PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Glicerina na alimentação de frangos de corte

Michelle Lopes¹, Paula Gabriela da Silva Pires², Juliana Klug Nunes³, Víctor
Fernando Buttow Roll⁴, Marcos Antônio Anciuti⁵

¹ Mestranda em produção animal/ zootecnia

² Médica Veterinária

³ Pós-doutoranda no programa de Zootecnia / UFPEL

⁴ Professor adjunto UFPEL

⁵ Professor Adjunto IFSUL

Resumo

Embora existam muitas pesquisas visando o uso de alimentos alternativos na alimentação animal, as dietas ainda são formuladas a partir do milho e do farelo de soja, principais fontes energética e proteica, respectivamente. No entanto, para melhor balanceamento energético, é necessária a inclusão de óleo vegetal e/ou gordura nas rações. No Brasil a utilização da glicerina foi permitida pela resolução nº 386, de 1999. A glicerina é um composto orgânico presente em todos os óleos e gorduras de origem animal e vegetal; é um subproduto resultante da produção industrial do biodiesel, através da transesterificação, ou seja, reação química entre lipídeos, óleos ou gorduras e alcoois; é considerada um aditivo alimentar rico em energia e com alta eficiência de metabolização pelos animais. Os pesquisadores indicam a inclusão de 10% de glicerina na dieta inicial e até 5% de glicerina nas demais dietas

para frangos de corte. A ave é capaz de aproveitar a energia da glicerina melhorando índices zootécnicos como ganho de peso e conversão alimentar.

Palavras-Chave: glicerina, frangos, desempenho, alimento alternativo.

Glycerin for broilers nutrition

Abstract

Although there are many researches in the use of alternative foods in animal nutrition, diets are still made from corn and soybean meal, the main sources of energy and protein, respectively. However, for a better energy balance, it is necessary to include vegetable oil and/ or fat in feed. In Brazil the use of glycerin was permitted by Resolution No. 386 of 1999. Glycerin is an organic compound present in all oils and fats of animal or vegetable origin, and is a byproduct resulting from the industrial production of biodiesel by transesterification, or chemical reaction between lipids, oils or fats and alcohols, is considered a food additive rich in energy and high efficiency of metabolism by animals. The researchers suggest the inclusion of 10% glycerol in starter diet and up to 5% glycerin on the other diets for broilers. The bird is able to harness the energy of glycerin improve indexes such as weight gain and feed conversion.

Keywords: glycerin, broilers, performance, alternative feed.

Introdução

O milho, no Brasil, é o ingrediente energético de fundamental importância na alimentação animal e cerca de 80% da produção nacional é destinada a elaboração de rações para animais (LIMA, 2005). Na avicultura de corte, o milho compõe 60% da ração na fase inicial, correspondendo, aproximadamente, a 65% da energia metabolizável e 22% da proteína (DALE, 1994).

Muitos pesquisadores dedicam seus estudos em busca de alimentos alternativos que se enquadrem, primeiramente, nas exigências fisiológicas dos

animais e finalmente nas condições de mercado. Um ingrediente que possui valores energéticos semelhantes ao do milho (3434 kcal/Kg glicerina e 3881 kcal/kg milho) (DOZIER et al., 2008) e que pode ser empregado na dieta de frangos de corte é a glicerina bruta, derivada do biodiesel (CERRATE et al., 2006; MENTEM et al., 2008).. Segundo Gonçalves et al. (2006) para cada 90 m³ de biodiesel extraído ocorre a produção de 10 m³ de glicerina.

De acordo com Arruda et al., (2007), a glicerina é considerada atóxica no organismo animal, desde que sua utilização respeite os limites estipulados e recomendados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). O MAPA, estipula que o ingrediente ao ser adicionado na dieta deve conter no máximo 150 mg/kg de metanol, 13% de umidade e no mínimo 80% de glicerol.

No estudo realizado por Cerrate et al (2006), além da função energética, a glicerina adicionada na dieta pode auxiliar no metabolismo proteico por agir sobre a retenção de aminoácidos ou nitrogênios, favorecendo a maior deposição da proteína corporal. Além disso, ela participa da osmorregulação (WANG et al, 2001), auxilia na termorregulação do corpo e que pode estar relacionada com a variação da glicemia (YANG et al 1999).

