**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Glicerina proveniente da produção de biodiesel como ingrediente de ração
para frangos de corte**

Camila Leão Silveira da Silva

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2010**

Camila Leão Silveira da Silva
Zootecnista

Glicerina proveniente da produção de biodiesel como ingrediente de ração para frangos de corte

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ FERNANDO MACHADO MENTEN**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens**

Piracicaba
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Silva, Camila Leão Silveira da

Glicerina proveniente da produção de biodiesel como ingrediente de ração para frangos de corte / Camila Leão Silveira da Silva. - - Piracicaba, 2010.
81 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Alimentos para animais 2. Biodiesel 3. Carcaça 4. Dieta animal 5. Frangos de corte - Desempenho 6. Ração I. Título

CDD 636.513
S586g

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedicatória

À meu criador, **Jesus Cristo**;
Ao senhor incrível, **Antonio Leão**;
Aos meninos dos meus olhos, **Vinícius Leão e Diego Leão**;
Ao meu amor **Marco Aurélio**.

Com todo amor e gratidão,

DEDICO

Às minhas queridas rosas, eternamente amigas,
Eliana Silveira, Nair Elias e Carmem Leão

Com todo amor e carinho,
OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. José Fernando Machado Menten, por toda a paciência, amizade e dedicação aos seus orientados.

Ao Prof. Dr. Valdomiro Shigueru Myiada, que muito colaborou na minha formação.

Ao Prof. Marcelo Alves do Ciagri, prof. Gerson Mourão e Gregório Rovadoski por todo auxílio e sugestões na análise estatística dos dados deste experimento.

Aos demais colegas e professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos e boa convivência durante o período deste curso.

Aos bibliotecários pela correção da dissertação.

Ao professor Bianchi pelos ensinamentos e auxílio com a língua inglesa.

À empresa ADM do Brasil Ltda, pelo apoio financeiro e sugestões para realização deste estudo.

À empresa Nutron Alimentos Ltda. pela doação de ingredientes essenciais para a fabricação das dietas experimentais.

À todos meus queridos amigos e em especial á Vivian Hikari, Marcelo La Selva, Thaís do Carmo, Rafael Rincon, Luís Antonio, Leandro de Melo, Gustavo Claret, Sandra Tavares, Thaís Sales Caldeira e Ana Tereza Gonçalves.

Às todas minhas queridas companheiras de trabalho Ana Beatriz Traldi, Julieta Santarosa, Kelen Zavarize, Rafaela Pereira, Aline Racanicci, Cynthia Siqueira, Leonardo de Freitas e Michele Bernardina por toda paciência e amizade que tiveram comigo, além de toda ajuda na realização do meu trabalho.

Aos queridos companheiros do departamento de Zootecnia de não ruminantes: Bernardo Berenchtein, Carla de Andrade, Vivian de Almeida, Maicon Sbardella, Mohamed Salem e Fabiane por todo convívio prazeroso, amizade e ajuda.

À todos meus queridos tios e primos, em especial à minha tia Fátima Leão e meus primos Ellen Leão, Felipe Leão, Carlos Eduardo e Vitor Leão por terem me acolhido aqui em Piracicaba, por todo carinho e atenção.

Às minhas amigas e companheiras de república Beatriz Meduri, Aline Miranda, Rafaela Pereira e Mariana Gallo por todo convívio.

À minha querida sogra Ipólita Santana e meu sogro Samuel Marcos Dourado por todo carinho e atenção.

Ao funcionário da Fábrica de Ração do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, Antônio Carlos Oliva (Carlão), pela sua eficiência e me ajudar sempre com muita dedicação.

Aos funcionários de campo do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, José Pires Alves, Ednézio Klimasewski, Chico e em especial a José Knapik (Gaúcho), Paulo Marcos de Oliveira (Paulinho), Gilberto Aliberti, Alexandre Soares, Luis Fernando Rocha (Filó) por me ajudarem com imensa dedicação e boa vontade ao longo dos experimentos.

Aos funcionários e colegas do Departamento de Zootecnia de não ruminantes, José Henrique Rocha (Ike), Célia Ferraz e Bruna Alves por toda amizade, conselhos e auxílio durante o curso.

À todos meus queridos familiares.

Àqueles que aqui não foram citados, mas contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

‘Feliz é a pessoa que acha sabedoria e consegue compreendê-la, pois isto é melhor que a prata e tem mais valor do que o ouro. Os que se tornam sábios são felizes e a sabedoria lhes dará vida.’

(PV 3:13,14,18)

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 O biodiesel e a produção de glicerina.....	21
2.2 Composição química da glicerina	24
2.3 Metabolismo do glicerol.....	25
2.4 Glicerina bruta como matéria-prima de dietas animais	28
2.5 Alguns fatores relevantes na utilização de glicerina bruta.....	32
2.6 Efeitos da utilização da glicerina bruta na alimentação de aves	33
2.7 Efeitos da utilização da glicerina bruta na alimentação de suínos	35
3 MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Instalações experimentais e animais	37
3.2 Tratamentos e dietas basais	37
3.3 Experimento	43
3.4 Desempenho	43
3.5 Umidade de cama	43
3.6 Características de carcaça.....	44
3.7 Delineamento experimental e análise de dados.....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Desempenho	47
4.2 Características de carcaça.....	59
4.3 Umidade de cama	60
5 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICES	71

RESUMO

Glicerina proveniente da produção de biodiesel como ingrediente de ração para frangos de corte

A proposta geral do presente projeto consistiu na avaliação do desempenho, características de carcaça, bem como possíveis efeitos adversos, em frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis crescentes de glicerina, resultante do processo de obtenção do biodiesel. Foram criados 1575 frangos de corte machos da linhagem comercial Cobb 500. Os pintos de um dia foram pesados e alocados de acordo com o peso médio em grupos de 45 aves distribuídas em 35 boxes. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0; 2,5; 5; 7,5 e 10% de inclusão de glicerina bruta) e sete repetições. As dietas foram isonutritivas baseadas em milho, farelo de soja e óleo de soja. Em laboratório foi avaliado a concentração de glicerol, sódio, fósforo, potássio e metanol da glicerina bruta para correção na formulação das rações. Foi considerado o valor energético de 4100 kcal EMAn/kg para o glicerol puro. As variáveis de desempenho (peso vivo, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade) foram monitoradas semanalmente e, aos 43 dias de idade, 70 aves (14 aves/tratamento) foram sacrificadas para avaliação das características de carcaça e foi retirada também uma amostra da cama dos frangos de cada boxe para determinação de umidade. No período de 1 a 7 dias houve efeito linear positivo ($P < 0,05$) para as variáveis: ganho de peso, consumo de ração e peso vivo, verificando-se que a inclusão de até 10% de glicerina na ração foi eficaz. No período de 1 a 21 dias ocorreu redução linear ($P < 0,05$) da viabilidade, efeito cúbico ($P < 0,05$) para o consumo de ração e efeito de quarto grau ($P < 0,05$) para o ganho de peso e peso vivo, evidenciando melhores resultados de desempenho utilizando 5% de glicerina nas rações. No período total não houve efeito significativo para as variáveis de desempenho ($P > 0,05$), embora verificado uma redução de 130 gramas no ganho de peso dos frangos alimentados com 10% de glicerina. Não houve efeito significativo para as características de carcaça ($P > 0,05$), porém houve aumento linear ($P < 0,05$) na umidade de cama dos frangos conforme a inclusão de glicerina na dieta. A inclusão de até 10% de glicerina na dieta até 7 dias e 5% nos períodos subsequentes, mostrou-se interessante na alimentação de frangos de corte.

Palavras-chave: Alimentos alternativos; Biodiesel; Frangos de corte; Glicerina bruta

ABSTRACT

Glycerin from biodiesel production like diets ingredient for broilers chicken

The purpose of this work was to evaluate the effects of increasing levels of glycerin from biodiesel production in rations on the performance, carcass characteristics and moisture litter of broilers. The trial used 1575 Cobb male chicks. The chickens 1 day of age were weighed and allocated according to weight average to groups of 45 distributed in 35 pens in a completely randomized experimental design. Treatments were (0; 2,5; 5; 7,5 and 10%) glycerin inclusion with seven replicates per treatment. Was analyzed a contraction of glycerol, sodium, phosphorus, potassium and methanol from the crude glycerin in laboratory for formulate diets. Was considered the energy value of 4,100 kcal ME/ kg for the pure glycerol. The performance (liveweight, weight gain, feed intake, feed conversion and viability) were monitored weekly and at 43 days of age 70 broilers (14 broilers/ treatment) were sacrificed for evaluation of carcass characteristics. The moisture of the litter was analyzed in each pen. At seven days, it was found a positive linear effect ($P < 0.05$) on weight gain, body weight and feed intake, verifying that the inclusion up to 10% glycerin in the diet was efficient. At 21 days, it was found a linear reduction ($P < 0.05$) on viability, cubic effect ($P < 0.05$) on feed intake and quartic effect ($P < 0.05$) on weight gain and body weight. Results using 5% glycerin in diet showed better performance. At 42 days, there was no significant effect on the performance variables ($P > 0.05$), although a substantial reduction of 130 grams in weight gain was observed in broilers fed 10% glycerin. There was no significant effect on carcass characteristics ($P > 0.05$), but increased linear effect ($P < 0.05$) was observed on litter moisture with the inclusion of glycerin in the diet. The inclusion of 10% of glycerin up to seven days and 5% after that was flexible in diets for broilers.

Keywords: Alternative feeds; Biodiesel; Broilers; Grude glycerin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espécies vegetais com potencial utilização para produção de biodiesel no Brasil . .	21
Figura 2 – Esquema do processo de produção do biodiesel.	22
Figura 3 – Consumo cumulativo de biodiesel em 2008 e 2009.....	23
Figura 4 – Fórmula estrutural do glicerol.	24
Figura 5 – Conversão do glicerol a gliceraldeído-3-fosfato	26
Figura 6 – Metabolismo do glicerol no organismo animal.	27
Figura 7 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o ganho de peso dos frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade.....	48
Figura 8 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o consumo de ração dos frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade.....	48
Figura 9 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o peso vivo dos frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade.....	49
Figura 10 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre a viabilidade dos frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.....	51
Figura 11 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o consumo de ração dos frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.	51
Figura 12 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o ganho de peso dos frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.....	52
Figura 13 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o peso vivo dos frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.....	52
Figura 14 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre a viabilidade dos frangos de corte no período de 1 a 28 dias de idade.....	55
Figura 15 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o consumo de ração dos frangos de corte no período de 1 a 28 dias de idade.....	55
Figura 16 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre a viabilidade dos frangos de corte no período de 1 a 35 dias de idade.....	57
Figura 17 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre a umidade de cama de frango no período de 1 a 43 dias de idade..	61
Figura 18 – Comparação dos coxim plantar de frangos submetidos ao tratamento com 10% de inclusão de glicerina (anilha laranja) e sem glicerina (anilha branca).....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição da glicerina bruta utilizada para alimentação de suínos, frangos de corte e galinhas poedeiras.....	29
Tabela 2 – Energia metabolizável da glicerina bruta para frangos de corte em diferentes fases de criação.....	30
Tabela 3 – Valores de energia metabolizável e digestível da glicerina bruta para suínos de diferentes idades	30
Tabela 4 – Composição química e valores de energia bruta da glicerina vegetal bruta (GVB) e da glicerina vegetal semipurificada (GVS).....	31
Tabela 5 – Valores de energia digestível e energia metabolizável das quatro tipos de glicerina estudadas na fase de crescimento em suínos	32
Tabela 6 – Efeito da inclusão de níveis de glicerina bruta sobre o desempenho de frangos de corte em dois experimentos no período de 1 a 42 dias de criação.....	34
Tabela 7 – Efeito do glicerol sobre qualidade da carne e metabólitos do plasma.....	36
Tabela 8 – Efeito da adição de glicerol bruto na produção de pelete.....	36
Tabela 9 – Composição da glicerina bruta utilizada nas rações	38
Tabela 10 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de 1 a 7 dias...	39
Tabela 11 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de 7 a 21 dias.....	40
Tabela 12 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de 21 a 35 dias.....	41
Tabela 13 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de 35 a 42 dias.....	42
Tabela 14 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 21 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no o período de 1 a 7 dias de experimentação...	47
Tabela 15 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 21 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no o período de 1 a 21 dias de experimentação.....	50
Tabela 16 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 28 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no o período de 1 a 28 dias de experimentação.....	54

Tabela 17 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 35 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no o período de 1 a 35 dias de experimentação.	56
Tabela 18 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 42 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no o período de 1 a 42 dias de experimentação.	58
Tabela 19 – Médias e análise de variância do rendimento de carcaça (RC), rendimento de peito (RP), rendimento de coxa e sobrecoxa (RCS), rendimento de asa (RA), rendimento de dorso (RD) e gordura abdominal (GA) aos 43 dias de experimentação.	59
Tabela 20 – Umidade da cama de frango aos 43 dias de experimentação.....	60

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira possui uma posição de destaque no mercado mundial de carnes. Comparando a produção em 2005 com a alcançada em 2009, o Brasil obteve um crescimento de cerca de 15% em produção de carne de frango chegando aproximadamente a 11 milhões de toneladas (PORTAL AVISITE).

