



EDUARDO MACHADO COSTA LIMA

**ENERGIA METABOLIZÁVEL DA GLICERINA
PROVENIENTE DE TRÊS FONTES DA
PRODUÇÃO DO BIODIESEL PARA FRANGOS
DE CORTE.**

**LAVRAS – MG
2011**

EDUARDO MACHADO COSTA LIMA

**ENERGIA METABOLIZÁVEL DA GLICERINA BRUTA
PROVINIENTE DE TRÊS FONTES DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL
PARA FRANGOS DE CORTE.**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Programa Pós-
Graduação em Zootecnia, área
de concentração em Produção
e Nutrição de Monogástricos,
para a obtenção do título de
Mestre.

Dr. Paulo Borges Rodrigues
Orientador

**LAVRAS - MG
2011**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Lima, Eduardo Machado Costa.

Energia metabolizável da glicerina proveniente de três fontes da
produção do biodiesel para frangos de corte / Eduardo Machado
Costa Lima. – Lavras : UFLA, 2011.

47 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Paulo Borges Rodrigues.

Bibliografia.

1. Glicerol. 2. Coleta total de excretas. 3. Regressão linear. 4.
Valor Energético. 5. Aves. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 636.513

EDUARDO MACHADO COSTA LIMA

**ENERGIA METABOLIZÁVEL DA GLICERINA BRUTA
PROVINIENTE DE TRÊS FONTES DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL
PARA FRANGOS DE CORTE.**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Programa
Pós- Graduação em
Zootecnia, área de
concentração em Produção e
Nutrição de Monogástricos,
para a obtenção do título de
Mestre.

APROVADA em 01 de agosto de 2011.

Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima

DEX/UFLA

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Junior

DZO/UFRPE

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues
Orientador

**LAVRAS - MG
2011**

A Deus, por me iluminar e fortalecer.

Aos meus pais, José e Maria Eulália, pelo amor, respeito e dedicação: alicerces em minha vida.

Aos meus irmãos, Rodrigo, Karina e Érika, pela amizade e companheirismo.

Aos avôs Mario Machado, Zé Eduardo (in memoriam) e Nilce (in memoriam).

Aos meus familiares pela motivação.

Aos companheiros e amigos pelos dias de felicidade vividos nesses anos.

OFEREÇO

À minha linda avó Maria Aparecida,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de estudos para a realização deste trabalho, e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal - INCT-CA, pelo apoio financeiro.

Ao orientador, Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues, pela oportunidade, orientação, respeito e confiança.

Aos coorientadores, Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini e Prof. Dr. Édson José Fassani.

Ao Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima pelo tempo e atenção disponível.

Ao Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Junior, pelo comparecimento e participação da banca de defesa.

Aos companheiros de trabalho e faculdade, pelo apoio, incentivo, amizade e força, possibilitando o desenvolvimento deste projeto.

Aos amigos pelos ótimos momentos vividos, pelos péssimos momentos superados.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia e do Setor de Avicultura, especialmente ao “Seu Totoza”, Borginho, Keila e Joelma.

Ao Chefe do Departamento de Zootecnia Prof. Dr. Eduardo, pela clareza e respeito.

À Cooperpassos e Granol, pela doação da matéria prima estudada neste trabalho.

BIOGRAFIA

EDUARDO MACHADO COSTA LIMA, filho de José Costa Lima e Maria Eulália Machado Costa Lima, nasceu em 12 de janeiro de 1985, na cidade de Cachoeira de Minas, no estado de Minas Gerais.

Em junho de 2003, ingressou na Universidade Federal de Lavras, graduando-se em Zootecnia em dezembro de 2008.

Em junho de 2009, iniciou a Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Lavras, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

No dia 28 de Julho de 2011 defendeu o título de Mestre em Produção e Nutrição de Monogástricos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	09
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	11
PRIMEIRA PARTE.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Biodiesel e sua produção.....	14
2.2 Composição da glicerina bruta.....	15
2.3 Metabolismo do glicerol.....	16
2.4 Glicerina bruta como ingrediente energético nas rações.....	18
2.5 Limitações da utilização da glicerina bruta nas rações.....	22
2.6 Inclusão da glicerina bruta e o desempenho das aves.....	23
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	25
REFERÊNCIAS.....	26
SEGUNDA PARTE.....	29
ARTIGO - Valor energético da glicerina bruta proveniente de três fontes da produção do biodiesel para frangos de corte em diferentes idades.....	29
Anexos.....	47

RESUMO

Dois ensaios metabólicos foram conduzidos para determinar os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de uma glicerina bruta oriunda de óleo de soja (GBS), uma glicerina bruta mista oriunda de óleo de fritura e banha suína (GBM) e uma glicerina semi-purificada (GSP). Os ensaios foram avaliados nas idades de 10, 20, 30 e 40 dias de idade, num esquema fatorial 3x4 (três gliceras e quatro idades) e 5 repetições no ensaio 1 com substituição de 10% das fontes de glicerina mais um tratamento controle, e 6 repetições no ensaio 2 com substituição de 4, 8 e 12% das fontes de glicerina, mais um tratamento controle. O estudo teve aprovação da Comissão de Bioética na Utilização de Animais (NINTEC/PRP-UFLA). Feito o método de coleta total de excretas nos dois ensaios, a EMAn foi determinada por fórmulas no ensaio 1 e através da análise de regressão linear entre o consumo de ração e o consumo de EMAn no ensaio 2. No ensaio 1 as EMAn na MS determinadas foram 5001 kcal/kg para GBM, 3698 kcal/kg para GSP e 3678 kcal/kg para GBS. No ensaio 2, os valores de EMAn na MS foram 4822 kcal/kg para GBM, 3877 kcal/kg para GSP e 3498 kcal/kg para GBS. Feita a média dos dois ensaios obtivemos valores médios de EMAn na MS de 3598 kcal/kg para GBS, 4911 kcal/kg para GBM e 3777 kcal/kg para GSP, um aproveitamento da energia bruta de cada fonte de 86, 73 e 92%, respectivamente.

Palavras-chave: Glicerol. Coleta total de excretas. Regressão linear. Valor Energético. Aves.

ABSTRACT

Two metabolism assays were conducted to determine the values of apparent metabolizable energy corrected for the nitrogen balance (EMAn) of a crude glycerin coming from soybean oil (GBS), one mixed crude glycerin coming from oil for frying and swine fat (GBM) and one semi-purified glycerin (GSP). The assays were evaluated at the ages of 10, 20, 30 and 40 days in a factorial scheme 3x4 (three glycerins and four ages) and five replicates in assay 1 with the replacement of 10% of the sources of glycerin plus one control treatment and 6 replicates in assay 2 with replacement of 4, 8 and 12% of the sources of glycerin, plus one control treatment. The study was approved by the Bioethics Commission in the Use of Animals (NINTEC/PRP-UFLA). Done the total collection method of excreta in the two assays, the EMAn was determined by formulas in assay 1 and through the linear regression analysis between food intake and EMAn intake in assay 2. In assay 1, the EMAn in the DM determined were 5,001 kcal/kg for GBM, 3,698 kcal/kg for GSP and 3,678 kcal/kg for GBS. In assay 2, the values of EMAn in the DM were 4,822 kcal/kg for GBM, 3,877 kcal/kg for GSP e 3498 kcal/kg for GBS. Done the mean of the two assays, average values of EMAn in the DM of 3,598 kcal/kg for GBS, 4,911 kcal/kg for GBM and 3,777 kcal/kg for GSP were obtained, the utilization of the gross energy of each source of 86, 73 and 92%, respectively.