A glicerina é proveniente dos biocombustíveis e o glicerol (substância pura) é produto do metabolismo da glicerina (DOZIER et al., 2008) que segundo Ramos et al (2000) apresenta na sua composição 80 a 95% da quantidade variável do glicerol.

Objetivou-se com esta revisão abordar a importância e o metabolismo da glicerina e as formas de suplementação desta na dieta de frangos de corte.

Biodiesel

O Brasil é referência em produção de combustíveis limpos ou biocombustíveis, substituindo compostos derivados de petróleo por produtos renováveis (OLIVEIRA et al 2006). Em 2010, segundo a Agência Nacional do Petróleo (2011) a produção de biodiesel foi de 2,4 bilhões de litros e a produção de glicerina B100 foi de 257,91 m³ (Tabela 1).

Tabela 1– Glicerina gerada na produção de biodiesel (B100) por regiões do Brasil no ano de 2010

Regiões	Glicerina gerada na produção de biodiesel - B100 (m³)											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Brasil	16,690	19,928	22,499	21,074	20,780	21,212	23,363	25,242	24,717	21,569	21,419	19,418
Região Norte	984	1,115	1,278	1,305	1,353	687	841	1,194	3,851	1,023	905	700
Região Nordeste	1,528	1,882	2,551	1,868	1,707	1,403	1,079	1,311	1,241	1,672	1,355	619
Região Sudeste	3,241	4,264	4,159	3,408	4,650	4,174	4,333	4,709	3,718	3,535	4,515	5,185
Região Sul	4,173	3,726	4,179	4,286	4,992	4,431	6,014	6,021	5,792	5,073	5,257	5,765
Região Centro-Oeste	6,764	8,941	10,332	10,207	8,078	10,517	11,096	12,007	10,115	10,266	9,387	7,149

Fonte: ANP/SPP, conforme Resolução ANP nº 17/2004.

O biodiesel é um biocombustível quimicamente determinado como um mono alquil éster de ácidos graxos de cadeia longa originado através do processo de transesterificação (Figura 1), principalmente entre óleos vegetais e alcoóis (metílico ou etílico). A equação global de transesterificação necessita três moles de álcool por cada mol de triacilglicerol e quando finaliza o processo, tem como resultado 100 mililitros de glicerina para cada litro de biodiesel produzido (KERR et al, 2008).

Fonte: Parente, Expedito – *Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado* – Disponível em: www.tecbio.com.br.

Figura 1. Fluxograma de produção do biodiesel.

No Brasil, conforme o boletim mensal do biodiesel (ANP, 2012), as matérias primas utilizadas para a produção de biodiesel são: óleo de soja ou plantas oleaginosas (80,09%) (Figura 2), gordura bovina (14,41%), óleo de algodão (3,08%), óleo de frituras (0,71%), gordura de suínos (0,57%) e de frangos

(0,01%). As substâncias básicas são as mais utilizadas como catalisadores da reação de transesterificação (THOMPSON & HE, 2006) e as mais utilizadas são os hidróxidos de sódio e de potássio, os etóxidos, os metóxidos e os carbonatos e as usadas em menor escala são o potássio, os propóxidos e os butóxidos de sódio (LOFRANO, 2008). Os catalisadores atuam modificando os triacilgliceróis em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos, tendo como resultado a glicerina (KUCEK, 2004).

Figura 2. Extração de biodiesel de plantas oleaginosas

Fonte: Adaptado de Kerr et al., 2008.

Glicerol e glicerina

Quimicamente o composto puro é denominado glicerol ou 1,2,3 propanotriol, enquanto que a glicerina é estabelecida pelo uso purificado de compostos comerciais, contendo quantidades variáveis de 80 a 95% de glicerol (MORRISON, 1994).

O glicerol ($C_3H_8O_3$) é encontrado nos óleos e nas gorduras; é uma substância química incolor, doce, límpida, inodora e viscosa; possui peso molecular de 92,09, peso específico, a 25 °C, de 1,249 kg/dL e ponto de ebulição a uma atm de 290°C (IUPAC, 1993). Esta substância está presente no metabolismo

animal , é resultante da hidrólise dos triacilglicerois das lipoproteínas do sangue e é também proveniente da gordura dietética (FELIZARDO, 2003).