De acordo com a Assessoria de Gestão Estratégica (AGE) do Ministério da Agricultura, estima-se que a exportação de carne de frango pela indústria avícola chegue a quatro milhões de toneladas em 2010 e adiante é previsto um crescimento na ordem de 4,3% ao ano, o que significaria chegar a 2020 exportando mais de seis milhões de toneladas de carne de frango.

A avicultura brasileira visa atender o mercado fornecendo produto de ótima qualidade, garantindo segurança alimentar, além de atuar com responsabilidade ambiental. Devido ao intenso melhoramento genético a que as linhagens atuais de frangos de corte são submetidas, a capacidade do animal em converter alimento em músculo, proporcionando melhores rendimentos de cortes nobres em curto espaço de tempo, é surpreendente.

No entanto, tais benefícios alcançados pelo frango moderno exigiram mudanças nos valores nutricionais das dietas, principalmente em energia, proteína e aminoácidos. As rações fornecidas aos frangos para suprir sua demanda energética e proteica são feitas, respectivamente, à base de milho e farelo de soja, que compõem cerca de 90% das rações.

A nutrição possui um peso significativo nos custos de produção dos animais e, por esse motivo, é intensa e constante a busca por novos ingredientes que possibilitem bons índices de desempenho com baixo custo. Atualmente, com a crescente produção de biodiesel, um novo produto surge como um potencial ingrediente energético para a alimentação animal: a glicerina bruta, um co-produto da produção de biodiesel. Pesquisas relatam que os valores da energia metabolizável da glicerina bruta para aves e suínos são muito próximas às do milho.

A glicerina bruta a qual nos referimos, oriunda da produção de biodiesel, é isenta de qualquer processo de purificação, o que a diferencia da glicerina utilizada na indústria de cosméticos e alimentícia. Ela possui em sua constituição grande quantidade de glicerol e alguns outros componentes. A alta energia bruta do glicerol (4.320 kcal/kg) possibilita à glicerina bruta ser um possível ingrediente energético incorporado em rações animais.

São dois os fatores que nos levam a pesquisar a utilização da glicerina como ingrediente energético para alimentação animal. O primeiro é seu potencial energético. O segundo fator está atrelado à responsabilidade ambiental, uma vez que devido à crescente produção de biodiesel o mercado não está conseguindo absorver a glicerina oriunda do processo.

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, com a introdução de 5% de biodiesel em todo óleo diesel comercializado no Brasil (B5), o consumo de biodiesel chegará a 2,4 bilhões de litros em 2010 e conseqüentemente originará um excedente de 240 mil ton/ano de glicerina bruta. Estes números demonstram que é necessário pesquisar possíveis aplicações para este excedente, para que possa ser utilizado pelo mercado, não gerando problemas ambientais.

Com o recente aumento da produção global de biodiesel e abundância de glicerina resultante do processo, novos estudos são necessários para que este co-produto possa ser adotado com segurança pela cadeia produtiva de alimentos de origem animal.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e características de carcaça, bem como possíveis efeitos adversos em frangos de corte alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta na ração como um ingrediente energético.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O biodiesel e a produção de glicerina

Segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, biodiesel é um “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que pode substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”.

O biodiesel pode ser produzido a partir de gordura animal ou de óleo vegetal, existindo várias espécies vegetais no Brasil com potencial de utilização, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, soja e milho (Figura 1).

Figura 1– Espécies vegetais com potencial utilização para produção de biodiesel no Brasil

Fonte: (ARANDA, 2007)

A produção de biodiesel pode ser feita por diferentes processos. O processo mais empregado para esta produção é a transesterificação alcoólica via catalítica, conforme

demonstrado na Figura 2. Este processo consiste numa reação química de óleos vegetais ou gordura animal com um álcool (etanol ou metanol) onde é adicionado um catalisador. O catalisador a ser utilizado pode ser ácido, básico ou enzimático, porém, dentre estes tipos, o mais utilizado pelas indústrias é o metilato de sódio.

Outro tipo de processo que pode ser utilizado para a produção de biodiesel é o craqueamento catalítico ou térmico. Estes consistem em vários processos químicos pelos quais moléculas orgânicas complexas são quebradas em ligações carbono-carbono por ação térmica ou ação catalítica, em moléculas mais simples (ARANDA, 2007).

Independente do processo empregado será gerado como produto desta reação o biodiesel e a glicerina bruta. Para cada 90m³ de biodiesel produzido pela reação de transesterificação de óleos vegetais, são geradas aproximadamente 10m³ de glicerina bruta (GONÇALVES, 2006). Apenas ocorrerá variação quanto à composição da glicerina bruta produzida, pois devido ao processo de fabricação e a tecnificação utilizada por cada indústria, cada lote de glicerina poderá apresentar uma composição diferente.

Figura 2 - Esquema do processo de produção do biodiesel

A produção e consequentemente o consumo de biodiesel nacional vêm crescendo linearmente (Figura 3). O Brasil tende a ser um importante produtor de biodiesel tanto para consumo nacional como para exportação, contribuindo para a independência energética nacional, associada à geração de emprego e renda nas regiões mais carentes. O Brasil possui uma série de fatores que favorecem a produção do biodiesel, desde incentivos governamentais até condições adequadas para o desenvolvimento de várias espécies vegetais com grande potencial de utilização.

Figura 3 – Consumo cumulativo de biodiesel em 2008 e 2009.

Fonte: ANP

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, o Brasil antecipou em três anos a meta de introduzir 5% de biodiesel (B5) em todo óleo diesel comercializado no Brasil. De acordo com o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, em 1º de janeiro de 2010, todo óleo diesel obrigatoriamente deve conter 5% de biodiesel (ANP, 2010). Este significativo aumento na produção de biodiesel tanto no Brasil, quanto em escala mundial, favorece ao aumento da oferta de glicerina bruta.

Visto que a glicerina bruta apresenta uma série de impurezas provindas do processo de fabricação do biodiesel como água, resíduo de catalisador (alcalino ou ácido), álcool (não reagido), impurezas provindas dos reagentes, ácidos graxos, ésteres, dentre outros (FERRARI et al., 2005), são necessários processos complexos e de alto custo para que essa matéria-prima

alcance as exigências em grau de pureza necessária para fins alimentícios e farmacêuticos (DINIZ, 2008).

A glicerina purificada é hoje utilizada em cerca de 25% em alimentos e bebidas, principalmente como umectante e amaciante; 50% em cosméticos e medicamentos, e os restantes 25% em resinas e outras aplicações químicas, entre elas a dinamite (AMSTALDEN, 2009).

Mesmo se parte do excedente de glicerina bruta fosse purificada e possivelmente utilizado para produzir bens manufaturados com valor agregado, mesmo assim, ainda teríamos grande quantidade de glicerina inaproveitada. Seria muito proveitoso o desenvolvimento de novos mercados, no qual aproveitassem a própria glicerina bruta, isenta de qualquer processo de purificação que encarecesse o produto para comercialização.

Portanto, uma alternativa viável e de baixo custo é a utilização deste subproduto na alimentação animal (MOUROT et al., 1994; KIJORA et al., 1995; LAMMERS et al., 2007b).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a glicerina bruta para ser utilizada na alimentação animal como ingrediente de rações deve conter no máximo 150 ppm de metanol, 12% de umidade e no mínimo 80% de glicerol.

2.2 Composição química da glicerina

Glicerol (Figura 4) ou propano-1,2,3-triol é um composto orgânico pertencente à função álcool. É líquido à temperatura ambiente (25 °C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado (IUPAC, 1993). O nome origina-se da palavra grega glykos (γλυκός), que significa doce. O termo glicerina refere-se ao produto na forma comercial, com pureza acima de 95%.

Figura 4 – Fórmula estrutural do glicerol

O glicerol está presente em todos os óleos e gorduras de origem animal e vegetal em sua forma combinada, ou seja, ligado a ácidos graxos tais como o ácido esteárico, oléico, linoléico e palmítico para formar a molécula de triacilglicerol. É reconhecido como seguro para o consumo humano, podendo ser utilizado em diversos produtos alimentícios para os mais diferentes propósitos (umectante, solvente, amaciante e emulsificante) (PERES et al., 2005).

A glicerina originada no processo de transesterificação na produção de biodiesel possui composição variada. As concentrações de água, glicerol, fósforo, metanol, cloreto de sódio e cinzas é variável de acordo com o processo de fabricação.

2.3 Metabolismo do glicerol

O glicerol é encontrado normalmente na circulação dos animais e em suas células. Possui três funções importantes no metabolismo do animal:

- Pode estar presente como esqueleto dos triglicerídios;
- Transporte de equivalentes redutores (glicerol-3-fosfato) do citosol para a mitocôndria, para a fosforilação oxidativa e
- Pode estar presente como esqueleto de carbono para a gliconeogênese, (LIN, 1977).

Verificou-se, através de um estudo utilizando ratos, que o glicerol possui dois sistemas de absorção intestinal: um sistema de transporte ativo e outro sistema de transporte passivo. Foi evidenciado, *in situ*, a presença de um sistema de transporte ativo de glicerol dependente de Na no intestino delgado de ratos, sendo este responsável por 70% do transporte do glicerol (KATO et al., 2004).

O glicerol pode ser metabolizado tanto no fígado como nos músculos, porém o fígado é responsável pela maior parte do glicerol metabolizado no organismo, em cerca de três quartos do glicerol total presente no organismo (LIN, 1977). O glicerol, ao chegar ao fígado via sistema sanguíneo, atua como um precursor glicogênico da mesma forma que o glicerol endógeno gerado pelo catabolismo dos triglicerídeos. O glicerol pode ser convertido em glucose pelo fígado pela via gluconeogênica ou oxidado para produção de energia para o metabolismo celular via glicólise e ciclo de Krebs (EMAMANUEL et al., 1983 ; ROSEBROUGHT et al., 1980).

Antes que o glicerol possa entrar na via da glicólise ou da gliconeogênese (dependendo das condições fisiológicas), tem que ser convertido em gliceraldeído-3-fosfato, com participação da enzima glicerol quinase, segundo os seguintes passos demonstrados na Figura 5.

Figura 5 – Conversão do glicerol a gliceraldeído-3-fosfato

Fonte: Adaptado de Nelson e Cox (1995)

A enzima glicerol quinase está presente apenas no fígado. Em tecidos adiposos, o glicerol 3-fosfato é obtido da dihidroxiacetona fosfato através da ação da enzima glicerol-3-fosfato desidrogenase.

No músculo, ocorre captação do glicerol contido no sangue. Mesmo o músculo não possuindo a enzima glicerol quinase, o glicerol pode ser metabolizado através da enzima glicerol redutase, com a participação de NADPH, evidenciado no músculo do diafragma de ratos (TOEWS, 1996).

Cerca de um quinto da utilização total do glicerol no organismo ocorre nos rins. Esta utilização é de extrema importância e ocorre para que o composto não seja eliminado pela urina. O glicerol em concentração de 1mM presente no sangue pode ser completamente utilizado pelos rins. (LIN, 1977).

Durante um período de jejum ocorre liberação de ácidos graxos não esterificados e glicerol do tecido adiposo, porém quando o animal reestabelece sua condição glicêmica os ácidos graxos são incorporados ao tecido adiposo e o glicerol não, pois o tecido adiposo tem dificuldade

de incorporar o glicerol livre (COPPACK et al., 1999). Sendo assim, para formar o glicerol 3P no tecido adiposo, capaz de esterificar os ácidos graxos, é utilizada a glicose.

A Figura 6 demonstra como o glicerol é utilizado de acordo com o *status* energético do organismo animal.

Figura 6 – Metabolismo do glicerol no organismo animal

2.4 Glicerina bruta como matéria-prima de dietas animais

A glicerina refinada, uma substância com elevado nível de pureza em glicerol, apresenta inúmeras aplicações na indústria alimentícia, cosmética, dentre outras. A glicerina oriunda da produção de biodiesel possui em sua constituição outros componentes provenientes do processo de fabricação do biodiesel que não permite sua utilização para tais finalidades. Com isso, para que a glicerina bruta pudesse se tornar refinada, seria necessário processá-la. No entanto, este processo se torna economicamente inviável quando o interesse está em aproveitá-la como ingrediente de dietas animais (THOMPSON; HE, 2006).

Foram coletadas algumas amostras de glicerina bruta provenientes do processo de produção de biodiesel, as quais as matérias-primas utilizadas foram: duas variedades de mostarda, canola, soja e resíduos de óleos vegetais.

Os dados nutricionais gerados pelas análises das amostras de glicerina demonstraram seu potencial energético; assim, os autores sugerem que pode ser razoável misturá-la com farinhas de alta proteína para ser utilizada como suplemento alimentar para animais. Outra consideração importante em relação à utilização da glicerina em rações é a concentração mineral, a qual pode variar conforme o método de processamento de produção do biodiesel (THOMPSON; HE, 2006).

O grande interesse na utilização da glicerina bruta é a quantidade de glicerol presente, uma vez que o valor energético da glicerina bruta está em função de sua pureza em glicerol (LAMMERS et al., 2007b). Alguns estudos foram desenvolvidos com a finalidade de estimar a energia metabolizável da glicerina bruta para animais de produção.

