

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.7, n.1, p.174-179, jan.-mar., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i1a1501

Protocolo 1501 – 27/04/2011 \*Aprovado em 16/09/2011

Dacley H. Neu<sup>1</sup>

Wilson M. Furuya<sup>2,6</sup>

Wilson R. Boscolo<sup>3,6</sup>

Guilherme W. Bueno<sup>4</sup>

Flávia R. Potrich<sup>5</sup>

Aldi Feiden<sup>3,6</sup>

# Energia digestível de diferentes fontes de glicerol para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

## RESUMO

O glicerol é um subproduto da indústria do biodiesel e pode fornecer energia para animais quando incluso nas dietas. Este estudo foi realizado com o objetivo de determinar os valores de energia digestível de diferentes fontes de glicerol para a tilápia do Nilo. Foram utilizados 40 peixes com peso médio de  $343,1 \pm 77,7$  g, distribuídos em quatro tanques de 180 litros com fundo cônico, num delineamento experimental em quadrado latino. Foram confeccionadas quatro dietas experimentais, sendo uma referência e três testes, compostas com a inclusão de 20% do alimento teste e 80% da dieta referência. Como indicador, foi utilizado o óxido de cromo<sup>III</sup> (0,1% da dieta). Os gliceróis avaliados foram: glicerol bruto óleo vegetal (GBV); glicerol semi-purificado misto (GSM); e glicerol semi-purificado vegetal (GSV), em que foram obtidos os valores de energia digestível de 3058; 2610; 1754 kcal kg<sup>-1</sup>, respectivamente, não sendo observadas diferenças entre os valores de energia digestível dos gliceróis GBV e GSM, que foram superiores ao GSV.

**Palavras-chave:** Aquicultura, digestibilidade, energia alternativa, resíduo, subproduto do biodiesel.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá - UEM, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Av. Colombo, 5790 – Bloco J45, Campus Universitário, CEP 87020-900, Maringá-PR, Brasil. Fone: (44) 3261-8948/8960. Fax: (044) 3261-8977. e-mail: dacley\_pesca@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Zootecnia, Campus Uvaranas, Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, Uvaranas, CEP 84030-900, Ponta Grossa-PR, Brasil. Fone: (42) 3220-3761. E-mail: wmfuruya@uepg.br

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMaQ, Campus Toledo, Rua da Faculdade, 645, Jardim La Salle, CEP 85903-000, Toledo-PR, Brasil. Caixa Postal 520. Fone: (45) 3379-7082 Ramal 345. Fax: (45) 3379-7002. E-mail: wilsonboscolo@hotmail.com; aldifielden@gmail.com

<sup>4</sup> Ministério da Pesca e Aquicultura, Quadra 2, Lote 10, Bloco J, Edifício Calton Tower, 8º andar, Setor Bancário Sul, CEP 70070-120, Brasília-DF, Brasil. Fone: (61) 2023-3609. Fax: (61) 3225-4773. E-mail: guilhermezoo@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Instituto Água Viva de Pesquisa e Extensão em Aquicultura e Pesca, Seti. Rua: Verbo Divino, 266, Jardim Santa Maria, CEP 85903-140, Toledo-PR, Brasil. Fone: (45) 3378-6410. E-mail: flaviapotrich@hotmail.com

<sup>6</sup> Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

## Digestible energy values of different glycerol sources for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

## ABSTRACT

Glycerol is a biodiesel industry byproduct and it can provide energy for animals when included in diets. This study was carried out to determine the digestible energy values of different sources of glycerol for Nile tilapia. Forty fish weighing, in average,  $343.1 \pm 77.7$  g were distributed in four 180 liter tanks with a coned bottom, in a randomized Latin Square Design. Four experimental diets were prepared: one reference and three test diets containing 20% of the test meal and 80% of the reference diet. Chromic oxide<sup>III</sup> was used as indicator (0.1% diet). The glycerol sources evaluated were: crude vegetable oil glycerol (GBV); semi-purified mixture glycerol (GSM); and semi-purified vegetable glycerol (GSV), in which the digestible energy values of 3058; 2610 and 1754 kcal kg<sup>-1</sup> were obtained, respectively, without differences between the digestible energy of glycerol GBV and GSM, which were higher than GSV.