A partir de 1959, a glicerina foi considerada um aditivo alimentar número 422 (GSFA, 2007), sendo incluída em vários alimentos e utilizada para diversas espécies de animais. No Brasil a sua utilização foi permitida pela resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999 (COSTERANO, 2009). Nos Estados Unidos a glicerina possui aplicação na indústria de alimentos como aditivo alimentar e é considerada dentro do status GRAS, ou seja, é reconhecida como alimento seguro (MENTEN et al, 2008). Já na Europa a glicerina é registrada diretamente como aditivo alimentar e não há limites para sua adição nas dietas (PIESKER & DERSJANT-LI, 2006).

As características físicas, químicas e nutricionais da glicerina variam conforme o tipo de ácido graxo utilizado (gordura animal ou óleo vegetal), catálise química empregada e eficiência dos equipamentos utilizados no processo de extração do biodiesel (KERR et al., 2007). Diferenças no valor da energia da glicerina podem ser observados pelo fator ligado a pureza da amostra, pois a presença do metanol, cloreto de sódio e cloreto do potássio são compostos que podem ser encontrados em diferentes concentrações como consequência das atuais técnicas utilizadas na extração do biodiesel (LAMMERS et al., 2007).

O processo químico, para a glicerina tornar-se pura, ou seja, encontrar-se livre de água, catalisador (ácido ou básico), álcool, ácidos graxos, ésteres, propanodios, impurezas provindas dos reagentes, monoésteres, oligômeros de glicerina e polímeros, há a necessidade de processos complexos e caros (PINTO et al., 2008). Sendo assim uma alternativa viável e de baixo custo seria utilizar a glicerina como ingrediente energético na alimentação de frangos de corte e de suínos em crescimento e terminação (MENTEM et a., 2008; BERENCHTEIN (2008).

Dozier et al., (2008) recomendam o uso da glicerina como alimento alternativo aos carboidratos comumente utilizados na dieta de frangos de corte. Waldroup (2006) concluiu que não houve interferência da adição de até 10% de glicerina na dieta, sobre o desempenho produtivo, de frangos de corte até 16 dias de

vida. Entretanto, o mesmo autor enfatizou em seu estudo que o nível de glicerina usado em todas as dietas, até o abate, não pode ultrapassar 5%, pois o valor superior afeta o consumo de ração.

Cerrate et al (2006) afirmam que o excesso de glicerina é prejudicial, pois o metanol é tóxico aos animais e pode causar cegueira em frangos de corte. Essa toxidez ocorre, possivelmente, por causa da mobilização em formaldeído, que acarreta efeitos nocivos nas células da retina. Com o uso da glicerina nas dietas, o sódio também deve ser controlado, para não ocorrer desbalanço eletrolítico nas aves.

Metabolismo da glicerina

A glicerina quando inserida no metabolismo dos lipídeos pode ser considerada uma fonte de energia para as aves. Durante o metabolismo as gorduras são digeridas e como resultado são produzidos duas moléculas de ácidos graxos e uma de monoglicerídeo. Quando a digestão é completa três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol são formadas, sendo esta última, por seu baixo peso molecular, facilmente absorvida por difusão. Logo, a síntese endógena de ácidos graxos é poupada e a ave pode aproveitar a energia da glicerina para os propósitos produtivos que se propõe, melhorando índices zootécnicos produtivos como ganho de peso e conversão alimentar. Quando já absorvido, o glicerol pode ser transformado em glicose, via gliconeogênese, ou oxidado, com a finalidade de produção energética, via glicólise e ciclo de Krebs (ROBERGS & GRIFFIN, 1998).

De acordo com Kato et al (2005) a enzima glicerol quinase, encontrada em sua totalidade no fígado e rins, pode oxidar a glicerina para obtenção de energia ou convertê-la em glicose, e é responsável pela degradação e síntese do glicerol, proveniente da glicerina, é a glicerol quinase. O glicerol, em excesso, reduz a utilização de nutrientes, pois a digestão se torna mais rápida e é excretado pela urina (GIANFELICI, 2009). O glicerol, no fígado e no tecido adiposo, é precursor para a síntese de triacilgliceróis e de fosfolípidos. No organismo vivo a forma de absorção da glicerina ocorre a partir de moléculas menores e

existem dois mecanismos de absorção, transporte ativo e passivo (KATO et al 2004). Após absorvido, no organismo animal, o glicerol é metabolizado a glicerol-3-fosfato e aos intermediários da glicólise, dihidroxiacetona fosfato e gliceraldeído-3-fosfato (Figura 3).

