metabolizável de gorduras e sua aplicação na formulação de dietas para frangos de corte.** 2004. 81f., Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

GIANFELICI, M.F. **Uso de glicerol como fonte de energia para frangos de corte.** 2009. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Faculdade de Agronomia, Porto alegre, 2009.

GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L.; PADLEY, F. B. **The lipid Handbook.** 2. ed. New York: Chapman and Hall, 1994, 1273p.

KERR, B. J. **Nutritional value of crude glycerin for no ruminants.** USDA-ARS, Mississippi State, MS;K. Bregendahl - Iowa State University, Ames, IA, USA. Proceeding: 68th Minnesota Nutrition Conference, 2007

LAMMERS, P. J. B. J.; KERR, M. S.; HONEYMAN, K. et al. **Nitrogen-corrected metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens.** Poult. Sci. 87:104–107, 2008.

MACARI, M., FURLAN, R.L., GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008. 375p

MATTEOS, G. G.; SELL, J. L. **True and apparent metabolizable energy value of fat for laying hens: Influence of level use**. Poultry Science, v.59, p. 369-373, 1980.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs, Connecticut, University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, Research Report, v.7, n.1, p.11-14, 196.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais**. São Paulo: Livraria Varela, 1998.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9. ed. Washington: National Academy of Science, 1994. 155p.

RABER, M. R. S.; RIBEIRO, A. M. L.; KESLER, A. M. et al. **Eficiência do óleo ácido e do óleo degomado de soja empregados em dietas de frangos de corte suplementadas ou não com glicerol**. Ciência Animal Brasileira, v.10, n.3, p.745-753, jul./set., 2009.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRET, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição e alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p.141.

RUTZ, F. **Fisiologia da digestão e absorção das aves**. Campinas: FACTA, 1994. 176p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. **A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats**. Poultry Science. v.42. p.313-325, 1963.

SOARES, K.; BERTECHINI, A.; FASSANI, E. et al. **Valores de energia metabolizável de alimentos para pintos de corte na fase pré-inicial**. Ciência Agrotécnica, Lavras, MG, v. 29, n. 1, p. 238 – 244, 2005.

UFV – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa - MG, 2000. 142p.

VIEIRA, S. L. et al. **Utilização da energia de dietas para frangos de corte formuladas com óleo ácido de soja**. Revista Brasileira de Ciência Avícola-Brazilian Journal of Poultry Science. v.4, n.2, mai-ago., 2002.

ZAVARIZE, K. et al. **Avaliação de energia metabolizável de glicerinas de diferentes composições em frangos de corte.** In: XXII LATIN AMERICAN POULTRY CONGRESS 2011. Disponível em: <<http://pt.Engormix.Com/MA-avicultura/nutrição/artigos/avaliação-energia-metabolizável>>. Acesso em: 10/11/11.

CONCLUSÃO GERAL

Os valores energéticos encontrados para a glicerina, óleo degomado e óleo ácido foram: EMA: 3908 ± 463 ; 3558 ± 432 ; 2098 ± 206 ; EMAn: 3247 ± 33 3324 ± 141 ; 2856 ± 105 ; EMV: 4000 ± 260 ; 4271 ± 412 ; 1921 ± 342 ; EMVn: 4182 ± 225 ; 4457 ± 465 ; 2123 ± 401 Kcal/Kg/MS; CMEB 75 ± 4 ; 38 ± 4 ; 20 ± 1 , respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da oferta e interesse na utilização de subprodutos do biodiesel (glicerina) e do refino de óleo de soja (óleo degomado e óleo ácido) na alimentação animal são essenciais maiores conhecimentos bioquímico-fisiológicos e nutricionais.

Neste sentido, são urgentes mais pesquisas, estudos e empenho por parte dos pesquisadores da área de nutrição animal para concretizar a glicerina bruta e os óleos residuais como matéria-prima nas rações para frangos de corte. Esta consolidação favoreceria toda a cadeia produtiva aumentando os índices de eficiência biológico econômica na produção avícola e de sustentabilidade na produção de biodiesel.