Key words: Glycerol. Total excreta collection. Linear regression. Energy value. Birds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Valor de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio em kcal/kg na matéria seca e na matéria natural para frangos de corte alimentados com três fontes de glicerina bruta em diferentes idades.....	38
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química das glicerinas.....	20
Tabela 2 – Valores de energia digestível e energia metabolizável de quatro glicerinas para suínos.....	21
Tabela 3 – Resumo de valores energéticos de trabalhos encontrados na literatura.....	22
Tabela 4 – Composição das dietas referências, formuladas de acordo com as exigências descritas por Rostagno et al. (2005).....	36
Tabela 5 – Composição das glicerinas em teste.....	37
Tabela 6 – Valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio das glicerinas determinadas pela metodologia de Matterson et al. (1965) em quatro diferentes idades das aves. Os valores são apresentados na matéria seca (MS) e matéria natural (MN).....	42

Tabela 7 – Equações ajustadas para determinação da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (inclinação da reta) das glicerinas e seus respectivos R2 conforme descrito pela metodologia de Adeola (2001) em quatro diferentes idades das aves. Os valores determinados estão na matéria natural (MN).....39

Tabela 8 – Valores médios de EMAn (kcal/kg na MS e kcal/kg de MN) determinados pela metodologia de Adeola (2001) das três glicerinas em quatro idades.....40

Tabela 9 – Valores médios de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio retido em kcal/kg de matéria seca e de matéria natural das glicerinas nas duas metodologias utilizadas.....41

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

A produção avícola brasileira é de destaque mundial. No ano de 2010, a produção de carne de frango foi superior a 12,3 milhões de toneladas, sendo que 3,8 milhões foram exportados (AVICULTURA NA INTERNET - AVISITE, 2011). A Assessoria de Gestão Estratégica (AGE) do Ministério da Agricultura estimou as exportações para o ano de 2020, seguindo uma estimativa de crescimento na ordem de 4,3% ao ano, estima-se que a exportação de carne de frango possa chegar a 6 milhões de toneladas.

Entretanto, a avicultura enfrenta cobranças para que o sistema de produção seja eficiente e sem riscos. A qualidade do produto exigido pelo mercado, garantindo a segurança alimentar, e a preocupação com a responsabilidade ambiental são exemplos. A alta produção com um baixo custo surgiu como fator de maior impacto, buscando, através do melhoramento genético, animais com baixa conversão alimentar e peso final em menor tempo, já que a nutrição corresponde a cerca de 70% do custo de produção, no qual 90% são representados pelos ingredientes milho e soja, *commodity* sujeitas a grandes variações de preço. Na tentativa de redução de custos, pesquisas são desenvolvidas permitindo a utilização de novos ingredientes, sem afetar a qualidade e o desempenho desses animais. Neste contexto, a glicerina bruta tem se apresentado como um ingrediente energético promissor na alimentação animal.

A glicerina bruta já é comumente utilizada na indústria farmacêutica e alimentícia, mas passa por um processo dispendioso de purificação, o que faz da nutrição animal um bom destino para o excesso desse produto, sem despesas com a sua purificação. Décadas atrás algumas pesquisas já mostravam que a glicerina bruta, co-produto da produção de biodiesel, pode ser um ingrediente aceitável para as rações de aves (CAMPBELL; HILL,

1962), sendo uma boa fonte energética. Atualmente, com abundância de glicerina disponível no mercado mundial, é esperado o aumento de seu uso, especialmente como potencial fonte de energia para dietas de aves, com aproximadamente 4.100 kcal/kg de energia bruta (MIN et al., 2010). Alguns trabalhos, ao avaliarem os efeitos da utilização de glicerina bruta na dieta de suínos e aves, mostraram que a glicerina pode ser uma boa fonte de energia dietética (DOZIER et al., 2008; LAMMERS et al., 2008b), sugerindo a sua inclusão na alimentação animal, sendo esta uma boa alternativa para destinar parte deste subproduto no mercado. Dozier et al. (2008) determinaram o valor de energia metabolizável da glicerina oriunda da produção do biodiesel e encontraram um valor médio de 3.434 kcal/kg, valor este similar à sua energia bruta, mostrando que frangos de corte utilizam eficientemente a glicerina.

Dessa maneira, o presente trabalho foi conduzido para determinar os valores energéticos de três fontes de glicerina bruta provenientes da produção do biodiesel (óleo de soja, uma mista de óleo de soja+banha suína e uma semi-purificada de óleo de soja) para frangos de corte em diferentes idades.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Biodiesel e sua produção

O biodiesel é um combustível considerado limpo, produz até 78% menos CO₂, e 90% menos de óxidos de enxofre, ou seja, suas emissões gasosas não contêm enxofre e hidrocarbonetos poliaromáticos, muitos dos quais são carcinogênicos, além de ser atóxico e biodegradável (ARANDA, 2007). No ano de 2005, é lançado o Programa Nacional de Biodiesel, e de acordo com a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, o biodiesel é um

biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores à combustão interna com ignição por compressão ou conforme regulamento para geração de outro tipo de energia, que pode substituir parcial ou totalmente os combustíveis de origem fóssil.

O processo mais utilizado nas indústrias de biodiesel é a transesterificação alcoólica, que envolve a reação química do substrato com etanol ou metanol, na presença de um catalisador que pode ser ácido, básico ou enzimático, porém o mais utilizado é o hidróxido de sódio (ARANDA, 2007). A produção de biodiesel no Brasil é favorável devido à grande variedade de produtos capazes de produzir biodiesel. Dentre as espécies com maior potencial de extração são a mamona, palma, girassol, babaçu, amendoim, soja e milho. Independente do processo utilizado ou do substrato, no final sempre terá o biodiesel e a glicerina como produtos do processo. A cada 100m³ de óleo resultará em 90 m³ de biodiesel e 10m³ de glicerina bruta (GONÇALVES, 2006). De acordo com a Agência Nacional de Petróleo - ANP (2011), no ano de 2010 a produção de biodiesel no Brasil foi de aproximadamente 2,4 milhões de m³ e a produção de glicerina bruta foi cerca de 240.000 m³. Os números mostrados mostram o potencial econômico da utilização da glicerina nas rações animais. Esse aumento da oferta de glicerina no mercado é crucial para que o preço se torne atraente para a nutrição avícola.

2.2. Composição da Glicerina Bruta

O glicerol é o principal constituinte da glicerina bruta. É um composto orgânico de função álcool, chamado também de propano-1,2,3-triol. É um composto líquido à temperatura ambiente, higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado (INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY - IUPAC, 2011). Faz parte da estrutura de óleos e

gorduras animais e vegetais, ligado aos ácidos graxos, esteárico, oléico, linoléico e palmítico, para a formação dos triacilgliceróis. Utilizado na produção de diferentes produtos, como farmacêuticos e alimentícios (umectante, solvente, amaciante e emulsificante), o glicerol é considerado uma substância segura para o consumo humano (PERES; FREITAS JÚNIOR; GAZZONI, 2005).

De acordo com Swiatkiewicz e Kololeski (2009), a glicerina bruta apresenta de 80 a 90% de glicerol, de 10 a 20% de umidade, cinzas, ácidos graxos e traços de proteína e metanol. Mas a glicerina originada no processo de transesterificação possui composição muito variada. Jung e Batal (2011) avaliaram a composição de dez glicerinas brutas nos Estados Unidos, as quais apresentaram de 3337 a 6742 kcal/kg de EB e de 2950 a 6711 kcal/kg de EMVn, variação esta não só nos valores energéticos, como também na porcentagem de glicerol, metanol, umidade, gordura e sal correspondendo a variações de 34,2 a 86,1%, de 0,01 a 3,1%, de 7,85 a 34,9%, de 0,01 a 30% e de 0,01 a 4,21%, respectivamente. Nota-se que a composição tem uma grande variação em todos os nutrientes avaliados, característica que dificulta uma indicação equilibrada de fornecimento de nutrientes da glicerina bruta. O grande responsável seria a eficiência do processo e os reagentes utilizados na obtenção do biodiesel.

No Brasil o reagente mais utilizado é o metanol, e como catalisador o hidróxido de sódio, desta maneira existe uma concentração de resíduos de sódio e metanol maior (MENTEN; MIYADA; BERENCHTEIN, 2008). Por isso é importante que haja uma padronização do processo de produção do biodiesel, facilitando assim uma homogeneização da composição das glicerinas produzidas pelas indústrias brasileiras.

2.3. Metabolismo do Glicerol

É importante lembrar que o termo glicerol diz respeito ao composto puro, e é encontrado na circulação sanguínea dos animais e suas células. Ele é

derivado da lipólise no tecido adiposo, hidrólise dos triglicerídeos e das lipoproteínas do sangue e gordura dietética, portanto, diz-se que o glicerol possui três importantes funções no metabolismo animal:

- Constituinte do esqueleto dos triglicerídeos;
- Transporte de equivalentes redutores (glicerol-3-fosfato) do citosol para mitocôndria, para a fosforilação oxidativa;
- Precursor da gliconeogênese, como esqueleto de carbono.