**Key words:** Aquaculture, digestibility, alternative energy, waste, biodiesel byproduct.

## INTRODUÇÃO

A tilápia-do-nilo (*O. niloticus*) é a espécie de peixe dulcícola mais cultivada no Brasil (Ostrensky et al., 2008). Apresenta rusticidade no manejo, rápido crescimento, qualidade de carne e boa aceitação pelo mercado consumidor (Hayashi et al., 1999).

O alto custo com alimentação, que pode ultrapassar 50% (Firetti & Sales, 2004), tem colaborado para aumentar pesquisas com avaliação de alimentos alternativos e subprodutos industriais.

O conhecimento da digestibilidade das matérias primas utilizadas na elaboração das dietas é uma importante ferramenta para aferir a qualidade de um ingrediente, apontando o seu valor nutricional, bem como para determinar a parcela dos nutrientes não disponíveis que irão fazer parte dos resíduos acumulados no meio aquático (Furuya et al., 2001).

O estudo de alimentos alternativos fornece subsídios para a fabricação de rações menos onerosas e de qualidade nutricional similar para que proporcionem desempenho produtivo semelhante ao daquelas formuladas com alimentos convencionais (Signor et al., 2007). Devido à grande quantidade de oleaginosas existentes passíveis de serem utilizadas para a indústria processadora (Abdalla et al., 2008), gerando uma quantidade de produtos que pode ser aplicável para a alimentação animal, o aproveitamento desses subprodutos torna-se interessante pela viabilidade econômica das empresas, por fornecer um produto secundário a preço inferior e de maneira sustentável.

O glicerol desempenha um papel fundamental no metabolismo (Min et al., 2010), sendo um componente estrutural importante de triglicerídeos e fosfolípidios, fornecendo energia nas vias glicolíticas e dos ácidos carboxílicos (Lin, 1977). É um produto com papel osmorregulador, ou seja, tem como finalidade restabelecer e manter o volume normal de pressão, e a atividade das células (Rep et al., 1999). Mourot et al. (1994) e Kijora & Kupsch (1996) verificaram a menor perda de água do músculo de suínos em crescimento, e relacionaram este fato à capacidade do músculo em reter água do tecido. Para peixes, embora tenha havido acréscimo de água no filé, a umidade não diferiu para os animais que receberam ou não glicerol na dieta (Neu, 2011).

O glicerol é um subproduto da indústria do biodiesel que muitas vezes é descartado, tornando-se um poluente, e seu uso na alimentação animal pode contribuir na diminuição do impacto ambiental (Costa Neto et al., 2000). Estima-se que a cada litro de biodiesel produzido, são gerados cerca de 79 g de glicerina, que é o glicerol bruto, podendo variar de acordo com a matéria prima utilizada (Thompson & He, 2006).

Embora existam poucos trabalhos com glicerol na alimentação de peixes, Menton et al. (1986) concluíram que ele não é uma fonte efetiva de energia na dieta de truta arco-íris (*Salmo gairdneri*), pois a concentração de glicose no sangue permaneceu elevada nos animais que receberam glicerol na dieta. Neu (2011) verificou que quando oferecido glicerol para tilápias-do-nilo, a composição lipídica da carcaça diminuiu, e a glicose do sangue não difere estatisticamente,

porém o conteúdo de colesterol HDL é maior quando os níveis de inclusão são superiores (7,5%), denotando a utilização do produto como fonte energética. Para suínos de engorda, Della Casa et al. (2009) verificaram que 10% da inclusão do glicerol pode causar redução no crescimento e piora no índice de conversão alimentar.

Lammers et al. (2008a) destacaram que o glicerol bruto é uma fonte de energia prontamente disponível e pode desempenhar um papel importante no cumprimento das necessidades energéticas para a produção de suínos. Em peixes, a biodisponibilidade do glicerol ainda é pouco conhecida.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os valores de energia digestível (ED) de diferentes fontes de glicerol para tilápias-do-nilo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Digestibilidade do Grupo de Estudos em Manejo na Aquicultura – GEMaQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste, Campus Toledo, Paraná.

Foram utilizados 40 espécimes de tilápia-do-nilo (peso médio  $343,1 \pm 77,7$  g), distribuídos em quatro tanques (180L) de fundo cônico, aeração constante e aquecimento da água (10 peixes por unidade experimental). O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino, constituído por quatro tratamentos e quatro repetições.