Recentemente foram realizados alguns ensaios de metabolismo em diferentes idades com frangos de corte, suínos e galinhas poedeiras. Nestes ensaios foi estimada a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) para cada animal, utilizando vários níveis de inclusão de glicerina bruta. A glicerina bruta utilizada nestes ensaios foi a mesma e sua composição é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição da glicerina bruta utilizada para alimentação de suínos, frangos de corte e galinhas poedeiras

Análises	Resultado
Glicerol, %	86,95
Umidade, %	9,22
Metanol, %	0,029
Ácidos graxos, %	0,12
Cinzas, %	3,19
Sódio, %	1,26
Cloro, %	1,86
pH	5,33
Energia bruta, kcal/kg	3625

Com frangos de corte foram feitos três ensaios de metabolismo em diferentes idades. O primeiro ensaio foi realizado de 7 a 10 dias, o segundo ensaio foi realizado de 21 a 24 dias e o terceiro ensaio de 42 a 45 dias de idade, com adição de 0 e 6% de glicerina bruta na ração (Tabela 2). Baseado nestes experimentos a EMAn em média para frangos de corte foi estimada em 3434 kcal/kg, um aproveitamento em cerca de 95% de digestibilidade (absorção), sendo convertido pelo animal em energia útil (DOZIER et al., 2008).

Digestibilidade infeior à mencionada acima foi encontrada avaliando glicerina semi-purificada proveniente de óleo de soja contendo 3.862 kcal/kg de energia bruta (EB). A EMAn para frangos de corte foi 3.276 kcal/kg, resultando em 84,82% de digestibilidade (GIANFELICI, 2009). Resultados semelhantes de digestibilidade (85,6%) foram verificados incluindo 6% de glicerina bruta na dieta no período de 21 a 24 dias de criação. A glicerina continha 4.567 kcal EB/kg e a EMAn foi estimada em 3.911 kcal/kg (OLIVEIRA et al., 2010).

Tabela 2 - Energia metabolizável da glicerina bruta para frangos de corte em diferentes fases de criação

Idade	EMAn, kcal/kg
7 a 10 dias	3.621
21 a 24 dias	3.331
42 a 45 dias	3.349

Fonte: adaptado de Dozier et al. (2008)

Foi relatado a EMAn de 3425 kcal/kg da glicerina para suínos (BARTELT; SCHNEIDER, 2002). Posteriormente, foram realizados cinco ensaios de metabolismo com animais de diferentes idades de acordo com a Tabela 3. Nestes ensaios foram adicionadas 0, 5, 10 e 20% de glicerina bruta na ração basal. A EMAn estimada para suínos foi 3207 kcal/kg (LAMMERS et al., 2008a).

Tabela 3 – Valores de energia metabolizável e digestível da glicerina bruta para suínos de diferentes idades

Peso inicial, kg	ED, kcal/kg	EM, kcal/kg
11	4.401 ± 282	3.463 ± 480
110	3.772 ± 108	3.088 ± 118
8,5	3.634 ± 218	3.177 ± 251
11	4.040 ± 222	3.544 ± 237
100	3.553 ± 172	3.352 ± 192

Fonte: Lammers et al. (2007)

Com galinhas poedeiras foi realizado um ensaio de metabolismo utilizando 48 galinhas Leghorn com 40 semanas de idade, alocadas duas por gaiola. Foi incluído nas dietas experimentais 0, 5, 10, 15% de glicerina bruta. Estimou-se que a EMAn da glicerina bruta para galinhas poedeiras foi 3,805 kcal/kg (LAMMERS et al., 2008).

Foi desenvolvido um ensaio de metabolismo com 75 codornas da espécie *Coturnix coturnix sp.*, de 20 dias de idade, alocadas cinco por gaiola. O objetivo foi determinar a EMAn da glicerina vegetal bruta (GVB) e da glicerina vegetal semipurificada (GVS). As composições das

glicerinas encontram-se na Tabela 4. Foram três tratamentos (ração referência + duas rações teste) com níveis de substituição de 10% de GVB ou 10% de GVS. Os conteúdos de EMAn foram, 4.564 kcal/kg para o GVB e 3.069 kcal/kg para o GVS na matéria natural, aproximadamente 86% de digestibilidade (BATISTA, 2010).

Tabela 4 – Composição química e valores de energia bruta da glicerina vegetal bruta (GVB) e da glicerina vegetal semipurificada (GVS)

Composição	GVB	GVS
Matéria seca, %	97,46	95,62
Matéria mineral, %	4,57	2,56
Matéria orgânica, %	92,89	93,06
Na ⁺ , %	1,62	0,87
K ⁺ , %	0,17	0,12
CL ⁻ , %	0,46	0,36
Energia bruta, kcal/kg	5.275	3.585

Fonte: Batista (2010)

Devido à existencia de vários tipos de glicerina por causa da variação em sua composição, foi realizado um ensaio de metabolismo com finalidade de determinar o valor nutricional de quatro tipos de glicerina alimentando suínos machos castrados com peso médio de 45,08kg $\pm$ 4,11 kg. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 6, 12 e 18%. As glicerinas utilizadas foram:

Glicerina bruta vegetal provinda de óleo de soja (GBV);

Glicerina bruta mista provinda de óleo de soja e gordura animal (GBM);

Glicerina semi-purificada provinda de óleo de soja (GSPV) e

Glicerina semi-purificada mista provinda de óleo de soja e gordura animal (GSPM)

Os valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) das glicerinas foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (kcal/kg) versus consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM estão apresentados na Tabela 5 (CARVALHO et al., 2010).

Tabela 5 - Valores de energia digestível e energia metabolizável das quatro tipos de glicerina estudadas na fase de crescimento em suínos

Nutrientes		Glicerinas		
Digestíveis	GVB	GBM	GSPV	GSPM
ED, kcal/kg	5.040	5.234	3.777	3.090
EM, kcal/kg	4.480	4.707	2.731	2.210
EM:ED	0,88	0,90	0,72	0,72

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2010)

Diante dos resultados apresentados com frangos de corte, suínos, galinhas poedeiras e codornas, a glicerina bruta apresenta grande potencial energético para alimentação animal. Porém é necessário conhecer o tipo de glicerina para utilizar o seu adequado valor energético.

2.5 Alguns fatores relevantes na utilização da glicerina bruta

Como visto anteriormente, a glicerina bruta oriunda da produção de biodiesel é composta por glicerol e alguns outros compostos, resíduos do processo de fabricação. Dentre estes resíduos ou compostos é encontrado o metanol. O metanol contido na glicerina provém do processo de transesterificação dos óleos vegetais e gorduras animais da produção do biodiesel.

Dependendo da quantidade de metanol presente na glicerina, sua utilização seria inviável, pois o metanol é tóxico (DOPPENBERG; VAN DER AAR, 2007). Níveis altos de metanol podem resultar em cegueira nos frangos de corte e suínos, porém não há relatos de efeitos colaterais do metanol em animais alimentados com glicerina bruta (FERGUSON, 2007). A toxidez do metanol é provavelmente devida a sua metabolização em ácido fórmico ou formaldeído, e este ocasiona efeitos danosos seletivos nas células retinianas, dentre outros.

Foi relatado que o álcool metílico é metabolizado e excretado (renal, se ingerido e pulmonar, se inalado) aproximadamente em níveis iguais a 1/5 dos do álcool etílico, isto demonstra certa lentidão (DREISBACH, 1975).

Outro resíduo importante encontrado na glicerina bruta oriunda da produção de biodiesel é o sódio. No processo de obtenção do biodiesel este contaminante provém do catalisador (hidróxido de sódio ou metilato de sódio) utilizado na separação da molécula de

triglicerídeo (EXPEDITO, 2008). Durante este processo parte do catalisador vai ser encontrado na glicerina.

Quando utilizamos a glicerina como ingrediente de rações é muito importante saber sua composição de sódio e/ou potássio para que a ração seja adequadamente formulada de acordo com a exigência nutricional dos animais, uma vez que estes compostos em excesso podem causar um desbalanço eletrolítico no animal (CERRATE et al., 2006).

2.6 Efeitos da utilização da glicerina bruta na alimentação de aves

Devido ao possível potencial da glicerina bruta como ingrediente energético para alimentação animal, realizaram-se alguns experimentos com intuito de verificar os efeitos nos animais.

Foi realizado um estudo de desempenho com frangos de corte incluindo níveis crescentes de glicerina bruta (0, 5 e 10%) nas dietas. A glicerina continha 3.596 kcal/kg de energia bruta e foi considerado o valor de 3.527 kcal/kg de energia metabolizável. Verificou-se que a inclusão de 10% de glicerina bruta na ração no período total de criação apresentou certa queda no desempenho, diminuindo o consumo de ração e peso final e piorando a conversão alimentar (CERRATE et al., 2006).

Diante destes resultados os mesmos autores realizaram um segundo experimento diminuindo a inclusão de glicerina bruta (0; 2,5 e 5%) na dieta. Foi verificado que a inclusão de 5% de glicerina bruta na ração no período total de criação foi similar ao tratamento controle, favorecendo o rendimento de peito nas aves (Tabela 6).

Foram testados níveis de inclusão de 0, 5, 10, 15, 20 e 25% de glicerol na dieta de frangos de corte até 31 dias de idade. Com isso, observou-se aumento na retenção de nitrogênio até o nível de 20% de inclusão (SIMON et al., 1996). Isto explica o fato de frangos de corte submetidos a rações contendo glicerina depositar maior proteína corporal, beneficiando os rendimentos de cortes (SUMMERS et al., 1988).

O glicerol favorece a deposição de proteína através da redução da utilização de aminoácidos gliconeogênicos na via gliconeogênica. A inclusão de 5% de glicerina bruta na ração parece ideal para alimentação de frangos de corte (LESSARD et al., 1993; CERRATE et al., 2006)

Tabela 6 - Efeito da inclusão de níveis de glicerina bruta sobre o desempenho de frangos de corte em dois experimentos no período de 1 a 42 dias de criação

Experimento I Variáveis	Inclusão glicerina (%)			Coeficiente de variação (%)
	0	5	10	
Ganho de peso (kg)	2,871 ^a	2,879 ^a	2,706 ^b	2,94
Consumo ração (kg)	4,886 ^a	4,856 ^{ab}	4,735 ^b	2,38
Conversão alimentar (kg)	1,732 ^a	1,709 ^a	1,768 ^b	1,73
Rendimento de peito (%)	26,45	26,73	26,98	8,21
Experimento II	0	2,5	5	
Ganho de peso (kg)	2,618	2,712	2,709	3,43
Consumo ração (kg)	4,226	4,332	4,337	3,03
Rendimento de peito (%)	25,16 ^b	25,80 ^a	25,96 ^a	7,27

Fonte: Adaptado Cerrate (2006)

Alguns autores verificaram que a inclusão de até 10% de glicerol na ração não apresentou efeito negativo no desempenho de frangos de corte (SIMON et al., 1996).

Foram testados a inclusão de 4, 8, 12 e 16% de glicerina vegetal bruta e glicerina vegetal semipurificada na alimentação de codornas. Não houve diferença para o ganho de peso e consumo de ração para ambos produtos, porém houve uma piora linear da conversão alimentar das codornas conforme o aumento de inclusão do glicerina semi-purificada. Foi observado aumento na umidade das excretas das codornas com a inclusão de glicerina nas rações. Este fato pode ser explicado pelo aumento de 0,16% de sódio na dieta quando incluído 10% de glicerina, uma vez que a ração não foi balanceada para sódio (BATISTA, 2010).

Em galinhas poedeiras foi reportado que a inclusão de glicerina bruta na dieta até 15% não apresentou efeito negativo no consumo de ração (104 g/dia), produção de ovos (93%), peso de ovo (56,1g) durante os dez dias de experimento (LAMMERS, 2008b). Incluindo até 6% de glicerina bruta nas rações de poedeiras, também não foi observado qualquer efeito negativo sobre o desempenho, características dos ovos (peso, massa, albúmem e clara) e parâmetros de qualidade do ovo (SWIATKIEWICZ; KORELESKI, 2009).

2.7 Efeitos da utilização da glicerina bruta na alimentação de suínos

Devido à glicerina conter alta energia e haver possibilidade de inclusão em rações como ingrediente energético, realizou-se alguns estudos com suínos em diferentes fases de criação para avaliação do desempenho, características de carcaça e análise da qualidade de carne destes animais, submetidos à dietas contendo glicerina bruta.

Foi avaliada a inclusão de glicerina bruta na dieta de 96 leitões desmamados com 21 dias. Estes animais foram alimentados com rações contendo 0, 5 e 10% de inclusão de glicerina bruta (84,1% de glicerol, 0,32% de metanol e 1,20% de sódio) por 138 dias. Foram feitas cinco dietas de acordo com as exigências nutricionais. O desempenho dos suínos, as características de carcaça e a qualidade da carne não foram afetadas pelos níveis de inclusão de glicerina na dieta. Tanto o tecido dos olhos, quanto do fígado e rins não apresentaram quaisquer lesão, evidenciando que a concentração de metanol não afetou os animais (LAMMERS et al., 2008c).

Avaliando a inclusão de 5 e 10% de glicerina bruta (84,5% de glicerol e 320 ppm de metanol) na alimentação de leitões em fase de creche, não foi observado diferença no desempenho destes animais (LAMMERS et al., 2007b). Posteriormente, resultados benéficos foi observado ao fornecer 3 e 6% de glicerina na dieta de leitões ($11\text{kg} \pm 1,3$), houve aumento linear no ganho diário de peso, sem afetar o consumo diário de ração e conversão alimentar (GROESBECK et al., 2008).