De acordo com Lammers et al. (2008a), raramente se encontra glicerol livre nos alimentos, mas ele é normalmente consumido na forma de triacilglicerídeos. Em um estudo com ratos, Kato et al. (2004), demonstraram que o glicerol possui dois sistemas de absorção no intestino, um sistema de transporte ativo, e outro passivo. O sistema de transporte ativo, dependente de sódio no intestino delgado, foi responsável por 70% do transporte do glicerol. Após absorvido, o glicerol poderá ser metabolizado no fígado ou nos músculos dos animais, mas a maior parte do glicerol será metabolizado no fígado, cerca de 75% (LIN; ROMSOS; LEVEILLE, 1977). Uma vez dentro do organismo, o glicerol é metabolizado a gliceraldeído-3-fosfato com a participação da enzima glicerol quinase, podendo seguir para a formação de lipídeos através da liponeogênese, para a formação de glicose através da gliconeogênese ou ser oxidado para o fornecimento de energia através da glicólise e ciclo de Krebs. A participação da enzima glicerol quinase ocorre somente no fígado, já no tecido adiposo, o glicerol-3-fosfato, através da enzima glicerol-3-fosfato desidrogenase, é obtido da molécula de dihidroxiacetona. No tecido muscular, como foi demonstrado por Toews (1996), o glicerol captado da corrente sanguínea foi metabolizado no músculo do diafragma de ratos através da enzima glicerol redutase, com a participação de NADPH. Nos rins, a utilização do glicerol pode chegar a um quinto do total, sendo de grande importância para que o glicerol não seja eliminado via urina. Em concentração de 1mM no sangue, o glicerol pode ser completamente utilizado pelos rins (LIN; ROMSOS; LEVEILLE, 1977).

O destino do glicerol no organismo é diretamente ligado ao estado fisiológico do animal. Em jejum, em condição hipoglicêmica, o organismo libera ácidos graxos não esterificados e glicerol, ao voltar ao nível glicêmico normal, os ácidos graxos são reincorporados ao tecido adiposo, e devido à dificuldade do tecido adiposo em incorporar o glicerol livre (COPPACK et al., 1999), o tecido adiposo utiliza a glicose para a formação do glicerol-3-fosfato, capaz de esterificar os ácidos graxos.

Apesar de o glicerol ser da função álcool, seu destino é influenciado por dois hormônios essenciais para o metabolismo intermediário dos carboidratos e lipídeos. A insulina e o glucagon são responsáveis pela liberação ou armazenamento de glicose, e conseqüentemente do glicerol. O glucagon é um potente hormônio com características lipolíticas em aves, enquanto a insulina atua como um hormônio antilipolítico ao inibir a liberação de glicerol e ácidos graxos livres no tecido adiposo e ao estimular a conversão de glicose em gordura (RUTZ, 2008). Em mamíferos, as catecolaminas são potentes agentes lipolíticos, essa mesma característica só é encontrada em aves quando esses hormônios se encontram em altas concentrações. A atuação destes hormônios será de extrema importância no destino do glicerol dietético, uma vez que o organismo com alta disponibilidade de energia (glicose) dará preferência em destinar esse glicerol livre para a síntese de lipídeos, estimulada pelo aumento da relação insulina/glucagon. Outras situações, como estresse e estresse calórico, interferem na liberação destes hormônios, influenciando o destino do glicerol fornecido via dieta.

2.4. Glicerina como ingrediente energético nas rações

A nutrição animal busca novas fontes de alimento, e a glicerina bruta tem demonstrado em trabalhos recentes que sua utilização em produções comerciais pode ser eficiente e sem riscos à qualidade do

processo. Dozier et al. (2008), Lammers et al. (2008b) e Menten, Miyada e Berenchtein (2008) consideram que o uso da glicerina bruta se deve ao seu alto valor energético, e que este valor varia de acordo com a pureza em glicerol, e que devido a falta do tratamento, diversas impurezas podem estar presentes. Trabalhos foram desenvolvidos com frangos de corte, galinhas poedeiras e suínos para a determinação da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) da glicerina bruta. Dozier et al. (2008), realizaram três experimentos com frangos de corte para a determinação da EMAn da glicerina bruta (86,95% de glicerol, 280 ppm de metanol, 1,26% de sódio e 3.625 kcal/kg de energia bruta). No primeiro experimento foram utilizadas aves de 4 a 11 dias de idade com 0 e 6% de inclusão de glicerina bruta. Neste experimento os autores encontraram um valor de 3.621 kcal/kg de EMAn. Nos experimentos restantes os autores utilizaram aves de 17 a 24 e 38 a 45 dias de idade com inclusão de 0, 3, 6 e 9% de glicerina bruta. Foram observadas respectivamente 3.331 e 3.349 kcal/kg de EMAn. Em uma análise conjunta das 3 fases, os autores reportaram o valor de EMAn da glicerina utilizada de 3.434 kcal/kg, comparado com sua energia bruta (EB) de 3625 kcal/kg, um aproveitamento de 95% da EB. Testando a mesma glicerina bruta, Lammers et al. (2008b) determinaram a EMAn para galinha poedeira, a glicerina foi substituída em 5, 10 e 15 % pela glicose mono hidratada. O valor de EMAn foi de 3805 kcal/kg, valor superior ao da EB da glicerina testada. O autor menciona que galinhas de postura possuem uma alta capacidade de aproveitamento da glicerina bruta, e nos níveis de 10 e 15% houve um aumento da umidade das excretas, explicado pelo excesso de sódio na ração.

A alta capacidade de galinhas de postura em aproveitar a glicerina foi reafirmada por Swiatkiewicz e Kololeski (2009), onde encontraram um valor de EMAn de uma glicerina bruta (73,8% de glicerol, 0,04% de proteína, 0,4% de gordura e 3,7% de cinzas) de 3970 kcal/kg. Os autores trabalharam com níveis crescentes (0, 2, 4 e 6%) de substituição da glicerina

no amido de milho.

Gianfelici (2009) testou uma glicerina semi-purificada de óleo de soja, com uma EB de 3862 kcal/kg. A EMAn para frangos de corte foi 3276 kcal/kg, uma digestibilidade de EB de 84,82%, valores esses inferiores ao encontrado por Dozier et al. (2008). Valor aproximado de digestibilidade encontrado por Oliveira et al. (2010) foi de 85,6% para uma glicerina bruta que continha 4567 kcal/kg de EB. Elsamee et al. (2010), determinando a energia metabolizável aparente (EMA) de uma glicerina bruta (84,65% de glicerol, 10,17% de umidade e 3,41% de sódio) para frangos de corte encontraram uma digestibilidade de 96%, o valor de EMA foi 3312 kcal/kg. Mesmo não sendo a EMAn, os valores encontrados corroboram com os encontrados por Dozier et al. (2008). Batista (2010) desenvolveu um ensaio de metabolismo com codornas *Coturnix coturnix sp* para determinar a EMAn de duas fontes de glicerina vegetal, uma bruta e outra semi-purificada, cuja composição se encontra na Tabela 1. Foi feita a substituição de 10% na ração basal, totalizando 3 tratamentos. A EMAn foi de 4564 kcal/kg para a glicerina bruta e 3069 kcal/kg para a semi-purificada, uma digestibilidade de 86,5 e 85,6% da EB das fontes testadas.

Tabela 1 – Composição química das glicerinas.

Nutriente (%)	Glicerina Bruta	Glicerina semi-purificada
Matéria seca	97,46	95,62
Matéria mineral	4,57	2,56
Matéria orgânica	92,89	93,06
Sódio	1,62	0,87
Potássio	0,17	0,12
Cloro	0,46	0,36
Energia Bruta, kcal/kg	5275	3585

Fonte: Adaptado de Batista (2010)

Alguns trabalhos desenvolvidos para se determinar a EMA da glicerina bruta para suínos mostraram que estes animais também possuem uma boa capacidade de utilização da EB. Lammers et al. (2007) determinaram a EMA para suínos em 3207 kcal/kg, 88,4% de digestibilidade da EB de 3625 kcal/kg. Anteriormente, Bartelt e Schneider (2002) determinaram um valor de 3425 kcal/kg de EMA.

Por esta variação de composição e valores energéticos da glicerina bruta, Carvalho et al. (2010) realizaram um ensaio metabólico determinando a EMA de quatro tipos de glicerina para suínos através da substituição da glicerina em diferentes níveis na ração basal. Os níveis utilizados foram 0, 6, 12 e 18% de substituição de uma glicerina bruta provinda de óleo de soja (GBV), glicerina bruta mista de óleo de soja e gordura animal (GBM), glicerina semi-purificada provinda de óleo de soja (GSPV) e uma glicerina semi-purificada mista de óleo de soja e gordura animal (GSPM). Estimados por análise de regressão os valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Valores de energia digestível e energia metabolizável de quatro gliceras para suínos.