Foram elaboradas quatro rações, sendo uma referência (Tabela 1) e três dietas-teste que continham 80% da dieta referência e 20% do glicerol avaliado. A inclusão de 20% do alimento-teste foi feita no intuito de não saturar os animais com o glicerol e evitar que houvesse deterioração da qualidade de água. As fontes de glicerol foram glicerol bruto vegetal (GBV), glicerol semipurificado misto (GSM) e glicerol semipurificado vegetal (GSV). O GBV foi oriundo de soja, o GSM foi oriundo de aproximadamente 80% de gordura animal + 20% de óleo de soja e GSV foi oriundo de soja, porém este passou por um processo de purificação através de centrifugação. Os produtos foram adquiridos em uma indústria de bicombustíveis localizada na região norte do estado do Paraná.

Foi utilizado óxido de cromo<sup>III</sup> como indicador inerte na proporção de 0,1%. Na preparação das dietas experimentais, os ingredientes foram moídos em moinho tipo martelo (peneira de 0,5 mm), pesados, homogeneizados, umedecidos e extrusados (extrusora Ex-Micro<sup>®</sup>).

Os peixes foram alimentados cinco vezes ao dia (08:30, 12:00, 13:30, 15:30 e 16:00) até a saciedade aparente, durante 60 dias. Os tanques foram limpos duas vezes ao dia (07:30 e às 17:00) com renovação de 50% do volume da água.

O método de coleta de fezes utilizado foi o de Guelph modificado (Pezzato et al., 2002). Após a adaptação dos peixes durante sete dias, iniciou-se o processo de coleta de fezes durante oito dias, para formar um “pool” de fezes, que foi congelado (-20 °C) para posterior análise. A cada rotação dos tratamentos, houve o período de adaptação de sete dias às

**Tabela 1.** Composição percentual e química da dieta referência**Table 1.** Percentage and chemical composition of the reference diet

Ingrediente	g kg <sup>-1</sup>
Milho, grão moído	176,8
Milho, amido	100,0
Soja, farelo	340,0
Vísceras, farinha de vísceras de aves	80,0
Arroz, quívera	120,0
Trigo, grão moído	80,0
Milho, glúten 60	40,0
Fosfato bicálcico	30,0
Soja, óleo	17,0
DL-metionina 99	1,6
Sal	5,0
Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup>	8,0
Vitamina C <sup>2</sup>	0,4
Antifúngico	1,0
Antioxidante <sup>3</sup>	0,2
Total	100
Composição química (%)	
Matéria seca	94,95
Energia digestível (kcal kg <sup>-1</sup> )	4322
Proteína bruta	27,00
Matéria mineral	2,11
Fibra bruta	2,27
Gordura	4,20

<sup>1</sup> Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 24.000 UI; Vit. D3, 6.000 UI; Vit. E, 300 mg; Vit. K3, 30 mg; Vit. B1, 40 mg; Vit. B2, 40 mg; Vit. B6, 35 mg; Vit. B12, 80 mg; Ác. fólico, 12 mg; Pantotenato Ca, 100 mg; Vit. C, 600 mg; Biotina, 2 mg; Colina, 1.000 mg; Ferro, 200 mg; Cobre, 35 mg; Manganês, 100 mg; Zinco, 240 mg; Iodo, 1,6 mg; Cobalto, 0,8 mg.

<sup>2</sup> Vitamina C monofosfatada 35% de ácido ascórbico.

<sup>3</sup> Butil Hidroxi Tolueno.

A dieta foi formulada com base nos valores de Rostagno et al. (2005).

dietas. Posteriormente ao congelamento, as fezes foram secas em estufas de ar forçado a 55°C por 48 horas e moídas para a realização das análises.

A condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), pH e oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) da água foram mensurados uma vez por semana com o auxílio de potenciômetros digitais portáteis (Hanna Instruments®), enquanto a temperatura da água (°C) foi aferida diariamente, pela manhã, antes da troca de água.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e dos nutrientes da ração foram determinados de acordo com a fórmula descrita por Mukhopadhyay & Ray (1997).

$$Dtd = 100 - 100 \left( \frac{\%Id}{\%If} \right)$$

$$Dan = 100 - 100 \left( \frac{\%Id}{\%If} \times \frac{\%Nf}{\%Nd} \right)$$

$$Dms = \frac{100}{\%ing} \left( Ddt - \frac{\%drf}{100} \times Ddr \right)$$

$$Dni = \frac{100}{\%ing} \left( Dnt - \frac{\%drf}{100} \times Dnr \right)$$

em que *Dtd* é a digestibilidade total da dieta referência e da dieta teste (%); *Dan*, a digestibilidade aparente dos nutrientes nas dietas referências e teste (%); *Id*, o indicador na dieta; *If*, o indicador nas fezes; *Nf*, o nutriente nas fezes; *Nd*, o nutriente na dieta; *Dms*, a digestibilidade aparente da matéria seca do ingrediente; *Ddt*, a digestibilidade total da dieta teste; *drf*, a dieta referência; *Ddr*, a digestibilidade total da dieta referência; *Dni*, a digestibilidade aparente do nutriente do ingrediente; *Dnt*, a digestibilidade do nutriente da dieta teste e *Dnr*, a digestibilidade do nutriente da dieta referência.

As análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) das dietas-referência, dietas-teste e fezes foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade do GEMAQ – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, e a energia bruta (EB) e o óxido de cromo<sup>III</sup> no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), seguindo o protocolo proposto por Silva & Queiroz (2002).

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando observadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan. O nível de significância utilizado foi  $P < 0,05$ . As análises foram efetuadas utilizando-se o programa computacional Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG, versão 7.1 (SAEG, 1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, os valores observados para oxigênio dissolvido ( $4,5 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$ ), condutividade elétrica ( $81,2 \pm 3,9 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), pH ( $6,8 \pm 0,2$ ) e temperatura ( $24,9 \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ), permaneceram dentro dos limites tolerados pela espécie (Ridha & Cruz, 2001).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da energia bruta do GSM foi superior ( $P < 0,05$ ) ao do GBV e do GSV, não havendo diferença estatística entre as duas últimas fontes de glicerol (Tabela 2).

Embora não tenha sido observada diferença ( $p < 0,05$ ) nos valores de ED de GBV e GSM, esta mostrou-se uma fonte energética mais assimilável ( $P < 0,05$ ) pela tilápia-do-nylo que GBV e GSV, não existindo diferença ( $p > 0,05$ ) no CDA de GBV e GSV (Tabela 2).

O valor de energia digestível do GBV é próximo ao do milho, como pode ser observado por Pezzato et al. (2002). No entanto, destaca-se que apesar do elevado valor de energia bruta do GBV, as tilápias não utilizaram eficientemente o alimento como fonte de energia, o que pode ser observado pelo baixo coeficiente de digestibilidade aparente deste alimento. Todavia, destaca-se que o GBV pode ser utilizado como fonte energética pelo elevado valor de energia bruta, enquanto que o GSV apresenta baixo valor de energia bruta e baixa utilização pela tilápia-do-nylo. O CDA da energia bruta do GBV é superior ao farelo da folha de mandioca (29,29%) e farelo de cacau (23,13%), ambos alimentos alternativos para a tilápia-do-nylo (Braga et al., 2010).

**Tabela 2.** Coeficientes de digestibilidade aparente e valores de energia digestível de diferentes fontes de glicerol pela tilápia-do-nylo

**Table 2.** Apparent digestible coefficients and digestible energy values of glycerol from different sources for Nile tilapia

Item	Fonte de glicerol			CV (%)
	GBV	GSM	GSV	
EB (kcal kg <sup>-1</sup> )	5247	3216	3760	
MS (%)	97,46	85,68	95,62	
MM (%)	4,45	3,26	2,49	
CDA EB (%)	58,29 <sup>b</sup>	81,15 <sup>a</sup>	46,67 <sup>b</sup>	6,08*
ED (kcal kg <sup>-1</sup> )	3058 <sup>a</sup>	2610 <sup>a</sup>	1754 <sup>b</sup>	8,40*

\*Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças pelo teste de Duncan (P<0,05)

GBV = glicerol bruto óleo vegetal; GSM = glicerol semipurificado misto; GSV = glicerol semipurificado vegetal; EB = energia bruta; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; CDA EB = coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; ED = energia digestível; CV = coeficiente de variação

Para o óleo de soja, Boscolo et al. (2002) encontraram CDA da energia bruta superior a 89% resultando em 8485 kcal kg<sup>-1</sup> de energia digestível, resultado superior ao verificado no atual estudo. Apenas o GSM teve CDA superior a 80%, porém a sua ED foi de 2610 kcal kg<sup>-1</sup>.