O uso de glicerol bruto ou purificado, em até 10 % na dieta de suínos em crescimento e terminação, proporcionou melhor conversão alimentar, porém sem afetar o ganho diário de peso e o consumo de ração, quando comparado ao tratamento controle na fase de crescimento. Quanto às características de carcaça não houve diferença significativa (KIJORA et al., 1997). Posteriormente, corroborando com estes resultados foi relatado que a inclusão de 9% de glicerina bruta (80% de glicerol) na dieta de suínos não alterou as características de carcaça, porém também não alterou o desempenho destes animais (BERENCHTEIN, 2008).

Utilizando 0 e 5% de glicerina bruta na dieta de suínos observou-se que a adição de glicerina na alimentação favoreceu a capacidade de retenção de água no músculo, melhorando a qualidade da carne, conforme demonstrado na Tabela 7 (MOUROT et al., 1993). Adiante, foi evidenciado que a adição de até 10% de glicerol na dieta de suínos em crescimento não alterou a qualidade de carne (KIJORA et al., 1997; LAMMERS, 2008).

Tabela 7 - Efeito do glicerol sobre qualidade da carne e metabólitos do plasma

Peso (kg)	Análises	Glicerol, %	
		0	5
35 a 102	Perdas por gotejamento	1,81 ^b	1,31 ^a
80 a 110	Rendimento de cozimento	100% ^a	101,9% ^b
35 a 102	Colesterol, g/l	0,88 ^a	0,93 ^b

Fonte: Adaptado de Mourot et al. (1993)

Verificou-se que a glicerina bruta (90,7% de glicerol e 136 ppm de metanol) favoreceu a peletização de rações. Incluindo 3, 6, 9, 12 e 15% de glicerol bruto em rações a ser peletizadas, foi observado melhora na eficiência de produção e no índice de durabilidade do pélete (PDI), demonstrado na Tabela 8 (GROESBECK et al., 2008).

Tabela 8 – Efeito da adição de glicerol bruto na produção de pelete

Item	Inclusão de glicerol bruto (%)						Valor P Linear
	0	3	6	9	12	15	
PDI (%)	90,1 ^a	92,1 ^b	93,5 ^{bc}	95,7 ^c	94,9 ^c	94,7 ^c	< 0,01
Eficiência de Produção (kWh/t)	8,41 ^a	7,51 ^{bc}	7,12 ^{bc}	7,81 ^{ab}	6,72 ^c	6,12 ^d	< 0,01

Fonte: Adaptado de Groesbeck (2008)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalações experimentais e animais

Este trabalho foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Esalq/USP, em Piracicaba-SP. As aves foram alojadas em um aviário experimental, que possui 32 metros de comprimento por 8 metros de largura e 3 metros de pé-direito. Sua orientação é Noroeste-Sudeste, coberto com telhas de barro, piso revestido de concreto, contém muretas laterais de alvenaria com 60 centímetros de altura, completamente telado e equipado com cortinas laterais. Em seu interior existe um forro de plástico e uma sobrecortina interna. O aviário é dividido em duas fileiras de 18 boxes cada uma, totalizando 36 boxes, sendo que as fileiras são separadas por um corredor de 2 m de largura. Cada box possui área de 4,5 m² e uma porta de acesso ao corredor. Os boxes foram equipados com bebedouro infantil e adulto pendular e comedouro infantil e adulto tubular com capacidades respectivamente para 4 kg e 35 kg de ração. Foi utilizada uma camada de 10 cm de casca de arroz como material de cama e folhas de eucatex na forma de círculo, para manutenção do ambiente adequado ao desenvolvimento dos pintinhos até a segunda semana de vida, campânulas a gás, em função da temperatura do ambiente e termômetro de máxima e mínima para o monitoramento diário da temperatura do galpão.

Foram criados 1575 frangos machos da linhagem Cobb 500, adquiridos de um incubatório comercial localizado em Tatuí, SP. Os pintos foram alojados com um dia de vida e peso médio inicial de 45,5g $\pm$ 3,3g.

3.2 Tratamentos e dietas basais

Foram testados cinco tratamentos, sendo eles:

- sem inclusão de glicerina - dieta basal à base de milho, farelo de soja e óleo de soja;
- 2,5% - dieta basal com inclusão de 2,5% de glicerina bruta;
- 5% - dieta basal com inclusão de 5% de glicerina bruta;
- 7,5% - dieta basal com inclusão de 7,5 % de glicerina bruta;
- 10% - dieta basal com inclusão de 10% de glicerina bruta.

A glicerina bruta utilizada nas rações foi fornecida pela empresa ADM do Brasil Ltda. Foi coletada uma amostra de glicerina e enviada ao laboratório CBO Análises em Campinas-SP. As análises realizadas estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição da glicerina bruta utilizada nas rações

Análises	Unidade	Resultado
Umidade e voláteis	%	14,92
Glicerol	%	83,4
Fósforo Total	%	0,09
Sódio	%	1,18
Potássio	%	0,22
Metanol	mg/L	208
Acidez	%	1,3

Laboratório CBO Análises, Campinas-SP.

Nas formulações das rações foi considerado o valor energético de 4.320 kcal EB/kg de glicerol, bem como o teor de glicerol na glicerina bruta e os níveis de sódio e cloro presentes no material utilizado. A glicerina bruta utilizada continha 83,4% de glicerol e para a mesma foi considerada a energia metabolizável para aves de 3.422 kcal/kg, baseado em Dozier et al. (2008).

Nas formulações das rações pré-inicial e inicial foi utilizado sal comum como fonte de sódio e nas rações de crescimento e final também foi utilizado o bicarbonato de sódio. As composições percentuais das dietas e os valores nutricionais calculados podem ser encontrados nas Tabelas 10, 11, 12 e 13.

O programa nutricional utilizado durante o experimento foi composto por quatro rações, destinadas às diferentes fases de criação das aves: pré inicial de 1 a 7 dias, inicial de 7 a 21 dias; crescimento de 21 a 35 dias e final de 35 a 42 dias. As rações foram fornecidas *ad libitum* durante todo o período experimental, na forma farelada e formuladas conforme os níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al. (2005).

Para introduzir a glicerina nas rações foi estirada uma lona de plástico no chão, sobre a qual toda glicerina a ser incorporada na ração foi primeiramente misturada ao farelo de soja e aguardado um tempo necessário para que a glicerina fosse absorvida pelo farelo de soja. Com isso, ela pode ser colocada juntamente com os demais ingredientes das rações, sem que ocorresse formação de grumos no misturador.

Tabela 10 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de 1 a 7 dias

Ingrediente	Inclusão de Glicerina (%)				
	0	2,5	5,0	7,5	10,0
Milho moído	54,500	51,755	49,000	46,264	43,519
Farelo de soja 45%	38,587	38,896	39,205	39,514	39,823
Óleo de soja	2,394	2,394	2,394	2,395	2,395
Glicerina	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000
Fosfato bicálcico	1,935	1,944	1,953	1,961	1,970
Calcário	0,935	0,929	0,924	0,919	0,913
Sal comum	0,517	0,444	0,371	0,298	0,225
DL-Metionina	0,367	0,373	0,379	0,384	0,390
L-lisina.HCl	0,342	0,339	0,336	0,334	0,331
L-Treonina	0,137	0,139	0,142	0,145	0,148
Suplemento vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de Colina 60%	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Agente anticoccidiano ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento mineral ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor de crescimento ⁴	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Valores calculados:					
EM (kcal/kg)	2.960	2.960	2.960	2.960	2.960
PB (%)	22,63	22,54	22,46	22,38	22,29
Met + cist. dig. (%)	0,968	0,968	0,968	0,968	0,968
Metionina dig. (%)	0,670	0,673	0,676	0,679	0,683
Lisina dig. (%)	1,363	1,363	1,363	1,363	1,363
Treonina dig (%)	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886
Cálcio (%)	0,942	0,942	0,942	0,942	0,942
Fósforo disp. (%)	0,471	0,471	0,471	0,471	0,471
Sódio (%)	0,224	0,224	0,224	0,224	0,224
Número de Mongin (mEq/kg)	216,95	217,99	219,02	220,06	221,06

¹ Quantidade por kg de ração: vit.A - 10.000UI; vit. D3 - 3.000UI; vit.E - 40UI; vit. K3 - 3mg; vit. B1 - 2mg; vit. B2 - 6mg; vit. B6 - 4mg; vit. B12 - 20mg; ácido nicotínico - 40mg; ácido pantotênico - 12mg; biotina - 0,15mg; ácido fólico - 1mg; selênio - 0,25mg.

² Coxistac - 12% Salinomicina.

³ Quantidade por kg de ração: manganês - 80mg; ferro - 50mg; zinco - 50mg; cobre - 10mg; cobalto - 1mg; iodo - 1mg.

⁴ Halquinol BP 80 - 98% clorohidroxiquinolina.

Tabela 11 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de 7 a 21 dias

Ingrediente	Inclusão de Glicerina (%)				
	0	2,5	5,0	7,5	10,0
Milho moído	57,313	54,261	51,209	48,157	45,105
Farelo de soja 45	35,285	35,859	36,435	37,010	37,585
Óleo de soja	3,321	3,377	3,433	3,489	3,545
Glicerina	0,000	2,500	5,000	7,500	10,00
Fosfato bicálcico	1,836	1,843	1,851	1,859	1,866
Calcário	0,904	0,898	0,892	0,886	0,880
Sal comum	0,502	0,429	0,356	0,283	0,210
DL-Metionina	0,269	0,272	0,276	0,279	0,284
L-Lisina.HCl	0,218	0,207	0,197	0,186	0,210
L-Treonina	0,066	0,065	0,065	0,064	0,063
Suplemento Vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de Colina 60%	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Agente anticoccidiano ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento Mineral ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor de crescimento ⁴	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Valores calculados:					
EM (kcal/kg)	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050
PB (%)	21,14	21,14	21,14	21,14	21,14
Met + Cist. dig. (%)	0,844	0,844	0,844	0,844	0,844
Metionina dig. (%)	0,559	0,561	0,563	0,566	0,568
Lisina dig. (%)	1,189	1,189	1,189	1,189	0,189
Treonina dig (%)	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773
Cálcio (%)	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899
Fósforo disp. (%)	0,449	0,449	0,449	0,449	0,449
Sódio (%)	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
Número de Mongin (mEq/kg)	203,47	205,53	207,60	209,66	211,72

¹ Quantidade por kg de ração: vit.A - 10.000UI; vit. D3 - 3.000UI; vit.E - 40UI; vit. K3 - 3mg; vit. B1 - 2mg; vit. B2 - 6mg; vit. B6 - 4mg; vit. B12 - 20mg; ácido nicotínico - 40mg; ácido pantotênico - 12mg; biotina - 0,15mg; ácido fólico - 1mg; selênio - 0,25mg.

² Coxistac - 12% Salinomicina.

³ Quantidade por kg de ração: manganês - 80mg; ferro - 50mg; zinco - 50mg; cobre - 10mg; cobalto - 1mg; iodo - 1mg.

⁴ Halquinol BP 80 - 98% clorohidroxiquinolina.

Tabela 12 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de 21 a 35 dias

Ingrediente	Inclusão de Glicerina (%)				
	0	2,5	5,0	7,5	10
Milho moído	60,005	56,953	53,903	50,851	47,858
Farelo de soja 45%	31,745	32,320	32,895	33,470	34,035
Óleo de soja	4,352	4,408	4,463	4,519	4,556
Glicerina	0,000	2,500	5,000	7,500	10,00
Fosfato bicálcico	1,691	1,699	1,706	1,714	1,721
Calcário	0,855	0,849	0,843	0,837	0,831
Bicarb. de sódio	0,364	0,363	0,360	0,360	0,273
Sal comum	0,230	0,158	0,087	0,014	0,000
DL-Metionina	0,245	0,249	0,243	0,257	0,260
L-Lisina.HCl	0,211	0,201	0,189	0,179	0,169
L-Treonina	0,055	0,054	0,054	0,053	0,052
Cloreto de Colina 60%	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Suplemento vitamínico ¹	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Suplemento Mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Agente anticoccidiano ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor de crescimento ⁴	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Valores calculados:					
EM (kcal/kg)	3.150	3150	3.150	3.150	3.150
PB (%)	19,73	19,73	19,73	19,73	19,73
Met + Cist. dig. (%)	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Metionina dig. (%)	0,520	0,522	0,525	0,527	0,529
Lisina dig. (%)	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099
Treonina dig. (%)	0,714	0,714	0,714	0,714	0,714
Cálcio (%)	0,837	0,837	0,837	0,837	0,837
Fósforo disp. (%)	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
Número de Mongin (mEq/kg)	230,38	232,33	234,05	236,11	228,19

¹ Quantidade por kg de ração: vit.A – 8.000UI; vit. D3 – 2.400UI; vit.E – 32UI; vit. K3 – 2,4mg; vit. B1 – 1,6mg; vit. B2 – 4,8mg; vit. B6 – 3,2mg; vit. B12 – 16mg; ácido nicotínico – 32mg; ácido pantotênico – 9,6mg; biotina – 0,12mg; ácido fólico – 0,8mg; selênio – 0,2mg.

² Quantidade por kg de ração: manganês – 80mg; ferro – 50mg; zinco – 50mg; cobre – 10mg; cobalto – 1mg; iodo – 1mg.