Nutrientes	Gliceras			
	GBV	GBM	GSPV	GSPM
ED, kcal/kg na MN	5040	5234	3777	3090
EM, kcal/kg na MN	4480	4707	2731	2210
EM:ED	0,88	0,90	0,72	0,72

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2010)

Por esses trabalhos é possível verificar que os valores de EMAn da glicerina bruta diferem entre si devido à variação de sua composição, principalmente em relação ao nível de glicerol, sendo necessário levar em consideração o teor de glicerol presente na glicerina, e também a espécie a

que se fornece este alimento. Outros resíduos podem apresentar diferenças nos resultados como o teor de sódio e/ou potássio utilizado na produção do biodiesel. As galinhas de postura apresentaram uma melhor capacidade em aproveitar a EB do que frangos de corte e codornas. Torna-se necessário o conhecimento do tipo de glicerina e sua composição química para que se possa estimar adequadamente seu valor energético. Na tabela 3 encontra-se um resumo de valores energéticos encontrados em alguns trabalhos para diferentes espécies e categoria animal.

Tabela 3 – Resumo de valores energéticos na matéria natural de trabalhos encontrados na literatura.

Espécie	Autor	Valores de EMAn (kcal/kg)
Galinha poedeira	Lammers et al. (2008b)	3805
Galinha poedeira	Swiatkiewicz e Koleski (2009)	3970
Frangos de corte	Dozier et al. (2008)	3434
Frangos de corte	Gianfelici (2009)	3276
Codornas	Batista (2010)	4564
Suíños	Lammers et al. (2007)	3207 (EMA)
Suíños	Bartelt e Schneider (2002)	3425 (EMA)

2.5 Limitações da utilização da glicerina bruta nas rações.

A glicerina bruta por não ter passado por nenhum processo de purificação pode conter alguns resíduos na sua composição. Os dois resíduos de maior relevância nas glicerinas brasileiras são o metanol e o sódio.

O metanol é utilizado na reação de transesterificação do biodiesel, e na fase seguinte da formação do biodiesel, a mistura composta de água, glicerina e metanol sofrem destilação. A maior parte do metanol é

recuperada, mas a ineficiência do processo permite que traços de metanol permaneçam na glicerina. Essa quantidade de metanol vai variar exatamente pela eficiência do processo, Dasari (2007) coletou em diversas indústrias nos Estados Unidos amostras de glicerina encontrando uma variação de <100 ppm até 11.500 ppm de metanol. Essa variação é alta, mas não é encontrado na literatura trabalhos demonstrando efeitos negativos deste resíduo no desempenho e na produção de frangos de corte e galinhas poedeiras quando alimentadas com pequenas quantidades de glicerina bruta. Lammers et al. (2008a) avaliaram a toxicidade em suínos alimentados desde a fase pós-desmame e por 138 dias com rações contendo 5 e 10% de glicerina bruta com 3200 ppm de metanol. Os autores não encontraram nenhuma indicação de toxicidade. De acordo com Ferguson (2007 citado por SILVA, 2010), altos níveis de metanol no organismo de frangos de corte e suínos podem acarretar em cegueira. Sua toxicidade provavelmente vem da sua metabolização em ácido fórmico ou formaldeído, metabólitos que causam danos às células retinianas.

O sódio residual da glicerina é resultado da utilização do hidróxido de sódio como catalisador da produção do biodiesel. De acordo com Menten, Miyada e Berenchtein (2008), dependendo do catalisador usado na produção do biodiesel, a glicerina bruta gerada pode conter de 6 a 8% de sais de sódio ou potássio. Cerrate et al. (2006) observaram que na ração contendo 10% de glicerina bruta houve um aumento na umidade das excretas dos frangos. Lammers et al. (2008b) também observou o aumento da umidade das excretas de galinhas alimentadas com níveis de inclusão de 10 e 15%. Fica claro que o excesso de sódio da glicerina bruta é um fator limitante do nível de inclusão da mesma nas rações.

2.6. Inclusão da glicerina e o desempenho de aves

Alguns experimentos foram realizados com o intuito de verificar

efeitos da inclusão da glicerina no desempenho de frangos de corte. Como dito anteriormente, o resíduo de sódio da glicerina é um limitante do nível de inclusão deste ingrediente, e outros efeitos negativos foram observados por Cerrate et al. (2006) em um ensaio de desempenho com frangos de corte, com inclusão de 5 e 10% de uma glicerina que continha 3596 kcal/kg de EB e foi considerado 3527 kcal/kg de EM. O nível de 10% apresentou queda no consumo de ração (CR) e peso final (PF), piorando a conversão alimentar. Os mesmos autores realizaram um segundo experimento diminuindo os níveis para 2,5 e 5%. O nível de 5% foi similar ao grupo controle no período total de criação, e favoreceu o rendimento de peito nas aves.

De acordo com os autores, a melhora de rendimento de peito pode ser explicado pelo aumento na retenção de nitrogênio, que foi observado por Simon, Bergner e Schwabe (1996) até o nível de 20% de inclusão. Essa melhora na retenção pode ser explicada pelo aumento da disponibilidade de aminoácidos gliconeogênicos não utilizados na via gliconeogênica. A inclusão de 5% de glicerina bruta na ração aparentemente é o nível ideal para alimentação de frangos de corte (CERRATE et al., 2006; LESSARD; LEFRANÇOIS; BERNIER, 1993), porém, Simon, Bergner e Schwabe (1996) verificaram que a inclusão de glicerina até o nível de 10% não apresentou efeitos negativos sobre o desempenho de frangos de corte.

Para galinhas poedeiras, até 15% de inclusão de glicerina bruta durante 10 dias não foi observado efeito negativos para consumo de ração, produção de ovos e peso de ovo (LAMMERS et al., 2008b). A inclusão de 6% de uma glicerina bruta também não afetou negativamente o desempenho das poedeiras, características dos ovos e parâmetros de qualidade do ovo (SWIATKIEWICZ; KORELESKI, 2009).

Batista (2010) não observou diferenças significativas no ganho de peso e consumo de ração para codornas alimentadas com 4, 8, 12 e 16% de glicerina bruta e semi-purificada. Já para o parâmetro conversão alimentar foi observado uma piora linear com o aumento da inclusão de glicerina semi-

purificada. Foi observado também um aumento da umidade das excretas, que pode ser explicado pela não correção do sódio na dieta ao incluir a glicerina.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A utilização da glicerina na formulação de rações comerciais para aves é iminente. Uma vez que as aves possuem um bom aproveitamento energético, e o mesmo é correlacionado com os níveis nutricionais fornecidos pelo produto, torna-se imprescindível o total conhecimento da composição deste produto. Devido à grande variação na sua composição, compreender a relação entre a qualidade da glicerina e sua resposta como ingrediente energético das rações, permitirá a formulação de rações eficientemente balanceadas sem depreciar a produção avícola.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. **Gás natural e biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=472>>. Acesso em: 19 maio 2011.

ARANDA, D. **Processo de produção de biodiesel**. São Carlos: UFSCar, 2007. Disponível em: <<http://www.labcat.org/ladebio/semana1/palestras/SemanaBiodiesel-3-Donato.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2011.

AVICULTURA NA INTERNET. **Estatísticas e preços**. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/economia/estatistica.asp?acao=carnefrango>>. Acesso em: 19 maio 2011.

BARTELT, J.; SCHNEIDER, D. Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. In: _____. **Union for the promotion of Oilseeds-Scheiften (Heft, 17): union zur forderung von oel- und proteinplafalzen E. V. Berlin: Suhrkamp, 2002. p. 15-36.**

BATISTA, E. **Avaliação nutricional para codornas de corte**. 2010. 58 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

CAMPBELL, A. J.; HILL, F. W. The effects of protein source on the growth promoting action of soybean oil, and the effect of glycerine in a low fat diet. **Poultry Science**, Champaign, v. 41, p. 881-882, 1962.

CARVALHO, P. L. O. et al. Valor nutricional da glicerina bruta e semi-purificada na alimentação de suínos na fase de crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. 1 CD-ROM.