Figura 3. Metabolização hepática do glicerol.

Fonte: LEHNINGER, 2000.

Em estudos com frangos de corte Simon et al (1996) obtiveram nível de 0,65 mM de glicerol plasmático quando na dieta não havia glicerina. Ao elevarem a concentração de glicerina para 5% a variação de glicerol plasmático elevou-se para 4,36 mM e variou de 11 a 54 mM quando a concentração de glicerina chegou a 10% na dieta. Relacionando a concentração de 10% de glicerina na dieta de frangos de corte, Simon et al (1997) perceberam variações no fígado das aves, tendo um aumento de 18 $\mu\text{mol/g}$ para 40 $\mu\text{mol/g}$, o que indicou que a concentração máxima tem que ser cuidada, para não ultrapassar a capacidade do sistema enzimático. Já no músculo do peito das aves, os pesquisadores verificaram um aumento de 0,44 $\mu\text{mol/g}$ para 7,7 $\mu\text{mol/g}$ com a utilização de 10% de glicerina na dieta.

O destino metabólico da glicerina é dependente do estado metabólico em que se encontra o animal, variando, principalmente, de acordo com o tecido e com o estado nutricional. A glicerina pode ser utilizada como esqueleto carbônico para gliconeogênese, transferência de equivalentes redutores do citosol para mitocôndria ou como precursor da síntese de triacilglicerois. Porém, as diferentes variedades na composição química da glicerina podem interferir nos resultados relacionados ao desempenho zootécnico dos animais, tornando importante o conhecimento sobre os níveis adequados desse ingrediente que será adicionado na dieta das aves.

Glicerina na dieta de frangos de corte

A utilização da glicerina na dieta de frangos de corte se deve ao alto valor energético, uma vez que os valores de energia metabolizável determinados para a glicerina (3434 kcal/kg (DOZIER et al., 2008) são semelhantes ao do milho (3381 kcal/kg) (ROSTAGNO et al., 2005).

Com relação a diferentes concentrações de glicerina incluída nas dietas de frangos de corte, Simon et al. (1996), verificaram a interferência da adição de 5, 10, 15, 20 e 25% de glicerina na dieta sobre o desempenho das aves e concluíram que a adição de até 10% deste composto não prejudicou o desempenho dos animais, logo pode ser uma fonte de energia para manutenção e crescimento das aves. Entretanto, observaram que a concentração de 25% de glicerina na dieta interferiu negativamente no desempenho dos frangos de corte, causando modificações no epitélio do papo, rins e fígado. Concordando com os autores, CERRATE et al. (2006) ao empregarem as doses de 0, 5 e 10% de glicerina na dieta de frangos de corte, até 14 dias de idade, verificaram que a inclusão de até 10% não afetou o desempenho das aves; Waldroup (2007) avaliou a adição de até 10% de glicerina na dieta de pintinhos até 16 dias de idade e não verificou prejuízo no desempenho dos animais.

Comparando dietas para frangos de corte, com e sem inclusão de glicerina, VIEIRA et al. (2002) observaram maior ganho de peso e melhor conversão

alimentar dos frangos alimentados com dietas suplementadas com glicerina quando comparadas à dieta não suplementada.

Dozier et al (2008) avaliaram três diferentes períodos de desenvolvimento de frangos de corte com distintas concentrações de glicerina na dieta. Os períodos foram de 4 a 11 dias de idade (fase inicial), fazendo uso de dietas com 0 e 6% de glicerina e de 17 a 24 (fase de crescimento) e de 38 a 42 dias de idade (fase final), onde utilizaram dietas com 0, 3, 6 e 9% de glicerina. Os valores de energia metabolizável obtidos, para a fase inicial, de crescimento e final, foram 3621, 3331 e 3349 kcal/kg, respectivamente. Os pesquisadores concluíram que a utilização de glicerina pelos frangos de corte foi eficiente, uma vez que não houve diferença significativa entre os valores de energia obtidos o que demonstrou a grande capacidade de metabolização e absorção da glicerina pelas aves.