³ Coxistac – 12% Salinomicina.

⁴ Halquinol BP 80 – 98% clorohidroxiquinolina.

Tabela 13 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de 35 a 42 dias

Ingrediente	Inclusão de Glicerina (%)				
	0	2,5	5	7,5	10
Milho moído	64,477	61,425	58,373	55,341	52,346
Farelo de soja 45%	27,652	28,227	28,802	29,374	29,938
Óleo de soja	4,222	4,278	4,334	4,383	4,419
Glicerina	0,000	2,500	5,000	7,500	10,000
Fosfato bicálcico	1,539	1,546	1,554	1,561	1,569
Calcário	0,813	0,807	0,801	0,795	0,789
Bicarb. de sódio	0,350	0,350	0,350	0,320	0,235
Sal comum	0,214	0,141	0,068	0,016	0,000
DL-Metionina	0,240	0,244	0,248	0,251	0,255
L-Lisina.HCl	0,268	0,257	0,247	0,236	0,226
L-Treonina	0,075	0,074	0,073	0,073	0,072
Suplemento Vitamínico ¹	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Suplemento Mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,500
Cloreto de Colina 60%	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Valores calculados:					
EM (kcal/kg)	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200
PB (%)	18,31	18,31	18,31	18,31	18,31
Met + Cist. dig. (%)	0,755	0,755	0,755	0,755	0,755
Metionina dig. (%)	0,498	0,501	0,503	0,505	0,507
Lisina dig. (%)	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048
Treonina dig. (%)	0,681	0,681	0,681	0,681	0,681
Cálcio (%)	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775
Fósforo disp. (%)	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386
Sódio (%)	0,198	0,198	0,198	0,198	0,198
Número de Mongin (mEq/kg)	212,69	214,75	216,82	215,45	207,82

¹ Quantidade por kg de ração: vit.A – 6.000UI; vit. D3 – 1.800UI; vit.E – 24UI; vit. K3 – 1,8mg; vit. B1 – 1,2mg; vit. B2 – 3,6mg; vit. B6 – 2,4mg; vit. B12 – 12mg; ácido nicotínico – 24mg; ácido pantotênico – 7,2mg; biotina – 0,09mg; ácido fólico – 0,6mg; selênio – 0,15mg.

² Quantidade por kg de ração: manganês – 80mg; ferro – 50mg; zinco – 50mg; cobre – 10mg; cobalto – 1mg; iodo – 1mg.

3.3 Experimento

Foram criados 1.575 frangos de corte machos de linhagem comercial Cobb 500 no período de 1 a 42 dias de idade, com peso médio inicial de $45,5\text{g} \pm 3,3\text{g}$. Os pintos foram sexados, pesados e distribuídos em grupos de 45 pintos por boxe, de modo que o peso médio fosse o mais homogêneo possível. Foram utilizados no total 35 boxes e cada um foi considerado uma unidade experimental. Os animais receberam ração e água a vontade durante todo período experimental.

3.4 Desempenho

Para a determinação das variáveis de desempenho (consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar, peso vivo e viabilidade) foram realizadas pesagens dos frangos e das rações semanalmente e diariamente verificadas as mortalidades quando existentes. As trocas de rações para cada fase de criação foram feitas juntamente com as pesagens. Primeiramente, era retirada a ração e pesado o comedouro para computar as sobras, se existente, e posteriormente eram pesadas as aves e retornado o comedouro com a nova ração. Foram efetuados diariamente a limpeza dos bebedouros, a reposição da ração, registro da mortalidade, registro da temperatura e umidade relativa do ar (Apêndice A).

3.5 Umidade da cama

No decorrer do experimento, a partir da terceira semana de idade, observou-se grande umidade na cama dos frangos, especialmente daqueles alimentados com 7,5% e 10% de glicerina bruta na dieta. Uma vez que o excesso de umidade na cama pode prejudicar o desempenho e até mesmo levar à condenação das carcaças, foi necessário avaliar o nível de umidade da cama.

Diante disso, ao final do experimento, foi coletado material de cama em três pontos distintos de cada boxe. Esse material foi devidamente homogeneizado e retiradas amostras de 150 gramas, que foram acondicionada em bandejas de alumínio e colocadas em estufa de circulação

forçada a 55 °C por 48 horas. Estas amostras foram posteriormente pesadas para o cálculo de umidade.

3.6 Características de carcaça

Ao final do experimento com 43 dias de idade foram abatidas duas aves por boxe para análise das características de carcaça.

Após a realização da última pesagem, foram retirados de cada boxe dois frangos que estivessem dentro do peso médio do seu boxe, com margem de variação de até cinco por cento. Estes frangos foram devidamente anilhados e separados, num total de 14 aves por tratamento. Cerca de dez horas antes do abate, foi retirada toda a ração dos frangos para o período de jejum, permitindo somente a ingestão de água.

O abate foi realizado no aviário do Departamento de Zootecnia da “Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz” em Piracicaba e procedeu do seguinte modo:

Foram abatidas 70 aves, cinco aves por vez, sendo uma de cada tratamento. Foram seguidos os seguintes passos:

As aves foram pesadas;

Feito insensibilização;

Feito sangria;

Feito escaldagem;

Feito depenagem

Feito evisceração;

Retirada da gordura abdominal e pesada;

Pesagem da carcaça eviscerada;

Feito os cortes de peito, asa, coxa e sobrecoxa e pesados;

Pesagem do dorso.

As características de carcaça analisadas foram: rendimento de carcaça, rendimento de peito, rendimento de coxa e sobrecoxa, rendimento de asa, rendimento de dorso e gordura abdominal.

3.7 Delineamento experimental e análise dos dados

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e sete repetições. Cada repetição foi considerada uma unidade experimental (boxe), contendo 45 aves. Foram avaliadas durante o período experimental as variáveis de desempenho e ao final as características de carcaça e umidade da cama de frango.

Os dados de características de carcaça, desempenho e umidade de cama de frango foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo PROC MIXED do SAS. Quando o fator nível apresentou efeito significativo ($P < 0,05$), foi realizada a decomposição dos graus de liberdade do fator nível em seus componentes individuais (linear, quadrático, cúbico e quarto grau), através dos polinômios ortogonais pelo PROC REG DO SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desempenho

Os apêndices B, C, D, E e F apresentam, respectivamente, os dados brutos semanais por unidade experimental de peso vivo, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade dos frangos de corte durante todo o período experimental.

Os resultados de desempenho de 1 a 7 dias de experimentação encontram-se na Tabela 14. A inclusão de níveis crescente de glicerina na dieta dos frangos neste período proporcionou aumento linear ($P < 0,05$) para o ganho de peso, consumo de ração e peso vivo, conforme ilustrado respectivamente nas Figuras 7, 8 e 9. Para a conversão alimentar e a viabilidade não houve efeito significativo ($P > 0,05$).

Tabela 14 – Médias, análise de variância e regressão do peso vivo aos 7 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no período de 1 a 7 dias de experimentação

Inclusão Glicerina (%)	Variáveis				
	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	VB (%)
0	199,2	152,7	166,7	1,092	100
2,5	196,6	150,4	162,3	1,080	100
5	209,3	162,3	169,7	1,047	99,6
7,5	210,8	164,3	171,2	1,042	98,7
10	211,3	165,1	176,6	1,070	99,6
Valor de P	0,0002	0,0002	0,0005	0,1162	0,3201
Regressão Linear	0,0002	0,0001	0,0004	NS	NS
CV ¹ (%)	3,68	4,56	3,61	2,72	1,26

¹ Coeficiente de variação;

NS = não significativo ($P > 0,05$).

Figura 7 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o ganho de peso dos frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade

Figura 8 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o consumo de ração dos frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade

Figura 9 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o peso vivo dos frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade

A inclusão de até 10% de glicerina bruta no período de criação de 1 a 7 dias foi favorável ao desempenho dos frangos de corte. Ocorreu aumento no consumo de ração, sem alterar a conversão alimentar, obtendo-se melhor peso vivo. Possivelmente o aumento no consumo de ração pode ser explicado pela glicerina favorecer a palatabilidade da ração por possuir sabor adocicado e possibilitar uma melhora na textura da mesma, conferindo certa maciez. A utilização de glicerina em rações fareladas pode ainda favorecer a diminuição da pulverulência das mesmas, podendo contribuir para um melhor consumo.

Resultados semelhante foram verificados com inclusão de 4% de glicerina purificada (isenta de metanol) em dietas de frangos na primeira semana de criação (FERNANDES et al., 2010) e inclusão de 3 e 6% de glicerina na alimentação de leitões em fase de creche (GROESBECK et al., 2008). Ambos autores atribuíram estes resultados a melhor palatabilidade das rações.

Discordando destes resultados, foi verificado que a inclusão de 5% de glicerina bruta (90% de glicerol e 0,5% de metanol) na dieta de frangos até 10 dias de idade provocou queda no consumo de ração (CAROLE et al., 2009). Mesmo os autores não considerando esta possibilidade, este resultado poderia ser atribuído a variação na composição da glicerina, pois a qualidade da mesma deve ser devidamente avaliada quando se pretende inclui-la em dietas

animais. Alguns quesitos na análise da glicerina, como exemplo a acidez, deveriam ser melhor considerados pelos pesquisadores, pois estes podem interferir diretamente na qualidade da glicerina, refletindo possivelmente no consumo de ração pelos animais. São necessários maiores estudos que determinem quais os parâmetros reais que uma glicerina deve satisfazer para sua utilização na alimentação animal.

Os resultados de desempenho de 1 a 21 dias de experimentação encontram-se na Tabela 15. Neste período houve redução linear ($P<0,05$) da viabilidade, efeito cúbico ($P<0,05$) para o consumo de ração e efeito de quarto grau ($P<0,05$) para o ganho de peso e peso vivo, conforme demonstrado nas Figuras 10, 11, 12 e 13. Para a conversão alimentar não houve efeito significativo ($P>0,05$).

Tabela 15 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 21 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no período de 1 a 21 dias de experimentação

Inclusão Glicerina	Variáveis				
(%)	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	VB (%)
0	1011	963	1337	1,388	99,05
2,5	1015	969	1323	1,365	99,05
5	1044	997	1352	1,355	97,17
7,5	1016	968	1352	1,398	96,70
10	1026	980	1341	1,368	97,15
Valor de P	0,0277	0,0223	0,0209	0,0584	0,0064
Regressão Linear	NS	NS	NS	NS	0,0049
Regressão cúbica	NS	NS	0,0378	NS	NS
Regressão 4º grau	0,0485	0,0401	NS	NS	NS
CV ¹ (%)	2,27	2,18	1,47	2,37	1,97

¹ Coeficiente de variação;

NS = não significativo ($P>0,05$).

Figura 10 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre a viabilidade dos frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade

Figura 11 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o consumo de ração dos frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade

Figura 12 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o ganho de peso dos frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

Figura 13 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o peso vivo dos frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

Apesar de normalmente não ser demonstrado em trabalhos efeitos cúbico e de quarto grau pela dificuldade de explicar estes efeitos em termos fisiológicos nos animais, optou-se pela demonstração destes efeitos para evidenciar que a inclusão de 5% de glicerina bruta no período de 1 a 21 dias de idade foi satisfatória. Corroborando com estes resultados, Cerrate et al.

(2006) relataram que frangos de corte alimentados com 10% de glicerina na dieta no período de 1 a 14 dias já apresentavam queda no desempenho, sendo ideal a inclusão máxima de 5% de glicerina.

De acordo com a Figura 11, o consumo de ração incluindo 5 e 7,5% de glicerina bruta na dieta no período de 1 a 21 dias de idade foi similar, porém o consumo de ração dos frangos alimentados com 5% de glicerina, proporcionou melhor ganho de peso, mantendo a conversão alimentar similar à dos demais tratamentos. Com isso, os frangos de corte alimentados com 5% de glicerina chegaram ao final do período de 21 dias com peso vivo 3,3 % superior ao do tratamento controle. No entanto, a viabilidade decresceu linearmente em cerca de 1,88% .

Discordando destes resultados, ao fornecer 0, 4, 8 e 12% de glicerol puro na dieta de frangos no período de 6 a 19 dias houve aumento linear no consumo de ração (813 g a 915g), porém a conversão alimentar piorou linearmente (1,34 a 1,52) (OLIVEIRA et al., 2010). Neste trabalho é possível supor que o aumento no consumo ocorreu em função de uma superestimativa do nível energético do glicerol, o que pode ter resultado em valores de energia mais baixos do que os calculados. A piora na conversão alimentar reforça essa evidência, embora os autores não tenham levado em consideração esta possibilidade. Outros pesquisadores relataram que a utilização entre 8% de glicerina purificada isenta de metanol (FERNANDES et al., 2010) ou 10% de glicerol puro (SIMON et al., 1997) não apresentaram alterações no desempenho de frangos de corte no período inicial.

Os resultados de desempenho de 1 a 28 dias de experimentação encontram-se na Tabela 16. Neste período houve redução linear ($P<0,05$) para a viabilidade e efeito quadrático ($P<0,05$) para o consumo de ração, conforme demonstrado respectivamente nas Figuras 14 e 15. Para a conversão alimentar, ganho de peso e peso vivo não houve efeito significativo ($P>0,05$).