CERRATE, S. et al. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Sciences**, Faisalabad, v. 5, n. 11, p. 1001-1007, Nov. 2006.

COPPACK, S. W. et al. Glycerol and nonesterified fatty acid metabolism in human muscle and adipose tissue in vivo. **American Journal of Physiology**, London, v. 276, n. 39, p. 233-240, 1999.

DASARI, M. Crude glycerol potential described. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 79, n. 43, p. 16-19, Oct. 2007.

DOZIER, W. A. et al. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, n. 4, p. 317-322, Apr. 2008.

ELSAMEE, M. O. et al. Use of crude glycerin in broiler diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 30, n. 1, p. 281-295, Jan. 2010.

GIANFELICI, M. F. **Uso do glicerol como fonte de energia para frangos de corte**. 2009. 129 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GONÇALVES, V. L. C. Biogásolina: produção de éteres e ésteres de glicerina. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: ABIPT, 2006. p. 14-19.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Nomenclature of organic chemistry**. Disponível em: <<http://iupac.org>>. Acesso em: 19 maio 2011.

JUNG, B.; BATAL, A. B. Nutritional and feeding value of crude glycerin for poultry: 1., nutritional value of crude glycerin. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 20, n. 2, p. 162-167, 2011.

KATO, T. et al. Function characterization of the carrier-mediated transport system for glycerol in everted sacs of the rat small intestine. **Biological Pharmacology Bulletin**, Tokyo, v. 27, n. 11, p. 1826-1830, Nov. 2004.

LAMMERS, P. J. et al. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 3, p. 602-608, Mar. 2007.

_____. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 1, p. 62-70, Jan. 2008a.

_____. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 104-107, Jan. 2008b.

LESSARD, P.; LEFRANCOIS, M. R.; BERNIER, J. F. Dietary addition of cellular metabolic intermediates and carcass fat deposition in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 3, p. 535-545, Mar. 1993.

LIN, M. H.; ROMSOS, D. R.; LEVEILLE, G. A. Effect glycerol on enzyme activities and on fatty acid synthesis in the rat and chicken. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 106, p. 1668-1677, 1976.

MENTEN, J. F. M.; MIYADA, V. S.; BERENCHTEIN, B. Glicerol na alimentação animal. In: SIMPÓSIO DE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 30., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2008. p. 101.

MIN, Y. N. et al. Glycerin: a new energy source for poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 9, n. 1, p. 1-4, Jan. 2010.

OLIVEIRA, D. D. et al. Valores de energia metabolizável da torta de girassol e da glicerina em frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. 1 CD-ROM.

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

RUTZ, F. Metabolismo intermediário. In: _____. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. p. 175-185.

SILVA, C. L. S. **Glicerina proveniente da produção de biodiesel como ingrediente de ração para frangos de corte**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

SIMON, A.; BERGNER, H.; SCHWABE, M. Glycerol-feed ingredient for broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, Montreux, v. 49, n. 1, p. 103-112, Mar. 1996.

SWIATKIEWICZ, S.; KOLOLESKI, J. Effect of crude glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. **Poultry Science**, Ames, v. 88, n. 3, p. 615-619, Mar. 2009.

TOEWS, C. J. Evidence for the metabolism of glycerol by skeletal muscle and the presence of a muscle ninotinamide-adenine dinucleotide phosphatedependent glycerol dehydrogenase. **Journal of Biochemistry**, Oxford, v. 98, p. 27C-29C, 1966.

Segunda Parte – Artigo

Valor energético da glicerina proveniente de três fontes da produção do biodiesel para frangos de corte em diferentes idades.

E. M. C., Lima; P. B. Rodrigues et al.

Artigo redigido conforme norma da Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia - versão preliminar

Valor energético da glicerina proveniente de três fontes da produção do biodiesel para frangos de corte em diferentes idades.

Resumo - Dois ensaios metabólicos foram conduzidos para determinar os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de uma glicerina bruta oriunda de óleo de soja (GBS), uma glicerina bruta mista oriunda de óleo de fritura e banha suína (GBM) e uma glicerina semi-purificada (GSP). Os ensaios foram avaliados nas idades de 10, 20, 30 e 40 dias de idade, num esquema fatorial 3x4 (três glicerinhas e quatro idades) e 5 repetições no ensaio 1 com substituição de 10% das fontes de glicerina mais um tratamento controle, e 6 repetições no ensaio 2 com substituição de 4, 8 e 12% das fontes de glicerina, mais um tratamento controle. O estudo teve aprovação pela Comissão de Bioética na Utilização de Animais (NINTEC/PRP-UFLA). Feito o método de coleta total de excretas nos dois ensaios, a EMAn foi determinada por fórmulas no ensaio 1 e através da análise de regressão linear entre o consumo de ração e o consumo de EMAn no ensaio 2. No ensaio 1 as EMAn na MS determinadas foram 5001 kcal/kg para GBM, 3698 kcal/kg para GSP e 3678 kcal/kg para GBS. No ensaio 2, os valores de EMAn na MS foram 4822 kcal/kg para GBM, 3877 kcal/kg para GSP e 3498 kcal/kg para GBS. Feito a média dos dois ensaios obtemos valores médios de EMAn na MS de 3598 kcal/kg para GBS, 4911 kcal/kg para GBM e 3777 kcal/kg para GSP, um aproveitamento da energia bruta de cada fonte de 86, 73 e 92%, respectivamente.

Palavras-chave: Glicerol. Coleta total de excretas. Regressão linear. Energia Metabolizável. Aves.

Abstract - Two metabolism assays were conducted to determine the values of apparent metabolizable energy corrected for the nitrogen balance (EMAn) of a crude glycerin coming from soybean oil (GBS), one mixed crude glycerin coming from oil for frying and swine fat (GBM) and one semi-purified glycerin (GSP). The assays were evaluated at the ages of 10, 20, 30 and 40 days in a factorial scheme 3x4 (three glycerins and four ages) and five replicates in assay 1 with the replacement of 10% of the sources of glycerin plus one control treatment and 6 replicates in assay 2 with replacement of 4, 8 and 12% of the sources of glycerin, plus one control treatment. The study was approved by the Bioethics Commission in the Use of Animals (NINTEC/PRP-UFLA). Done the total collection method of excreta in the two assays, the EMAn was determined by formulas in assay 1 and through the linear regression analysis between food intake and EMAn intake in assay 2. In assay 1, the EMAn in the DM determined were 5,001 kcal/kg for GBM, 3,698 kcal/kg for GSP and 3,678 kcal/kg for GBS. In assay 2, the values of EMAn in the DM were 4,822 kcal/kg for GBM, 3,877 kcal/kg for GSP e 3498 kcal/kg for GBS. Done the mean of the two assays, average values of EMAn in the DM of 3,598 kcal/kg for GBS, 4,911 kcal/kg for GBM and 3,777 kcal/kg for GSP were obtained, the utilization of the gross energy of each source of 86, 73 and 92%, respectively.

Key words: Glycerol. Total excreta collection. Linear regression. Metabolizable energy. Birds.

INTRODUÇÃO

O biodiesel é considerado um combustível verde, oriundo de fontes renováveis e com menos descarga de poluentes, e vem sendo utilizado como substituto do diesel de petróleo. Com a crescente produção para atender à demanda de biodiesel, a glicerina, um co-produto, tornou-se de interesse comercial na produção avícola, mostrando um potencial ingrediente nas rações de frangos de corte devido à queda no seu preço. Na tentativa de redução de custos, pesquisas são desenvolvidas permitindo a utilização de novos ingredientes, sem afetar a qualidade e o desempenho desses animais. A glicerina já é comumente utilizada na indústria farmacêutica e alimentícia, mas passa por um processo dispendioso de purificação, o que faz da nutrição animal um bom destino para o excesso deste produto, sem despesas com a sua purificação.