Apesar do menor valor de energia digestível do glicerol em relação ao óleo de soja (Boscolo et al., 2002), este pode contribuir para a alimentação das tilápias como fonte energética, pois pode ser convertido em glicose pela via gliconeogênica (Emmanuel et al., 1983) ou oxidado para a produção de energia pela glicólise e ciclo do ácido cítrico (Rosebrough et al., 1980). Esta via metabólica é importante para o fornecimento de energia (Robergs & Griffin, 1998), além de reduzir os níveis circulantes de ácidos graxos livres e colesterol (François, 1994). Neu (2011) observou variações não significativas no conteúdo de colesterol do sangue de tilápias, contudo, a inclusão de 7,5% de glicerol causou aumento no conteúdo de HDL (colesterol bom) em juvenis de tilápia-do-nylo.

Por outro lado, o glicerol não contém os ácidos graxos que os óleos possuem, apenas a energia líquida que, segundo Lehninger et al. (1995), é de apenas 5% da molécula do triacilglicerol. Seu uso como fonte energética para a confecção de rações práticas para peixes deve ser investigado. Em monogástricos, o glicerol é absorvido ao longo do lúmen do trato gastrointestinal (Tao et al., 1983). Uma vez absorvido, entra no meio celular através do citosol da célula, é transferido para o fígado e outros tecidos, e participa da formação dos lipídios (Carvalho, 2011). No fígado, sofre ação da enzima glicerol quinase e é transformado em glicerol fosfato, que é o substrato para a gliconeogênese, se transformando em dihidroxi acetona fosfato, que se transformará em gliceraldeído-3-fosfato (Lima, 2001), um metabólito central com o triplo papel de fornecer o esqueleto de carbono para a gliconeogênese, carregando equivalentes de redução do citosol para a mitocôndria para a fosforilação oxidativa, e agindo como a espinha dorsal de lipídios, formando glicose 6-fosfato (Lin, 1977).

Os resultados de CDA encontrados no presente estudo

para as três fontes de glicerol foram inferiores aos observados por Lammers et al. (2008a) para suínos em crescimento (86,95%), Lammers et al. (2008b) para poedeiras comerciais (88,38% de energia metabolizável kg) e Dozier et al. (2008) para frangos de corte (3434 kcal de energia metabolizável kg), mas isto está diretamente relacionado ao metabolismo dos animais que são distintos.

A ideia de se utilizarem subprodutos de indústrias processadoras na alimentação animal é interessante, a partir de resultados de digestibilidade, pois se pode colocar em uso um alimento que possui potencial e está sujeito a ser descartado.

## CONCLUSÕES

O melhor aproveitamento energético foi obtido com o GSM. Contudo, as fontes de glicerol estudadas podem ser utilizadas na alimentação da tilápia-do-nylo (*O. niloticus*) como fontes suplementares de energia.

## AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAq, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – campus Toledo e a Universidade Estadual de Maringá pelo auxílio nos trabalhos e disponibilização do glicerol.

## LITERATURA CITADA

- Abdalla, A.L.; Silva Filho, J.C.; Godoi, A.R.; Carmo, C.A.; Eduardo, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, suplemento especial, p.260-268, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37nsp/a30v37nsp.pdf>>. doi:10.1590/S1516-35982008001300030. 17 Mar. 2011.
- Boscolo, W.R.; Hayashi, C.; Meurer, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos alternativos e convencionais para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.539-545, 2002. <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n2/10337.pdf>>. doi:10.1590/S1516-35982002000300001. 17 Mar. 2011.
- Braga, L.G.T.; Rodrigues, F.L.; Azevedo, R.V.; Carvalho, J.S.O.; Ramos, A.P.S. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de coprodutos agroindustriais para a tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.4, p.1127-1136, 2010. <<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1862/1037>>. 15 Jan. 2011.
- Carvalho, P.L.O. Glicerina bruta na alimentação de suínos. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2011. 109p. Tese Doutorado.
- Costa Neto, P.R.; Rossi, L.F.S.; Zagonel, G.F.; Ramos, L.P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. *Química Nova*, v.23, n.4, p.531-537, 2000.