Tabela 16 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 28 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no período de 1 a 28 dias de experimentação

Inclusão Glicerina (%)	PV (g)	GP (g)	Variáveis CR (g)	CA	VB (%)
0	1717	1665	2505	1,504	98,41
2,5	1715	1665	2501	1,503	98,09
5	1743	1696	2546	1,501	97,14
7,5	1707	1656	2522	1,522	95,55
10	1697	1649	2483	1,505	95,55
Valor de P	0,1724	0,1712	0,0094	0,6825	0,0080
Regressão Linear	NS	NS	NS	NS	0,0007
Regressão Quadrática	NS	NS	0,0273	NS	NS
CV ¹ (%)	1,99	2,11	1,40	1,6	1,89

¹ Coeficiente de variação;

NS = não significativo ($P>0,05$).

De acordo com os dados apresentados para o período de 1 a 28 dias, a inclusão de 4,7% de glicerina na ração proporcionou maior consumo de ração pelos frangos, conforme demonstrado na Figura 15. Apesar de estatisticamente o ganho de peso e conversão alimentar não terem apresentado efeito significativo ($P>0,05$), possivelmente devido ao erro experimental, fisiologicamente os frangos que consumiram 5% de glicerina aumentaram seu consumo em 1,63% e seu ganho de peso em 1,8%, quando comparados com os frangos que não receberam glicerina na dieta. Isto significa que os frangos ganharam em peso proporcionalmente ao que comeram, mantendo a conversão alimentar semelhante à dos demais tratamentos.

Figura 14 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre a viabilidade dos frangos de corte no período de 1 a 28 dias de idade

Figura 15 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre o consumo de ração dos frangos de corte no período de 1 a 28 dias de idade

Incluindo níveis maiores de glicerol puro na dieta (5, 10, 15, 20 e 25%) no período de 1 a 31 dias, foi verificado que as inclusões de 20 e 25% de glicerol causaram queda no ganho de peso (30,2 e 26,6 g/animal/dia) dos frangos de corte quando comparados com o tratamento controle, 5 e 10% de inclusão (34,3; 34,9 e 35,3 g/ animal/dia). A conversão alimentar (1,65) não

se alterou até 10% de inclusão. A quantidade de glicerol no plasma duas horas após a alimentação dos animais com as dietas experimentais variou de 0,65 mmol/l (tratamento controle) para 4,36 mmol/L (inclusão de 5% de glicerina) e para 54,17 mmol/L (inclusão de 25% de glicerina) (SIMON et al., 1997). De acordo com os dados avaliados, a inclusão de 5 a 10% de glicerol se mostrou benéfica.

Os resultados de desempenho de 1 a 35 dias de experimentação encontram-se na Tabela 17. Neste período houve redução linear ($P < 0,05$) da viabilidade dos frangos de corte com inclusão de níveis crescentes de glicerina bruta na dieta, conforme demonstrado na Figura 16. Para as demais variáveis de desempenho não houve efeito significativo ($P > 0,05$).

Tabela 17 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 35 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no período de 1 a 35 dias de experimentação

Inclusão Glicerina (%)	Variáveis				
	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	VB (%)
0	2433	2403	3803	1,583	97,46
2,5	2449	2397	3742	1,570	97,46
5	2448	2401	3774	1,572	96,19
7,5	2418	2372	3764	1,587	94,29
10	2370	2323	3675	1,582	94,29
Valor de P	0,3048	0,1662	0,0601	0,6062	0,0007
Regressão Linear	NS	NS	NS	NS	0,0007
CV ¹ (%)	2,56	2,32	2,09	1,21	2,21

¹ Coeficiente de variação;

NS = não significativo ($P > 0,05$).

Figura 16 – Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre a viabilidade dos frangos de corte no período de 1 a 35 dias de idade

A viabilidade (94,29%) reduziu neste período 3,17 % com a máxima inclusão de glicerina bruta na dieta, quando comparada com o tratamento controle. Ainda assim, o resultado foi levemente superior à viabilidade média observada em sistemas de integração (94,5%) (PEREIRA, 2008). Estatisticamente não houve efeito para as demais variáveis de desempenho, no entanto, os frangos alimentados com 10% de glicerina bruta apresentaram menor consumo de ração com redução de 3,37%, refletindo provavelmente na redução de 3,33% no ganho de peso.

Resultados semelhantes também foram observados por Carole et al. (2009), que verificaram redução ($P < 0,05$) no consumo de ração (126 g/dia) dos frangos de corte alimentados com 10% com glicerina no período de 1 a 35 dias.

Os resultados de desempenho de 1 a 42 dias de experimentação encontram-se na Tabela 18. Neste período não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para as variáveis de desempenho.

Tabela 18 – Médias, análise de variância e análise de regressão do peso vivo aos 42 dias (PV) e de, ganho diário de peso (GP), consumo diário de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (VB) no período de 1 a 42 dias de experimentação

Inclusão Glicerina (%)	PV (g)	GP (g)	Variáveis CR (g)	CA	VB (%)
0	3207	3170	5348	1,686	95,5
2,5	3174	3117	5208	1,671	94,9
5	3190	3132	5275	1,684	93,9
7,5	3186	3131	5324	1,700	93,6
10	3091	3039	5144	1,692	92,0
Valor de P	0,2407	0,1273	0,0910	0,2388	0,1801
CV ¹ (%)	3,13	2,92	2,95	1,42	2,78

¹ Coeficiente de variação.

Apesar de não ter sido detectado efeito significativo ($P > 0,05$) para o ganho de peso, possivelmente devido a algum erro experimental, houve uma redução de 131 g no ganho de peso dos frangos alimentados com 10% de glicerina bruta em relação aos animais que não consumiram glicerina, representando cerca de 4,2% de perda de peso. Valor próximo de perda de peso (5,75%) também foi observado em frangos alimentados com dietas contendo 10% de glicerina bruta (CERRATE et al., 2006).

Quando consideramos que um produtor é remunerado por peso do frango vivo produzido, perder 131g por frango é altamente significativo. Pressupondo em termos numéricos que um produtor tenha alojado 20.000 frangos por galpão e que o preço por kg do frango vivo esteja a R\$ 1,90. Com a perda de 130 g por frango, o produtor deixaria de ganhar aproximadamente R\$ 4.900,00 por galpão alojado. Diante disto, é necessário avaliar com cautela a quantidade de glicerina que deve ser incluída na dieta dos frangos quando a forneceremos durante o período total de criação.

As perdas observadas na viabilidade foram atribuídas em cerca de 65% por mortalidade e 35% por refugagem. As refugagens ocorreram ao longo de todo experimento, possivelmente decorrentes de problemas de incubatório (desuniformidade e problemas de perna). Grande parte da mortalidade foi identificada como morte súbita. Com a inclusão máxima de 10% de glicerina durante o período total de criação, foi observada redução de 3,5% na viabilidade dos frangos em relação ao tratamento controle.

Observando os dados estatísticos a inclusão de até 10% de glicerina bruta na ração no período total de criação foi viável. Resultados próximos com inclusão de 8% de glicerina purificada (isenta de metanol) na ração não alterou o desempenho dos frangos de corte (FERNANDES et al., 2010).

Para suínos a inclusão de 9 a 10% de glicerina bruta na alimentação parece ser ideal (BERENCHTEIN, 2008; LAMMERS et al., 2008).

4.2 Características de carcaça

Os resultados de características de carcaça aos 43 dias de experimentação encontram-se na Tabela 19. O apêndice G apresenta os dados brutos das variáveis de carcaça para cada unidade experimental.

Apesar do rendimento de peito ter aumentado 1,73% (uma variação de 4,5%), não foi detectada diferença significativa ($P>0,05$) mediante a inclusão de níveis crescentes de glicerina bruta na dieta. Para as demais características de carcaça também não houve efeito ($P>0,05$) significativo dos níveis crescentes de glicerina bruta na dieta no período total de criação dos frangos. Resultados semelhantes foram verificados ao incluir até 10% de glicerol puro na dieta no período de 1 a 35 dias (GIANFELICI, 2009)

Tabela 19 – Médias e análise de variância do rendimento de carcaça (RC), rendimento de peito (RP), rendimento de coxa e sobrecoxa (RCS), rendimento de asa (RA), rendimento de dorso (RD) e gordura abdominal (GA) aos 43 dias de experimentação

Inclusão Glicerina (%)	Características de carcaça					
	RC (%)	RP (%)	RCS (%)	RA (%)	RD (%)	GA (g)
0	74,14	37,97	30,19	10,81	18,91	50,67
2,5	73,46	37,92	31,07	11,07	18,85	54,10
5	73,66	38,18	30,60	11,16	18,72	55,35
7,5	73,11	38,69	29,87	10,94	19,13	57,93
10	73,62	39,70	30,29	11,28	17,61	47,61
Valor de P	0,7909	0,2238	0,4002	0,5695	0,1206	0,3271
CV ¹ (%)	2,82	5,68	5,40	6,95	8,60	25,79

¹ Coeficiente de variação.

Os dados apresentados discordam do estudo realizado por Cerrate (2006), que evidenciou aumento significativo ($P < 0,05$) de 3% no rendimento de peito dos frangos de corte alimentados com 2,5 e 5% de glicerina bruta na dieta, possivelmente devido ao potencial gliconeogênico do glicerol (SUMMERS et al., 1988).

A inclusão de até 10% de glicerina bruta nas dietas não ocasionou diferenças significativas para as características de carcaça. Com exceção do coeficiente de variação (CV) do rendimento de peito, os demais podem ser considerados altos, de acordo com as faixas de CV estabelecidas como medida da precisão em experimentos com frangos de corte (MOHALLEM et al., 2008). Este fato pode ter sido favorecido devido a algum erro experimental.

Foi evidenciado que a inclusão de 10% de glicerina na dieta de frangos ocasionou redução no rendimento de carcaça (72,85% a 72,17%), sem alterar o rendimento de peito e de pernas, porém incluindo até 5% de glicerina na ração houve aumento no rendimento de peito (25,16 a 25,96%), sem alterar o rendimento de carcaça (CERRATE et al., 2006).

Com suínos a inclusão de 9 a 10% de glicerina bruta na dieta não ocasionou diferenças significativas nas características de carcaça (BERENCHTEIN, 2008; LAMMERS et al., 2008).

4.3 Umidade de cama.

Os resultados de umidade de cama aos 43 dias de experimentação encontram-se na Tabela 20. O apêndice H apresenta os dados brutos de umidade de cama para cada unidade experimental.

Tabela 20 – Umidade da cama de frango aos 43 dias de experimentação

Inclusão de Glicerina (%)	Umidade (%)
0	32,8
2,5	38,8
5	35,4
7,5	38,3
10	43,5
Valor de P	0,0009
Regressão Linear	0,0011
CV ¹ (%)	12,95

¹ Coeficiente de variação.

Aos 43 dias de idade das aves houve aumento linear ($P < 0,05$) na umidade da cama de frango mediante o aumento de inclusão de glicerina bruta na dieta, conforme demonstrado na Figura 17.

Este resultado pode ser atribuído à maior umidade nas excretas dos frangos de corte associada à alta umidade relativa do ar no período de experimentação. Pôde ser verificado visualmente um grande aumento na umidade das excretas dos frangos alimentados com 10% de glicerina bruta a partir da terceira semana de criação.

Figura 17 - Efeito dos níveis de inclusão de glicerina na dieta sobre a umidade de cama de frango no período de 1 a 43 dias de idade

Resultados semelhantes no aumento de umidade nas excretas foram verificados em codornas (BATISTA, 2010) e galinha poedeiras (LAMMERS et al., 2008) alimentadas com glicerina bruta e em frangos de corte alimentados com níveis acima de 7,5% de glicerol puro (GIANFELICI, 2009). Porém, nos experimentos de galinha e codorna o teor de sódio da glicerina não foi corrigido nas rações, excedendo possivelmente as recomendações nutricionais de sódio para estes animais.

Uma hipótese para o aumento na umidade das excretas seria a capacidade higroscópica do glicerol. Uma vez que o glicerol encontra-se em excesso no organismo do animal, ele pode ser excretado pelos rins através da urina pela filtração do sangue (LIN, 1977). Sendo assim, a água que seria reabsorvida se liga ao glicerol e ambos são filtrados pelos rins e

eliminados via urina. Isto provavelmente aumentaria o consumo de água dos animais, pois a água que estaria sendo reutilizada no organismo está sendo eliminada juntamente com o glicerol via urina. Esta suposição é reforçada no estudo de Gianfelici (2009), que relata que os frangos foram capazes de metabolizar as dietas contendo glicerol puro até o nível de 7,5%, e acima disto houve acréscimo do nível de glicerol livre no sangue, na excreção e consumo de água.

Embora não tenham sido atribuídos escores para as lesões de coxim plantar, foi possível observar durante o abate, maior gravidade de lesões nos coxim plantar dos frangos alimentados com 7,5 e 10% de glicerina bruta, possivelmente devido à maior umidade nas excretas ocasionando maior umidade na cama de frango (Figura18).

Figura 18 - Comparação dos coxim plantar de frangos submetidos ao tratamento com 10% de inclusão de glicerina (anilha laranja) e sem glicerina (anilha branca)

5 CONCLUSÃO

A inclusão de até 10% de glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel em rações de frangos de corte na fase pré-inicial de criação (1 a 7 dias) se mostrou viável, favorecendo o desempenho dos pintos. De acordo com o desempenho avaliado e a umidade de cama, a inclusão de até 5% de glicerina bruta para as demais fases de criação parece ser mais adequado.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2010.