Alguns trabalhos, ao avaliarem os efeitos da utilização de glicerina na dieta de aves e suínos, mostraram que a glicerina pode ser uma boa fonte de energia dietética (Dozier et al., 2008; Lammers et al., 2008b), sugerindo a sua inclusão na alimentação animal, sendo esta uma boa alternativa para destinar parte deste subproduto no mercado. Dozier et al (2008) determinaram o valor de energia metabolizável da glicerina oriunda da produção do biodiesel e encontraram um valor médio de 3.434 kcal/kg, valor este similar à sua energia bruta, mostrando que frangos de corte utilizam eficientemente a glicerina. Neste contexto, o presente trabalho foi conduzido para determinar os valores energéticos de três tipos de glicerina (glicerina bruta oriunda de óleo de soja (GBS); glicerina bruta mista oriunda de óleo de fritura e banha suína (GBM); e glicerina bruta semi-purificada (GSP) - GENPA[®], em diferentes idades das aves.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, na região sul de Minas Gerais – Brasil, no período de setembro a novembro de 2010. Foram realizados 2 ensaios metabólicos para determinação do valor energético das fontes de glicerina para aves em diferentes idades. As aves foram criadas em galpão de alvenaria e foi fornecida uma ração basal para frangos de corte, baseada em milho e farelo de soja, formuladas de acordo com a fase de criação e seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2005). Os experimentos foram conduzidos simultaneamente em uma sala climatizada, com iluminação constante e as gaiolas foram equipadas com comedouro tipo calha para todas as fases e bebedouro infantil na fase inicial e tipo calha nas fases seguintes. O estudo teve aprovação pela Comissão de Bioética na Utilização de Animais (NINTEC/PRP-UFLA).

Ensaio 1

Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso em um esquema fatorial 3x4, sendo três glicerinas (GBS, GBM e GSP) e quatro idades (10, 20, 30 e 40 dias de idade). Foi utilizada a metodologia de Matterson et al. (1965), sendo que a ração referência é a mesma utilizada em cada fase de criação dos frangos de corte, e as fontes de glicerina substituíram a ração referência em 10%, totalizando 4 tratamentos. Foram utilizadas 5 repetições para cada tratamento com 5, 4, 3 e 3 aves para cada período experimental, totalizando 300 aves. As rações referências foram formuladas sem a inclusão de sal, e após a inclusão ou não das glicerinas a exigência de sódio foi atendida, e devido ao nível de sódio das glicerinas, a exigência foi excedida em alguns tratamentos. As aves foram pesadas no alojamento, receberam 7 dias de adaptação e três dias para o período de coleta de excretas, e pesadas novamente no final do período experimental. A ração foi pesada no início e

fim do período de coleta para determinação do consumo de ração e a mesma foi fornecida à vontade. Foi feita coleta total de excreta por um período de 72 horas (RODRIGUES et al., 2005), as excretas foram coletadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -6°C uma vez ao dia, no final das 72 horas de coleta, as excretas foram pesadas e homogeneizadas para a retirada de uma amostra de 300 gramas. As amostras ficaram por 48 horas em uma estufa de ventilação forçada a 55°C e após esse período, juntamente com as amostras das rações experimentais, foram moídas a 0,01mm. Posteriormente as amostras foram levadas ao laboratório para análises de matéria seca (MS) em estufa 105°C, de proteína bruta (PB) conforme AOAC (1990) e de energia bruta (EB) pela bomba calorimétrica (modelo 1281, Parr Instruments). O consumo de ração e o peso das excretas no período de coleta foram usados para o cálculo de consumo e excreção de energia e nitrogênio. A EMAn das dietas foi calculada através das seguintes equações: $EMAn = [(EBi - EBe) - (8,22 \times BN)] / CMS$, onde EBi = ingestão de energia bruta, EBe = excreção de energia bruta, BN = balanço de nitrogênio, CMS = consumo de MS e 8,22 = fator de correção do nitrogênio retido (HILL & ANDERSON, 1958). A EMAn da glicerina foi calculada pela equação: $EMAn = EMAn\ ref + [(EMAn\ teste - EMAn\ ref) / (g\ alimento/g\ ração)]$, onde EMAn ref = EMAn da ração referência, EMAn teste = EMAn da ração teste, g alimento/g ração = porcentagem de inclusão do alimento teste, conforme descrito por Matterson et al. (1965). Ao final dos cálculos foi aplicada análise de variância e aplicado teste de média para comparações estatísticas, utilizando o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1).

Ensaio 2

Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso em um esquema fatorial 3x4, sendo três glicerinas (GBS, GBM e GSP) e quatro idades (10, 20, 30 e 40 dias de idade). Foi utilizada a metodologia de Adeola (2001), sendo que a ração referência é a mesma utilizada em cada fase de criação dos

frangos de corte, e as fontes de glicerina substituíram a ração referência em 4, 8 e 12%, mais um tratamento referência (0% de substituição), totalizando 10 tratamentos. Foram utilizadas 6 repetições para cada tratamento com 5, 4, 3 e 3 aves para cada período experimental, totalizando 900 aves. As rações referências foram formuladas sem a inclusão de sal, e após a inclusão ou não das gliceras a exigência de sódio foi atendida, e devido ao nível de sódio das gliceras, a exigência foi excedida em alguns tratamentos. As aves foram pesadas no alojamento, receberam 7 dias de adaptação e três dias para o período de coleta de excretas, e pesadas novamente no final do período experimental. As aves receberam ração à vontade no período de adaptação e 88, 92, 96 e 100% do consumo *ad libitum* no período de coleta, sendo o consumo estimado pelo manual da linhagem (Suplemento de Crescimento e Nutrição para Frangos de Corte – Cobb500, 2008), onde de 8-10 = 0,540kg; 18-20 = 1,455kg; 28-30 = 2,040kg e 38-40 = 1,863kg. Essa restrição alimentar é feita para que cada parcela consuma a mesma quantidade de ração basal, permitindo que a diferença de consumo de EMAn seja devido à glicerina. Foi feita coleta total de excreta por um período de 72 horas (RODRIGUES et al., 2005), as excretas foram coletadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -6°C uma vez ao dia, no final das 72 horas de coleta as excretas foram pesadas e homogeneizadas para a retirada de uma amostra de 300 gramas. As amostras ficaram por 48 horas em uma estufa de ventilação forçada a 55°C e após esse período, juntamente com as amostras das rações experimentais, foram moídas a 0,01mm. Posteriormente as amostras foram levadas ao laboratório para análises de matéria seca (MS) em estufa 105°C, de proteína bruta (PB) conforme AOAC (1990) e de energia bruta (EB) pela bomba calorimétrica (modelo 1281, Parr Instruments). O consumo de ração e o peso das excretas no período de coleta foram usados para o cálculo de consumo e excreção de energia e nitrogênio. A EMAn das dietas foi calculada através das seguintes equações: $EMAn = [(EBi - EBe) - (8,22 \times BN)] / CMS$, onde EBi = ingestão de energia bruta, EBe = excreção

de energia bruta, BN = balanço de nitrogênio, CMS = consumo de MS e 8,22 = fator de correção do nitrogênio retido (HILL & ANDERSON, 1958). Pelo programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1), foi aplicado a análise de regressão linear entre a ingestão de EMAn e o consumo de ração, assim determinou-se o valor de EMAn da glicerina pela inclinação da reta (ADEOLA, 2001).

Na tabela 5 é apresentada a composição das dietas referências utilizadas nos dois ensaios de metabolismo, e na tabela 6 é apresentada a composição das três fontes de glicerina utilizadas nos dois ensaios. O fornecedor da GBM não garantiu a proporção de óleo de fritura e banha suína.

Tabela 4 – Composição das dietas referências, formuladas de acordo com as exigências descritas por Rostagno et al. (2005) nas diferentes idades.

Ingrediente (%)	Período Experimental			
	8-10	18-20	28-30	38-40
Milho	55,430	59,540	62,320	66,406
Far. Soja	37,570	34,070	30,550	26,780
Óleo Soja	2,600	2,480	3,460	3,414
Sal	0,000	0,000	0,000	0,000
Fosf. Bic.	2,000	1,903	1,760	1,616
Calcáreo	0,900	0,855	0,810	0,762
Px. Vit.	0,050	0,040	0,030	0,020
Px. Min.	0,050	0,050	0,050	0,050
L-lisina HCl	0,300	0,173	0,188	0,230
DL-Metionina	0,330	0,228	0,217	0,204
L-Treonina	0,110	0,036	0,036	0,048
Clor. Colina	0,050	0,050	0,040	0,020
Lasalocida	0,060	0,060	0,060	0,000
Bacitracina	0,025	0,025	0,025	0,000
Caulin	0,525	0,490	0,454	0,400
Total	100,00	100,000	100,000	100,000
Composição Calculada				
EMAn (Kcal/kg)	2950	3000	3100	3150
Proteína bruta (%)	22,04	20,79	19,41	18,03
Lisina digestível (%)	1,330	1,146	1,073	1,017
M + C digestível (%)	0,944	0,814	0,773	0,732
Treonina digestível (%)	0,865	0,745	0,697	0,661
Sódio (%)	0,0186	0,0187	0,0186	0,0186

Tabela 5 – Composição das glicerinas em teste.