Menten et al (2008) avaliaram o farelo de soja enriquecido com 10% de glicerina bruta (81,47% de glicerol, 153 ppm de metanol e 2,4% de sódio) na dieta de frangos de corte e constataram que esse alimento pode ser utilizado durante todo o período de criação sem afetar o desempenho das aves. Os autores exaltam também a importância necessária de ajustes nutricionais em termos de energia, aminoácidos e sódio.

Conclusões

A glicerina é um aditivo alimentar rico em energia e com alta eficiência de metabolização pelos animais. Os pesquisadores indicam a inclusão de 10% de glicerina na dieta inicial e até 5% de glicerina nas demais dietas para frangos de corte. A ave é capaz de aproveitar a energia da glicerina melhorando índices zootécnicos como ganho de peso e conversão alimentar.

Referências

Agência Nacional de Petróleo – **ANP**. O que são biocombustíveis- Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?id=470>. Acesso em: 07/08/2012.

Agência Nacional de Petróleo – **ANP**. Boletim Mensal de Biodiesel. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=61095&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1344417641142>. Acesso em: 07/08/2012.

Agência Nacional de Petróleo – **ANP**. Boletim Mensal de Biodiesel. Disponível em: [HTTP.www.anp.gov.br/biodiesel/boletim](http://www.anp.gov.br/biodiesel/boletim)> acesso em 17/05/2012.

ARRUDA, P.V.; RODRIGUES, R.C.L.B.; FELIPE, M.G.A. 2007. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Revista Analytica**. Nº26.

BERENCHTEIN, B. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. 2008. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Programa Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Cerrate, S.; Yan, F.; Wang, Z.; Coto, C.; Sacakli, P.; Waldroup, P.W. 2006. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, 11:1001-1007.

COSTENARO, H.S. 2009. Hidrólise ácida e retirada de sais da glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel. 135f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo, São Paulo.

DALE, N. 1994. Efeitos da qualidade no valor nutritivo do milho. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, Santos-SP, 1994. *Anais...* Campinas: FACTA, p.67-72.

DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A.; et al. 2008. Apparent Metabolizable Energy of Glycerin for Broiler Chickens. **Poultry Science**. 87:317–322.

FELIZARDO, P.M.G. 2003. PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEOS USADOS DE FRITURA. Relatório de estágio submetido ao Departamento de Engenharia Química para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Química do Instituto Superior Técnico.

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

GONÇALVES, V.L.C. 2006. Biogasolina: Produção de éteres e ésteres de glicerina. In: **CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL**, 1., 2006, Brasília. *Anais...* Brasília: Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica, p.14-19.

GSFA. Normas alimentares FAO/OMS: Codex para los aditivos alimentarios. In: reunión de la comisión del códex alimentarius, 31., 2008, Geneva. Informe. Geneva: codex alimentarius, 2007. Disponível em: <http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/additives/details.html?id=62&l>. Acesso em: 03/07/2012

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (**IUPAC**) 1993. Disponível em: <http://www.iupac.org>. acesso em 02 junho de 2012.

KATO, T.; HAYASHI, Y.; INQUE, K. et al. 2004. Functional characterization of the carrier-mediated transport system for glycerol in everted sacs of the rat small intestine. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, Tokyo, V.27, n.11, p 1826-1830.

KATO, T.; HAYASHI, Y.; INQUE, K. et al. 2005. Glycerol Absorption by Na-Dependent Carrier-Mediated Transport in the Closed Loop of the Rat Small Intestine. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 3:553-555.

KUCEK, K.T., 2004. Mestrado em química orgânica- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 123 p.

LAMMERS, P.J; HONEYMAN, M.S; BREGENDAHL, K. 2007. Iowa State University Animal Industry Report Energy Value of Crude Glycerol Fed to Pigs. Disponível em: <http://www.ans.iastate.edu/report/air/2007pdf/R2225.pdf> Acesso em; 29 de junho de 2012.