AMSTALDEN, N. PORTAL. DO BIODIESEL. **Com mais biodiesel, sobra glicerina e crescem os riscos**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com>> Acesso em: 19 abr. 2010.

ARANDA, D. **Processos de produção de biodiesel**. [Palestra da semana do biodiesel, UFSCar, 2007]. Disponível em: <<http://www.labcat.org/ladebio/semana1/palestras/SemanaBiodiesel-3-Donato.pdf>> Acesso em: 21 abr. 2010.

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.

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

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

CAROLE, M.; CLAIRE, L.; PIERRE, A. Impact de l'utilisation de glycerine sur les performances des poulets de 1 a 35 jours. **Journées de La Recherche Avicole**, 2009. Disponível em: <www.cabi.org/animalscience/.../additionalFiles/.../29_fpd2009_margetyal.pdf> Acesso em: 05 out. 2010.

CARVALHO, P.L.O.; MOREIRA, I.; PIANO, L.M.; TOLEDO, J.B.; GALLEGOS, A.G.; CRUZ, T.M.P. 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.; YAN F.; WANG, Z.; COTO, C.; SACAKLI, P.; WALDROUP, P.W. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**, Arkansas, v. 5, p. 1001-1007, 2006.

COPPACK, S.W.; PERSSON, M.; JUDD, R.L.; MILES, J.M. 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.

DINIZ, G. De coadjuvante a protagonista: glicerina bruta obtida na produção de biodiesel pode ter muitas aplicações. [Entrevista]. **Ciência Hoje On-line**, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/3973>>. Acesso em: 24 mar. 2008.

DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P. **The nutritional value of biodiesel by-products: Part 2** Glycerine. Asia: Feed Business, 2007. 42-43p.

DOZIER III, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A.; KIDD, M.T.; WEBER, T.E.; BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, Ames, v. 87, p. 317-322, 2008.

DREISBACH, R.H. **Manual de envenenamentos**. Tradução de S. Schvartsman. São Paulo: Atheneu, 1975. 162 p.

EMMANUEL, B.R.B.; ROBBLEE, A.R. Rates of entry of alanine and glycerol and their contribution to glucose synthesis in fasted chickens. **British Poultry Science**, Germantwon, v. 24, p. 565-571, 1983.

EXPEDITO, J.S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br>> Acesso em: 17 set. 2008.

FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/details.html>>. Acesso em: 22 out. 2009.

FERGUSON, K. Biodiesel byproducts ups animals`energy. **Iowa State Daily**, 17th April, 2007. Disponível em: <<http://media.www.yowastatedaily.com/media/storage/paper818/news/2007/04/17/Fyi/Biodiesel.Byproduct/Ups/Animal/Energy-2845411.shtml>> of Phoenix. Retrieved 13th May>. Acesso em: 15 maio 2009.

FERNANDES, E.A.; MACHADO, C.A.; FAGUNDES, N.S.; FRANÇA, A.M.S.; RAMOS, G.C. Inclusão de glicerol purificado em dietas de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA FACTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2010, Santos. **Anais...** Santos: Facta, 2010. 1 CD-ROM.

FERRARI, R.A; OLIVEIRA, V.S; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

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

GONÇALVES, V.L.C. Biogasolina: 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.

GROESBECK, C.N.; MCKINNEY, L.J.; DEROUCHÉY, J.M.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; DITRIZ, S.S.; NELSEN, J.L.; DUTTLINGER, A.W.; FAHRENHOLZ, A.C.; BEHNKE, K.C. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**, Manhattan, v. 86, p. 2228-2236, 2008.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. 1993. Disponível em: <<http://www.iupac.org>>. Acesso em: 22 jul. 2009.

KATO, T.; HAYASHI, Y.; INOUE, K.; YUASA, H. Functional 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, 2004.

KIJORA, C.; BERGNER, H.; KUPSCH, R. D.; HAGEMANN, L. Glycerol as a feed component in fattening pigs. **German Arch Tierernahr**, Berlin, v. 47, p. 345-360, 1995.

KIJORA, C.; KUPSCH, R.D.; BERGNER, H.; WENK, C.; PRABUCKI, A.L. Comparative investigation on the utilization of glycerol, free fatty acids in combination with glycerol and vegetables oil in fattening of pigs. **Journal Animal Physical Animal Nutrition**, Sta. Monica, v. 77, p. 127-138, 1997.

LAMMERS, P.; HONEYMAN, M.; KERR, B.J.; WEBER, T. **Growth and performance of nursery pigs fed crude glycerol**. Ames: Iowa State University Animal Industry Report, 2007a. (Supplement).

LAMMERS, P.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K.; HONEYMAN, M. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 602-608, 2008a.

LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; HONEYMAN, M.S.; STALDER, K.; DOZIER III, W.A.; WEBER, T.E.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, Ames, v. 87, p. 104-107, 2008b.

LAMMERS, P.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; BREGENDAHL K.; LONERGAN, S.M.; PRUSA, D.U.; AHN, W.C.; STOFFREGEN, W.A.; DOZIER, W.A.; HONEYMAN, M. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerol-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 26, 2008c.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Nucleotídeos e ácidos nucléicos. In: _____. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1995. cap. 12, p. 242-268.

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

LIN, E.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 46, p. 765-795, 1977.

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

MENTEN, J.F.M.; PEREIRA, P.W.Z.; RACANICCI, A.M.C. Avaliação da glicerina proveniente da produção do biodiesel como ingrediente para rações de frango de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, São Paulo, supl. 10, p. 66, 2008.

MOHALLEM, D.F.; TAVARES, M.; SILVA, P.L.; GUIMARÃES, E.C.; FREITAS, R.F. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Uberlândia, v. 60, n. 2, p. 449-453, 2008.

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**, Gilles, v. 38, p. 237-244, 1994.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger principles of biochemistry**. 3rd ed. New York: Worth, 2000. 1152 p.

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. CD-ROM.

PEREIRA, A.W.Z. **Avaliação de complexo enzimático e betaína natural nas rações de frangos de corte criados em aviário comercial**. 2008. 46 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

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

PORTAL DA AVICULTURA. **Estatísticas e preços**. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br>> Acesso em: 10 mar. 2010.

ROSEBROUGH, R.W.; GEIS, E.; JAMES, P.; OTA, H.; WHITEHEAD, J. Effect of dietary energy substitutions on reproductive performance, feed efficiency and lipogenic enzyme activity on large white turkey hens. **Poultry Science**, Ames, v. 59, p. 1485-1492, 1980.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186 p.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**: user's guide. Version 9.1 ed. Cary, 2006.

SIMON, A.; BERGNER, H.; SCHWABE, M. Glycerol – Feed ingredient for broiler chickens. **Archive Animal Nutrition**, Amsterdam, v.49, p.103-112, 1996.

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

SUMMERS, J.D.; LEESON, S.; SPRATT, D. Yield and composition of edible meat from male broilers as influenced by dietary protein level and amino acid supplementation. **Canadian Journal Animal Science**, Ontario, v. 68, p. 241-248, 1988.

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, p. 615-619, 2009.

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

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

APÊNDICES

APÊNDICE A – Controle diário de temperatura e umidade relativa durante o período de experimentação

DATA	T M ¹ (°C)	T M ² (°C)	UR ³ (%)
02/09/09	32	21	60
03/09/09	34	23	78
04/09/09	33	23	92
05/09/09	26	23	81
06/09/09	30	23	95
07/09/09	27	23	70
08/09/09	30	22	91
09/09/09	29	23	91
10/09/09	27	24	84
11/09/09	30	23	72
12/09/09	30	23	63
13/09/09	30	22	60
14/09/09	30	23	80
15/09/09	27	20	74
16/09/09	28	21	70
17/09/09	29	21	71
18/09/09	29	24	72
19/09/09	30	22	88
20/09/09	27	22	81
21/09/09	27	20	89
22/09/09	24	19	90
23/09/09	24	19	97
24/09/09	25	19	81
25/09/09	23	15	68
26/09/09	26	16	67
27/09/09	31	21	48
28/09/09	33	23	79
29/09/09	31	23	88
30/09/09	24	17	74
01/10/09	22	16	70
02/10/09	28	19	66
03/10/09	31	21	78
04/10/09	30	20	72
05/10/09	30	19	63
06/10/09	32	22	82
07/10/09	30	21	75
08/10/09	30	20	88
09/10/09	23	16	73
10/10/09	25	16	74
11/10/09	27	15	64
12/10/09	31	20	88
13/10/09	29	19	79

¹ Temperatura máxima; ² Temperatura mínima; ³ Umidade relativa.

APÊNDICE B – Controle semanal do peso vivo dos frangos de corte por unidade experimental

Inclusão Glicerina (%)	Peso vivo (g)					
	1 a 7 dias	1 a 14 dias	1 a 21 dias	1 a 28 dias	1 a 35 dias	1 a 42 dias
0	200,0	522,7	1036	1748	2461	3215
0	205,3	522,7	1030	1739	2495	3186
0	194,2	511,1	1000	1700	2487	3386
0	199,6	533,3	1013	1705	2466	3250
0	198,9	522,7	1023	1755	2314	3055
0	207,6	533,3	1009	1691	2364	3130
0	188,9	511,1	964,4	1682	2448	3231
2,5	207,6	511,1	1002	1677	2373	3117
2,5	198,4	511,1	1020	1727	2404	3066
2,5	202,7	545,5	1041	1770	2541	3323
2,5	185,1	533,3	1002	1707	2470	3223
2,5	192,0	511,1	988,9	1648	2243	2968
2,5	192,7	533,3	1024	1752	2395	3214
2,5	198,2	533,3	1030	1727	2491	3305
5	213,8	534,9	1044	1774	2356	3057
5	190,2	534,9	1035	1688	2398	3112
5	206,2	522,7	1033	1737	2472	3264
5	216,7	511,1	1036	1744	2460	3191
5	205,1	568,2	1050	1761	2514	3244
5	219,6	568,2	1068	1768	2482	3265
5	213,8	545,5	1045	1732	2459	3202
7,5	213,1	536,6	1056	1737	2349	3105
7,5	209,8	534,9	1023	1688	2402	3181
7,5	212,4	522,7	1016	1712	2477	3235
7,5	216,7	555,6	991,1	1707	2438	3189
7,5	212,7	533,3	1019	1712	2453	3283
7,5	212,4	534,9	1033	1726	2379	3145
7,5	198,4	488,9	979,1	1670	2430	3167
10	206,4	522,7	1025	1700	2320	2967
10	210,9	522,7	1009	1779	2338	2988
10	202,4	522,7	988,4	1660	2400	3203
10	209,6	533,3	1016	1658	2281	2974
10	217,1	555,6	1044	1664	2338	3098
10	217,8	545,5	1061	1681	2424	3178
10	215,3	547,6	1043	1736	2490	3229

APÊNDICE C – Controle semanal do ganho de peso dos frangos de corte por unidade experimental

Inclusão Glicerina (%)	Ganho de peso (g)					
	1 a 7 dias	1 a 14 dias	1 a 21 dias	1 a 28 dias	1 a 35 dias	1 a 42 dias
0	153,1	471,3	984,9	1696	2410	3160
0	159,1	471,8	978,7	1688	2445	3135
0	148,4	465,3	954,2	1654	2441	3320
0	153,6	487,3	967,3	1646	2407	3191
0	151,8	475,4	975,4	1707	2410	3151
0	161,1	486,9	962,4	1645	2318	3065
0	142,2	464,4	917,8	1624	2390	3174
2,5	161,6	465,1	956,3	1631	2327	3068
2,5	152,4	465,1	974,0	1681	2358	3020
2,5	156,7	499,5	994,9	1724	2495	3277
2,5	139,1	487,3	956,2	1647	2410	3163
2,5	146,7	465,8	943,6	1587	2183	2908
2,5	145,3	486,0	977,1	1705	2348	3155
2,5	150,9	486,0	982,2	1680	2444	3230
5	166,7	487,5	996,8	1727	2308	3007
5	143,8	488,4	988,4	1642	2351	3065
5	158,7	475,2	985,0	1690	2425	3200
5	170,0	464,4	988,9	1698	2413	3144
5	158,9	522,0	1003,8	1715	2467	3140
5	172,4	520,4	1020,4	1720	2434	3217
5	166,0	497,7	997,7	1684	2411	3155
7,5	166,9	490,4	1009,9	1690	2303	3049
7,5	163,1	486,4	974,7	1640	2354	3120
7,5	165,8	475,3	968,5	1649	2414	3172
7,5	170,2	509,1	944,7	1660	2391	3142
7,5	165,6	486,2	963,0	1656	2398	3190
7,5	165,3	487,8	985,4	1678	2360	3126
7,5	153,1	443,6	931,0	1622	2382	3117
10	160,0	476,3	984,5	1659	2280	2927
10	164,0	475,8	962,2	1728	2287	2936
10	157,8	476,0	941,6	1614	2353	3139
10	162,9	486,7	964,2	1606	2230	2922
10	171,3	509,8	998,7	1619	2292	3046
10	170,9	498,6	1014,5	1634	2377	3122
10	169,1	500,6	995,8	1689	2443	3182

APÊNDICE D – Controle semanal do consumo de ração dos frangos de corte por unidade experimental