Parâmetro (%)	Glicerinas		
	GBS	GBM	GSP
Umidade e voláteis	16,75	55,44	11,08
Energia bruta (kcal/kg)	3661	4122	3698
Glicerol	70,00	9,92	79,32
Sódio	2,38	1,51	2,16
Metanol (mg/L)	181,31	11,19	20,62
Umidade (Karl Fischer)	12,45	38,95	10,15
pH em solução aquosa	6,05	9,85	5,72

^aAnálises realizadas pelo CBO análises laboratoriais, Campinas – SP.

RESULTADOS

Ensaio 1

Não houve interação entre glicerina e fase ($P > 0,05$) para os valores de EMAn na MS e na MN. A GBM apresentou o maior valor de EMAn na MS (5001 kcal/kg) que as demais glicerinas (3698 e 3678 kcal/kg), que não diferenciaram entre si. Apesar da diferença numérica, na MN as glicerinas não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$). Na tabela 6 são apresentados os valores de EMAn determinados pela metodologia de Matterson et al. (1965). Tanto na MS como na MN, no efeito das idades analisadas foi observado um efeito linear negativo significativo ($P < 0,01$), na Figura 1 é apresentada a análise de regressão da EMAn pela idade das aves na MS e na MN.

Tabela 6 – Valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio das glicerinas determinadas pela metodologia de Matterson et al. (1965) em quatro diferentes idades das aves. Os valores são apresentados na matéria seca (MS) e matéria natural (MN).

Fonte	Idade (dias)				Médias ¹
	8-10	18-20	28-30	38-40	
EMAn (kcal/kg de MS)					
GBS	4045	3731	3500	3518	3698 b
GBM	5144	5811	4970	4079	5001 a
GSP	4193	3714	3257	3547	3678 b
Médias ¹	4461	4419	3909	3715	
EMAn (kcal/kg de MN)					
GBS	3541	3267	3064	3080	3053
GBM	3141	3548	3034	2490	3238
GSP	3767	3337	2926	3187	3304
Médias ¹	3483	3384	3008	2919	

^aMédias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

¹Efeito linear significativo para as idades das aves ($P < 0,01$).

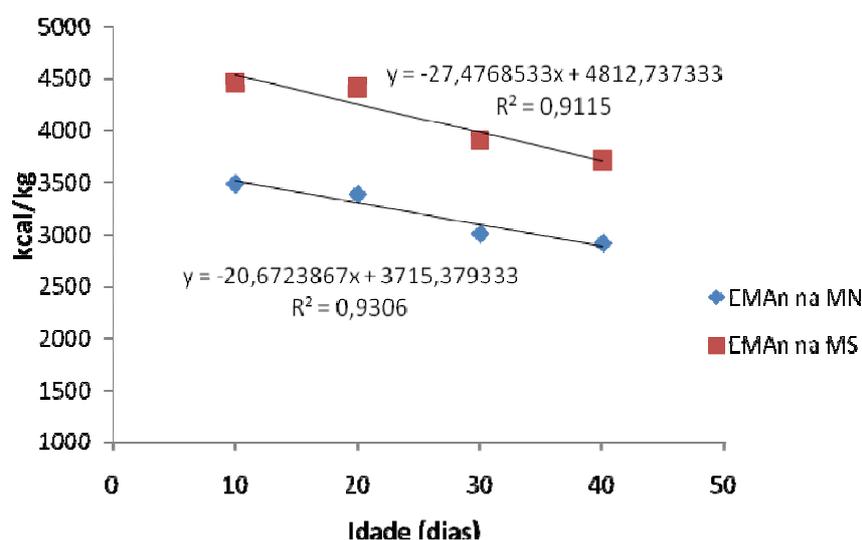


Figura 1 – Valor de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio em kcal/kg na matéria seca e na matéria natural para frangos de corte alimentados com três fontes de glicerina bruta em diferentes idades.

Ensaio 2

Na tabela 8 estão apresentadas as equações ajustadas para as fontes de glicerina nas diferentes idades analisadas. Como determinado pela metodologia de Adeola (2001) a inclinação da reta é o valor de EMAn determinado na MN. Na tabela 9 os valores de EMAn determinados na MS e na MN, numericamente a GBM teve maior valor de EMAn na MS (4822 kcal/kg), seguida pela GSP (3877 kcal/kg) e GBS (3498 kcal/kg). Quando observados na MN, a superioridade da GSP (3483 kcal/kg) permanece sobre a GBS (3062 kcal/kg), mas para a GBM foi observado o pior valor de EMAn na MN (2944 kcal/kg).

Tabela 7 – Equações ajustadas para determinação da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (inclinação da reta) das gliceras e seus respectivos R^2 conforme descrito pela metodologia de Adeola (2001) em quatro diferentes idades das aves. Os valores determinados estão na matéria natural (MN).

Idade	Equação	R^2 (%)
	GBS	
10	$Y = 3270,2x - 168,35$	85
20	$Y = 2884,1x + 271,87$	97
30	$Y = 2873,2x + 540,36$	87
40	$Y = 3223,5x - 230,76$	82
GBM		
10	$Y = 3218,6x - 138,05$	78
20	$Y = 3254,6x - 215,29$	96
30	$Y = 3475,9x - 603,0$	96
40	$Y = 1826,5x + 2068,3$	82
GSP		
10	$Y = 3737,3x - 399,0$	86
20	$Y = 3429,2x - 435,77$	96
30	$Y = 3342,9x - 316,99$	95
40	$Y = 3425,2x - 520,6$	87

Tabela 8 – Valores médios de EMAn (kcal/kg na MS e kcal/kg de MN) determinados pela metodologia de Adeola(2001) das três glicerinas em quatro idades.

Fonte	Idade (dias)				Médias
	10	20	30	40	
EMAn (kcal/kg MS)					
GBS	3735	3294	3281	3681	3498
GBM	5273	5332	5692	2991	4822
GSP	4159	3816	3721	3812	3877
Médias	4388	4147	4244	3553	
EMAn (kcal/kg MN)					
GBS	3270	2884	2873	3223	3062
GBM	3219	3255	3475	1826	2944
GSP	3737	3429	3343	3425	3483
Médias	3409	3189	3230	2825	

Na tabela 9 são apresentados os valores de EMAn em kcal/kg de MS determinados para as glicerinas nas duas metodologias utilizadas. O valor médio de EMAn determinado pelas metodologias foram similares (4126 e 4066 kcal/kg de MS), representando uma diferença aproximada de 1,5% entre elas. Os valores médios determinado pela metodologia de Matterson et al. (1965) foram inferior àqueles determinados pela metodologia de Adeola (2001) somente para a GSP (3678 kcal/kg de MS). No entanto, uma comparação estatística entre as duas metodologias é impossibilitada devido ao número de repetições da segunda metodologia, a qual, pela análise de regressão, gera apenas um valor. Os valores de EMAn das fontes de glicerina foram 3598, 4911 e 3777 kcal/kg de MS ou 3150, 2998 e 3393 kcal/kg na MN para GBS, GBM e GSP, respectivamente.

Tabela 9 – Valores médios de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio retido em kcal/kg de matéria seca e de matéria natural das glicerinas nas duas metodologias utilizadas.

Metodologia	Glicerina			Médias
	GBS	GBM	GSP	
EMAn (kcal/kg de MS)				
Matterson et al. (1965)	3698	5001	3678	4126
Adeola (2001)	3498	4822	3877	4066
Médias	3598	4911	3777	
EMAn (kcal/kg de MN)				
Matterson et al. (1965)	3238	3053	3304	3198
Adeola (2001)	3062	2944	3483	3163
Médias	3150	2998	3393	

DISCUSSÃO

As glicerinas avaliadas neste estudo continham 4181 (GBS), 6752 (GBM) e 4116 kcal/kg (GSP - Genpa[®]) de EB na MS, ressaltando que a composição da glicerina bruta mista de óleo de fritura e banha suína (GBM) está muito fora dos padrões mínimos requeridos para ser considerada uma glicerina bruta segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com uma alta umidade e baixo teor de glicerol (38,95 e 9,92% respectivamente), explicando a grande diferença de EMAn na MN para EMAn na MS (2998 e 4911 kcal/kg). A GBM também apresentou uma resposta incomum no último período experimental (38-40 dias de idade), cujo valor de EMAn foi bastante inferior em ambas metodologias.