- <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2654.pdf>>. doi:10.1590/S0100-4042200000400017. 10 Jan. 2011.
- Della Casa, G.; Bochicchio, D.; Faeti, V.; Marchetto, G.; Poletti, E.; Rossi, A.; Garavaldi, A.; Panciroli, A.; Brogna, N. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. *Meat Science*, v.81, n. 1, p. 238-244, 2009. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174008002490>>. doi:10.1016/j.meatsci.2008.07.030. 11 Jan. 2011.
- Dozier, W.A.; Keer, B.J.; Corzo, A.; Kidd, M.T.; Weber, T.E.; Bregendahl, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poultry Science*, v. 87, n. 2, p. 317-322, 2008. <<http://ps.fass.org/content/87/2/317.full.pdf+html>>. doi:10.3382/ps.2007-00309. 11 Jan. 2011.
- Emmanuel, B.; Berzins, R.; Robblee, A.R. Rates of entry of alanine and glycerol and their contribution to glucose synthesis in fasted chickens. *British Poultry Science*, v. 24, n. 4, p. 565-571, 1983. doi:10.1080/00071668308416776.
- Firetti, R.; Sales, D.S. O futuro promissor da cadeia produtiva da piscicultura comercial. *Anualpec*, v.11, p.305-307, 2004. <<http://www.agroinova.com.br/portal/anexo/anualpec/futuro.pdf>>. 05 Jan. 2011.
- François, A. Glycerol in Nutrition. *Comptes Rendus de l'Academie d'agriculture de France*, v. 80, n. 2, p. 63-76, 1994.
- Furuya, W.M.; Pezzato, L.E.; Miranda, E.C.; Furuya, V.R.B.; Barros, M.M. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 23, n. 2, p. 465-469, 2001. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/2701/2020>>. 11 Mar. 2011.
- Hayashi, C.; Boscolo, W.R.; Soares, C.M.; Boscolo, V.R.; Galdioli, E.M. Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. *Acta Scientiarum*, v. 21, n. 3, p. 733-737, 1999. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/4340/2977>>. 11 Mar. 2011.
- Kijora, C.; Kupsch, S.D. Evaluation of technical glicerols from "biodiesel" production as a feed component in fattening of pigs. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 98, n.7-8, p. 240-245, 1996. doi:10.1002/lipi.19960980703.
- Lammers, P.J.; Kerr, B.J.; Honeyman, M.S.; Stalder, K.; Dozier, W.A.; Weber, T.E.; Kidd, M.T.; Bregendahl, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poultry Science*, v.87, n.1, 104-107, 2008b. <<http://ps.fass.org/content/87/1/104.full.pdf+html>>. doi:10.3382/ps.2007-00255. 11 Jan. 2011.
- Lammers, P.J.; Kerr, B.J.; Weber, T.E.; Dozier, W.A.; Kidd, M.T.; Bregendahl, K.; Honeyman, M.S. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, v.86, n.3, p.602-608, 2008a. <<http://jas.fass.org/content/86/3/602.full.pdf+html>>. doi:10.2527/jas.2007-0453. 18 Jan. 2011.
- Lehninger, A.L.; Nelson, D.L.; Cox, M.M. *Princípios da bioquímica*. 2.ed. São Paulo: Sarvier, 1995. 839p.
- Lima, R.S.N. *Caminhando pela bioquímica*. São Paulo: Virtual Books, 2001. 200p.
- Lin, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Annual Review of Biochemistry*, v. 46, p. 765-795, 1977. <<http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.bi.46.070177.004001>>. doi:10.1146/annurev.bi.46.070177.004001. 05 Feb. 2011.
- Menton, D.J.; Slinger, S.J.; Hilton, J.W. Utilization of free glycerol as a source of dietary energy in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, v.56, n.3-4, p. 215-227, 1986. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/00448486903376>>. doi:10.1016/0044-8486(86)90337-6. 11 Feb. 2011.
- Min, Y.N.; Yan, F.; Liu, F.Z.; Coto, C.; Waldroup, P.W. Glycerin-A new energy source for poultry. *International Journal of Poultry Science*, v.9, n.1, p.1-4, 2010. <<http://www.pjbs.org/ijps/fin1627.pdf>>.doi:10.3923/ijps.2010.1.4. 11 Feb. 2011.
- Mourot, J.; Aumaitre, A.; Mounier, A.; Peiniau, P.; François, A.C. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livestock Production Science*, v. 38, n.3, p. 237-244, 1994. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0301622694901759>>. doi:10.1016/0301-6226(94)90175-9. 10 Jan. 2011.
- Mukhopadhyay, N.; Ray, A.K. The apparent total and nutrient digestibility of sal seed (*Shorea robusta*) meal in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Aquaculture Research*, v.28, n.9. p.683-689, 1997. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2109.1997.00909.x/pdf>>. doi:10.1046/j.1365-2109.1997.00909.x. 16 Jan. 2011.
- Neu, D.H. Glicerol na dieta de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Toledo: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2011. 58p. Dissertação Mestrado.
- Ostrensky, A.; Borghetti, J.R.; Soto, D. *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília, 2008, 276p.
- Pezzato, L.E.; Miranda, E.C.; Barros, M.M.; Quintero Pinto, L.G.; Furuya, W.M.; Pezzato, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002. <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n4/13720.pdf>>. doi:10.1590/S1516-35982002000700001. 25 Feb. 2011.
- Rep, M.; Albertyn, J.; Thevelein, J.M.; Prior, B.A.; Hohmann, S. Different signaling pathways contribute to the control of GPD1 gene expression by osmotic stress in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology*, v.145, n.3, p.715-727, 1999. <<http://mic.sgmjournals.org/content/145/3/715.full.pdf+html>>. doi:10.1099/13500872-145-3-715. 09 Jan. 2011.
- Ridha, M.T.; Cruz, E.M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a sample recirculating system. *Aquacultural Engineering*, v.24, n.2, p.157-166, 2001. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860901000607>>. doi:10.1016/S0144-8609(01)00060-7. 10 Jan. 2011.
- Robergs, R.A.; Griffin, S.E. Glycerol: Biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. *Sports Medicine*, v.26, n.3, p.145-167, 1998. doi:10.2165/00007256-199826030-00002.
- Rosebrough, R.W.; Geis, E.; James, P.; Ota, H.; Whitehead, J.