LIMA, G.J.M.M. 2005. Qualidade nutricional do milho: situação atual e perspectivas. In: Seminário **ABRAVES**-Planalto Serrano, 3, 2005, Lages, SC. Lages: ABRAVES, Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/abrades-sc/artigos.html#n9>> Acesso em: 20/05/2012.

LOFRANO, R.C.Z. 2008. Uma revisão sobre biodiesel. *Revista Científica do UNIFAE*, v.2,n.2.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina. Disponível em: http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972 Itemid=1. Acesso em: 05/07/2012.

MENTEN JFM, MIYADA VS, BERENCHTEIN B. 2008. Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos. Campinas,SP:Colégio Bras. de Nutrição Animal. p.101-14.

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

OLIVEIRA, L.B.; MUYLAERT, M.S., ROSA, L.P; BARATA, M.; ROVERE, E. 2006. **Renew. Sust. Energ. Rev.** DOI: 10.1016/j.rser.10.013

PIESKER, M.e Y. DERJANT-LI. 2006. Glycerol in Animal Nutrition- Versatile co-production Feedmagazine Kraftfutter.

PINTO, A.C.; GUARIEIRO, L.L.N.; REZENDE, M.J.C.; RIBEIRO, N.M.; TORRES, E.A.; N.A.; PEREIRA, P.A.; ANDRADE, J.B. 2008. Produção Brasileira de biodiesel. **Journal of the brasilian chemical society**, Campinas, v. 16, p. 1313.

PUCCI, L.E.; RODRIGUES A; P.B, FREITAS, BERTECHINI, R.T.F; A.G, CARVALHO, E. M. 2003.Níveis de Óleo e Adição de Complexo Enzimático na Ração de Frangos de Corte; R. Bras. Zootec., v.32, 4:909-917.

ROBERGS, R.A. E S.E. GRIFFIN. 1998. Glycerol: **biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications**. *Sprts.Med.* 26:145-167.

ROSTAGNO, H.S. 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. Viçosa: UFV, Depto. de Zootecnia, 186 p.

KERR, B. J. 2007. Feeding bioenergy coproducts to swine. Sheffield: Iowa State University, University Extension, 2007. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/publications/IPIC11b.pdf>> Acesso em: 13/05/2012.

KERR, B.J.; Honeyman, M.; LAMMERS, P. 2008. Feeding bioenergy coproducts to swine. Iowa Pork Industry Center.

RAMOS, L.P. 2000. Aproveitamento integral de resíduos agrícolas e agroindustriais. Disponível em: http://www.asfagro.org.br/trabalhos_tecnicos/biodiesel/combustivel. Acesso em: 01 de junho de 2012.

SIMON, A.; BERGNER, H.; SCHWABE, M. 1996. Glycerol as a feed ingredient for broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, Berlin, v. 49, n. 2, p. 103-112.

SIMON, A.; SCHWABE, M.; BERGNER, H. 1997. Glycerol supplementation in broiler rations with low crude protein content. *Archives of Animal Nutrition*, Berlin, v. 50, n. 3, p. 271-282.

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

USDA- United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Grain: world markets and trade. Washington: USDA, 2008. (Circular Series FG 01-08) Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/grain/circular/2008/03-08/grainfull0308.pdf>. Acesso em: 30/07/2012

VIEIRA, S. L.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. M.; FERNANDES, L. M.; EBERT, A. R.; EICHNER, G. 2002. Utilização da energia de dietas para frangos de corte formuladas com óleo ácido de soja. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 4, p. 127-139.

YANG, X.J.; KOW, L.M.; FUNABASHI, T. et al. 1999. Hypothalamic glucose sensor: similarities to and differences from pancreatic beta-cell mechanisms. **Diabetes**. 48:1763-1672.

WALDROUP, P. 2006. Glycerine, a byproduct of biodiesel production, can be used as a dietary supplement for growing broiler chickens. University of Arkansas. Arkansas Agricultural Experiment Station.

WALDROUP, P.W. 2007. Glicerine and DDGS: biofuel by-products for broilers. 15^a Annual ASAIM Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop, Indonesia.

WANG, Z.X.; ZHUGE, J.; FANG, H.; et al. Glycerol production by microbial fermentation: A review. In: **Biotechnology Advances** v.19, p.201-223, 2001.