Inclusão Glicerina (%)	Consumo de ração (g)					
	1 a 7 dias	1 a 14 dias	1 a 21 dias	1 a 28 dias	1 a 35 dias	1 a 42 dias
0	170,4	609,6	1364,1	2546	3780	5393
0	172,2	622,0	1331,1	2497	3792	5192
0	163,8	614,8	1303,7	2466	3810	5522
0	171,6	628,0	1314,7	2477	3800	5368
0	162,9	612,5	1364,8	2524	3916	5328
0	168,5	611,4	1344,7	2485	3669	5193
0	158,0	607,6	1334,2	2544	3856	5438
2,5	168,7	605,4	1327,9	2460	3667	5197
2,5	160,3	599,4	1319,4	2477	3541	4908
2,5	165,2	617,2	1317,2	2526	3901	5438
2,5	156,1	606,1	1330,5	2486	3765	5243
2,5	162,7	603,6	1330,3	2544	3647	5030
2,5	160,3	614,1	1311,8	2521	3690	5269
2,5	163,0	617,2	1322,5	2497	3782	5374
5	176,8	625,1	1385,6	2588	3713	5128
5	156,1	596,7	1338,6	2520	3699	5118
5	163,9	610,7	1355,8	2549	3814	5397
5	173,0	631,9	1325,3	2532	3795	5299
5	172,8	645,9	1348,2	2555	3882	5326
5	174,8	644,7	1349,3	2536	3756	5323
5	171,0	620,4	1361,3	2543	3763	5335
7,5	178,4	623,8	1394,6	2592	3725	5259
7,5	169,7	611,8	1332,7	2482	3692	5299
7,5	168,6	620,7	1345,7	2514	3826	5344
7,5	171,2	638,6	1320,8	2501	3785	5261
7,5	174,1	612,6	1383,1	2544	3759	5417
7,5	169,7	627,3	1359,9	2506	3766	5300
7,5	166,6	585,2	1339,1	2518	3797	5387
10	173,0	608,7	1349,1	2501	3624	4958
10	174,4	609,2	1320,6	2517	3613	4983
10	191,2	635,4	1333,8	2478	3750	5440
10	167,5	605,9	1330,2	2416	3516	4866
10	174,6	619,5	1343,9	2439	3644	5170
10	181,2	622,7	1343,2	2489	3748	5311
10	174,6	629,1	1367,1	2543	3831	5284

APÊNDICE E – Controle semanal da conversão alimentar dos frangos de corte por unidade experimental

Inclusão Glicerina (%)	Conversão alimentar					
	1 a 7 dias	1 a 14 dias	1 a 21 dias	1 a 28 dias	1 a 35 dias	1 a 42 dias
0	1,113	1,293	1,385	1,501	1,569	1,707
0	1,082	1,318	1,360	1,479	1,551	1,656
0	1,103	1,321	1,366	1,491	1,561	1,663
0	1,117	1,289	1,359	1,505	1,579	1,682
0	1,073	1,288	1,399	1,478	1,625	1,691
0	1,046	1,256	1,397	1,511	1,583	1,694
0	1,111	1,308	1,454	1,566	1,613	1,714
2,5	1,044	1,302	1,389	1,508	1,576	1,694
2,5	1,051	1,289	1,355	1,474	1,501	1,625
2,5	1,054	1,236	1,324	1,465	1,564	1,659
2,5	1,122	1,244	1,391	1,510	1,562	1,658
2,5	1,110	1,296	1,410	1,603	1,671	1,730
2,5	1,103	1,264	1,343	1,479	1,572	1,670
2,5	1,080	1,270	1,346	1,487	1,548	1,664
5	1,061	1,282	1,390	1,499	1,609	1,705
5	1,085	1,222	1,354	1,535	1,573	1,670
5	1,033	1,285	1,376	1,509	1,573	1,687
5	1,018	1,361	1,340	1,491	1,573	1,686
5	1,088	1,237	1,343	1,490	1,573	1,697
5	1,014	1,239	1,322	1,474	1,543	1,654
5	1,030	1,247	1,364	1,510	1,561	1,691
7,5	1,069	1,272	1,381	1,533	1,618	1,725
7,5	1,041	1,258	1,367	1,513	1,569	1,698
7,5	1,017	1,306	1,389	1,524	1,585	1,685
7,5	1,006	1,254	1,398	1,506	1,583	1,674
7,5	1,052	1,260	1,436	1,536	1,568	1,698
7,5	1,026	1,286	1,380	1,493	1,596	1,696
7,5	1,088	1,319	1,438	1,553	1,594	1,729
10	1,081	1,278	1,370	1,507	1,590	1,694
10	1,063	1,280	1,372	1,457	1,580	1,697
10	1,212	1,335	1,416	1,536	1,594	1,733
10	1,028	1,245	1,380	1,504	1,577	1,665
10	1,019	1,215	1,346	1,507	1,590	1,698
10	1,061	1,249	1,324	1,523	1,577	1,701
10	1,032	1,257	1,373	1,506	1,568	1,661

APÊNDICE F – Controle semanal da viabilidade dos frangos de corte por unidade experimental

Inclusão Glicerina (%)	Viabilidade (%)					
	1 a 7 dias	1 a 14 dias	1 a 21 dias	1 a 28 dias	1 a 35 dias	1 a 42 dias
0	100,0	97,78	97,8	97.78	97.78	91,11
0	100,0	97,78	97,8	97.78	97.78	97,78
0	100,0	100,00	100,0	100.00	100.00	97,78
0	100,0	100,00	100,0	97.78	97.78	93,33
0	100,0	97,78	97,8	97.78	93.33	97,78
0	100,0	100,00	100,0	100.00	97.78	97,78
0	100,0	100,00	100,0	97.78	97.78	93,33
2,5	100,0	100,00	97,8	97.78	97.78	93,33
2,5	100,0	100,00	100,0	100.00	97.78	97,78
2,5	100,0	97,78	97,8	97.78	97.78	97,78
2,5	100,0	100,00	100,0	97.78	97.78	95,56
2,5	100,0	100,00	100,0	97.78	95.56	91,11
2,5	100,0	100,00	100,0	97.78	97.78	93,33
2,5	100,0	100,00	97,8	97.78	97.78	95,56
5	100,0	95,56	95,6	95.56	95.56	93,33
5	97,8	95,56	95,6	95.56	95.56	93,33
5	100,0	97,78	95,6	95.56	95.56	93,33
5	100,0	100,00	100,0	100.00	97.78	95,56
5	100,0	97,78	97,8	97.78	97.78	95,56
5	100,0	97,78	97,8	97.78	95.56	95,56
5	100,0	97,78	97,8	97.78	95.56	91,11
7,5	93,3	91,11	91,1	91.11	88.89	88,89
7,5	97,8	95,56	95,6	95.56	93.33	93,33
7,5	100,0	97,78	97,8	95.56	95.56	95,56
7,5	100,0	100,00	100,0	100.00	100.00	100,00
7,5	100,0	100,00	95,6	95.56	95.56	91,11
7,5	100,0	95,56	95,6	95.56	91.11	93,33
7,5	100,0	100,00	95,6	95.56	95.56	93,33
10	100,0	97,78	97,8	97.78	95.56	95,56
10	97,8	97,78	97,8	93.33	91.11	88,89
10	100,0	97,78	95,6	95.56	95.56	88,89
10	100,0	100,00	97,8	95.56	93.33	93,33
10	100,0	100,00	100,0	100.00	97.78	95,56
10	100,0	97,78	97,8	93.33	93.33	91,11
10	100,0	93,33	93,3	93.33	93.33	91,11

APÊNDICE G – Rendimento de carcaça e cortes por unidade experimental

IG ¹ (%)	RC ² (%)	RCS ³ (%)	RA ⁴ (%)	RP ⁵ (%)	RD ⁶ (%)	GORD ⁷ (g)
0	72,32	31,54	12,07	35,70	18,98	39,30
0	75,77	30,00	11,42	39,60	18,34	55,20
0	74,95	30,01	10,02	38,03	20,62	57,30
0	75,80	29,80	9,23	36,28	18,41	52,10
0	79,36	28,59	8,75	37,26	15,11	71,20
0	72,06	29,38	11,02	37,49	20,71	45,80
0	74,05	28,78	11,28	41,33	17,87	46,60
0	71,50	30,21	11,14	39,28	21,74	58,50
0	72,69	30,03	11,79	37,52	19,29	55,40
0	74,53	30,37	11,65	37,14	18,92	45,30
0	73,65	31,98	10,17	38,43	17,87	57,60
0	73,82	32,39	11,50	36,07	18,55	41,10
0	73,42	29,39	10,46	39,50	19,51	33,30
2,5	68,18	31,00	12,05	38,14	18,05	59,20
2,5	75,59	34,69	10,37	38,05	19,11	55,90
2,5	74,06	31,41	11,95	35,91	19,32	59,20
2,5	73,30	31,71	10,36	37,61	20,28	44,50
2,5	74,78	28,61	10,92	42,65	16,69	52,80
2,5	73,00	30,29	10,11	38,94	16,98	42,10
2,5	69,78	31,03	10,92	36,81	22,43	61,60
2,5	77,37	30,99	11,23	32,85	20,96	66,00
2,5	73,02	32,03	12,83	37,08	17,11	54,80
2,5	73,70	29,33	10,58	37,08	21,74	62,80
2,5	73,66	28,95	10,24	42,53	17,14	50,50
2,5	74,06	31,71	11,02	39,72	16,94	21,70
2,5	74,57	32,11	11,38	35,62	18,27	72,20
5	71,85	34,93	10,98	34,88	18,66	32,10
5	74,77	27,77	11,20	40,97	18,78	46,30
5	77,18	28,70	11,11	39,28	16,48	39,00
5	72,25	30,89	10,90	38,81	18,82	69,30
5	77,06	30,25	9,89	34,51	19,79	61,80
5	72,94	30,99	11,14	36,92	19,93	27,10
5	74,97	29,54	11,84	39,50	17,83	69,20
5	72,16	31,57	13,09	36,01	18,25	46,30
5	70,50	32,74	10,44	36,93	19,58	58,00
5	70,31	28,36	12,32	41,56	19,14	68,00
5	75,23	29,98	10,35	39,71	18,32	73,10
5	73,87	34,07	11,62	35,83	17,59	48,20
5	74,42	28,64	10,16	41,95	18,19	65,30
5	73,75	29,99	11,21	37,68	20,73	71,30
7,5	75,39	27,24	10,38	39,62	20,84	66,10
7,5	72,77	29,39	11,11	40,41	15,37	32,00
7,5	66,97	30,39	11,55	38,94	18,31	73,20
7,5	73,03	32,08	11,31	35,68	19,51	52,20
7,5	72,01	30,22	10,96	42,00	16,08	34,40

7,5	71,23	29,89	10,97	39,74	18,75	64,20
7,5	74,08	30,37	10,66	36,19	21,54	68,30
7,5	74,13	29,41	10,70	36,36	20,57	61,30
7,5	75,29	29,41	11,48	40,53	18,02	40,90
7,5	75,65	28,91	10,66	39,03	20,23	43,50
7,5	72,24	29,19	11,45	40,64	18,10	75,10
7,5	73,39	32,42	11,17	38,04	18,66	47,80
7,5	72,31	28,72	11,39	38,30	20,61	86,00
7,5	75,11	30,63	9,44	36,19	21,27	66,00
10	71,77	30,71	12,35	37,84	16,50	60,90
10	73,07	30,54	12,10	38,70	17,55	36,40
10	77,29	28,64	10,68	42,05	18,16	46,70
10	73,03	27,88	10,88	41,93	17,89	42,90
10	75,17	31,07	10,84	34,79	18,47	58,90
10	73,15	30,41	11,65	37,57	19,04	66,40
10	74,82	30,17	10,85	41,77	16,06	46,50
10	71,51	30,35	10,54	40,14	18,57	40,90
10	72,22	29,65	11,18	38,74	18,12	59,40
10	74,16	33,53	11,75	40,82	17,86	40,70
10	72,79	33,17	11,15	39,35	15,56	56,00
10	72,97	30,18	10,84	39,59	18,21	40,80
10	75,19	27,57	11,91	42,93	16,96	22,40

¹Inclusão de glicerina; ²Rendimento de carcaça; ³Rendimento de coxa e sobrecoxa; ⁴Rendimento de asa; ⁵Rendimento de peito; ⁶Rendimento de dorso; ⁷Gordura abdominal.

APÊNDICE H – Umidade de cama de frango por unidade experimental

Inclusão de glicerina bruta (%)	Boxe	Umidade de cama (%)
0	8	32,9
0	9	31,3
0	14	37,2
0	15	36,5
0	20	37,8
0	26	28,6
0	31	25,0
2,5	2	41,5
2,5	7	38,1
2,5	12	38,7
2,5	18	37,1
2,5	19	42,6
2,5	23	41,8
2,5	28	32,0
5	4	34,6
5	5	38,9
5	10	37,8
5	13	41,4
5	25	34,5
5	30	31,3
5	33	29,1
7,5	3	39,7
7,5	16	43,1
7,5	17	43,3
7,5	22	44,8
7,5	27	31,4
7,5	32	29,7
7,5	35	35,7
10	1	49,2
10	6	42,6
10	11	46,3
10	21	45,2
10	24	43,5
10	29	40,4
10	34	37,6