- Effects of dietary energy substitutions on reproductive performance feed, efficiency and lipogenic enzyme activity on large white turkey hens. *Poultry Science*, v.59, n.7, p.1485-1492, 1980. <<http://ps.fass.org/content/59/7/1485.short>>. doi:10.3382/ps.0591485. 11 Jan. 2011.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Donzele, J.L.; Gomes, P.C.; Oliveira, R.F.; Lopes, D.C.; Ferreira, A.S.; Barreiro, S.L.T. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 141p.
- Signor, A.A.; Boscolo, W.R.; Feiden, A.; Signor, A.; Reidel, A. Triguilho na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): digestibilidade e desempenho. *Ciência Rural*, v. 37, n. 4, p. 1116-1121, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n4/a32v37n4.pdf>>. doi:10.1590/S0103-84782007000400032. 18 Mar. 2011.
- Silva, D.J.; Queiroz, A.C. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- Sistema de Análise Estatística e Genética – SAEG. Universidade Federal de Viçosa. SAEG. Sistema para análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1, Viçosa, MG, 1997. (manual do usuário).
- Tao, R.C.; Kelley, R.E.; Yoshimura, N.N.; Benjamin, F. Glycerol: its metabolism and use as an intravenous energy source. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, v.7, n.3, p.479-488, 1983. doi:10.1177/0148607183007005479
- Thompson, J.C.; He, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstock. *Applied Engineering in Agriculture*, v.22, n.2, p.261-265, 2006. <[http://www.uiweb.uidaho.edu/bioenergy/NewsReleases/Published\\_Glycerol\\_Characterization\\_T6.pdf](http://www.uiweb.uidaho.edu/bioenergy/NewsReleases/Published_Glycerol_Characterization_T6.pdf)>. 12 Jan. 2011.