Considerando o baixo teor de glicerol, provavelmente por problemas no processo de extração do biodiesel, seu alto valor energético deve ser oriundo da provável alta concentração de triglicerídeos. Essa variação de composição foi observada por Jung (2011) ao avaliar dez diferentes glicerinas, o autor encontrou grande variação de concentração de glicerol

(34,2 a 86,1%), de umidade (7,85 a 34,9%) e gordura (0,01 a 30%) e conseqüentemente no valor energético bruto dessas glicerinas (3337 a 6742 kcal/kg de EB). Nas glicerinas avaliadas pelo autor, quanto menor a concentração de glicerol, maior a concentração de gordura e maior o valor de EB, o mesmo foi observado no presente trabalho para a glicerina (GBM) com menor concentração de glicerol (9,22%), apresentou o maior valor de EB (6751 kcal/kg).

Os valores de EMAn médio na MS nas duas metodologias utilizadas da GBS, GBM e GSP foram 3598, 4911 e 3777 kcal/kg. Dozier et al. (2008) determinou um valor superior de EMAn na MS em relação a GBS e GSP, de 3800 kcal/kg, 202 kcal/kg de diferença para a GBS e uma diferença de somente 23 kcal/kg para o produto GSP, que mesmo possuindo uma concentração de glicerol menor que a glicerina utilizada pelo autor, obteve uma EMAn bem próxima, isso nos mostra que um pequeno processo de purificação já melhora o aproveitamento energético da glicerina bruta.

Nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al, 2011), é apresentado um valor médio de EMAn para glicerinas brutas de 3900 kcal/kg de MS, superior aos valores médios determinado no presente trabalho para a GBS e GSP, uma diferença de 302 e 123 kcal/kg na MS, correspondendo a 8,39 e 3,26% de diferença, respectivamente. Segundo Gianfelici (2009), o valor de EMAn da glicerina bruta estudada pelo autor foi de 3561 kcal/kg de MS, valor muito similar ao encontrado para GBS e inferior ao encontrado para o GSP. Considerando que o glicerol é o principal nutriente responsável pelo fornecimento da energia das glicerinas, e segundo Dozier et al. (2008) a metabolização do glicerol é quase total, a diferença nos valores energéticos entre as glicerinas pode ser explicado pelo teor de glicerol das mesmas. A respeito das glicerinas avaliadas no presente trabalho, temos uma diferença de mais de 9% no teor de glicerol, gerando uma diferença de 179 kcal/kg de MS entre a GBS e GSP.

Lammers et al. (2008) determinou a EMAn de uma glicerina (86,95%

de glicerol, 9,22% de umidade e 3993 kcal/kg na MS de EB) para poedeiras em 4191 kcal/kg expressos na MS, valor bem superior aos encontrados pelos autores citados anteriormente e os valores encontrados neste estudo, mostrando uma capacidade superior das poedeiras em metabolização da glicerina bruta.

Os valores de digestibilidade da energia bruta encontrado em diferentes trabalhos demonstram que há uma grande variação de digestibilidade da glicerina, impossibilitando uma indicação fixa de valor de digestibilidade da energia bruta. Nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al, 2011) assim como Menten (2008) consideram a EMAn de uma glicerina bruta em 95% da sua energia bruta, mesmo valor de digestibilidade encontrado por Dozier (2008), mas que não corrobora com os determinados neste trabalho, de 86, 73 e 92% de aproveitamento da EB das fontes de GBS, GBM e GSP, respectivamente. Gianfelici (2009) e Oliveira (2010) encontraram valores de digestibilidade da EB de 84 e 85%, valores similares ao determinado neste trabalho para a GBS. Lammers et al. (2008) determinaram que galinhas poedeiras tiveram um aproveitamento da EB de uma glicerina bruta em 105%, valor superior, mostrando que a espécie também irá influenciar na digestibilidade da EB.

Entre as metodologias obteve-se uma variação de 200, 179 e 199 kcal/kg de MS para GBS, GBM e GSP, sendo a metodologia de Matterson et al. (1965) numericamente superior a metodologia de Adeola (2001), 4126 kcal/kg contra 4060 kcal/kg de MS, uma pequena diferença de 66 kcal/kg de MS.

CONCLUSÕES

Os valores de EMAn expresso na matéria seca para as fontes estudadas foram de 3598 kcal/kg para a glicerina bruta oriunda de óleo de soja, 4911 kcal/kg para a glicerina bruta mista de óleo de fritura e banha suína e 3777 kcal/kg para glicerina semi-purificada (Genpa[®]), um aproveitamento de 86, 73 e 92% da energia bruta, respectivamente. Conclui-se que a glicerina é uma boa fonte de energia para frangos de corte.

REFERÊNCIAS

ADEOLA, O. 2001. **Digestion and balance techniques in pigs**. Pages903–

916 in Swine Nutrition, 2nd ed. A. J. Lewis and L. L. Southern. CRC Press, New York, NY.

BARTELT, J SCHNEIDER, D. **Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig.** In: Union for the promotion of oilseeds-scheiften (Heft, 17). Union Zur Forderung Von Oel-Und Proteinplafalzen E. V., 2002, Berlin, Germany, p. 15-36.

CERRATE, S., YAN, F.; WANG, Z.; COTO, C.; SACAKLI, P.; WALDROUP, P. W. **Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers.** Int. J. Poult. Sci, 2006. 5:1001–1007.

COBB. **Suplemento de Crescimento e Nutrição para Frangos de Corte.** Cobb-Vantress Brasil, 2008.

DOZIER, W. A.; KERR, B. J.; CORZO, A.; KIDD, M. T.; WEBER, T. E.; BREGENDAHL, K. **Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens.** Poult. Sci, 2008. 87:317–322.

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

JUNG, B.; BATAL, A.B.. **Nutritional and feeding value of crude glycerin for poultry. 1. Nutritional value of crude glycerin.** 2011 J. Appl. Poult. Res. 20:162-167, 2011.

LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; DOZIER, W. A.; KIDD, M. T.; REGENDAHL, K.; HONEYMAN, M. S. **Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs.** J Anim Sci, 2008b. 86:602-608.

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

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable energy of feeds ingredients for chickens.** Connecticut: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11 p. (Research Report, 7).

OLIVEIRA, D.D.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; OBA, A.; NOVAIS, A.K.; MOREIRA, C.A.. **Valores de energia metabolizável da torta de girassol e da glicerina em frangos de corte.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010,

Salvador. Anais... Salvador: SBZ, 2010. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, P.B.; MARTINEZ, R.S.; FREITAS, R.T.F. de;
BERTECHINI, A.G.; FIALHO, E.T. **Influência do tempo de coleta e
Metodologias sobre a digestibilidade e o valor energético de rações para
aves.** R. Bras. Zootec., v.34, n.3, p. 882-889, 2005.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. **Tabelas brasileiras
para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais.**
Viçosa: UFV/DZO, 2005. 186p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. **Tabelas brasileiras
para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais.**
Viçosa: UFV/DZO, 2011. 286p.

SAEG. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG.** Versão 8.0.
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Viçosa, MG, 2000.
142p.

ANEXOS

Tabela 1 – Análise de variância da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) na matéria seca e na matéria natural no ensaio 1.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
EMAn na MS				
Glicerina (G)	2	11498227,75908	20,410	0,0000
Idade (I)	3	2070595,553009	3,675	0,0183
<i>Regressão Linear</i>	1	5662331,018261	10,051	0,003
<i>Regressão Quadrática</i>	1	86836,19094	0,154	0,696
<i>Regressão Cúbica</i>	1	462619,449825	0,821	0,369
G*I	6	784364,077227	1,392	0,2371
Erro	48	563358,440402		
Total corrigido	59			
CV, %	18,19			
EMAn na MN				
Glicerina (G)	2	338729,490062	1,344	0,2704
Idade (I)	3	1148037,136984	4,555	0,0069
<i>Regressão Linear</i>	1	3205106,778721	12,717	0,001
<i>Regressão Quadrática</i>	1	402,175260	0,002	0,968
<i>Regressão Cúbica</i>	1	238602,456972	0,947	0,335
G*I	6	334483,013813	1,327	0,2636
Erro	48	252026,793209		
Total Corrigido	59			
CV, %	15,70			